

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE PSICOLOGÍA



TESIS DOCTORAL

**La creatividad como componente de la gestión de recursos de
la tripulación (C.R.M.) y su influencia en la prevención de los
accidentes aéreos**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Daniel Muñoz Marrón

Directores

Francisco Gil Rodríguez
Ana Lanero Carrizo

Madrid

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Sección Departamental de Psicología Social



**LA CREATIVIDAD COMO COMPONENTE DE LA GESTIÓN DE
RECURSOS DE LA TRIPULACIÓN (C.R.M.) Y SU INFLUENCIA
EN LA PREVENCIÓN DE LOS ACCIDENTES AÉREOS**

TESIS DOCTORAL

Daniel Muñoz Marrón

Bajo la dirección de los doctores

Francisco Gil Rodríguez

Ana Lanero Carrizo

Madrid, 2019

Con la colaboración del Ejército del Aire (Ministerio de Defensa)



DECLARACIÓN DE AUTORÍA



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D./Dña. Daniel Muñoz Marrón,
estudiante en el Programa de Doctorado en Psicología,
de la Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de
Madrid, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y
titulada:

La Creatividad como componente de la Gestión de Recursos de la Tripulación (CRM) y
su influencia en la Prevención de los Accidentes Aéreos

y dirigida por: Francisco Gil Rodríguez y Ana Lanero Carrizo

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Madrid, a 15 de mayo de 2019

Fdo.: _____

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en
la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

AGRADECIMIENTOS

A Patricia, María e Iván.

A mis padres Alfredo y María Jesús, que me inculcaron la motivación y perseverancia que han hecho posible que este trabajo “despegara y llegara a su destino”.

Al Ejército del Aire, que ha sido, es y siempre será mi segunda casa, y fundamentalmente a mis compañeros, pilotos y mecánicos, integrantes del 43 Grupo de Fuerzas Aéreas, con los que he compartido vivencias inolvidables.

De manera especial, a Francisco Gil Rodríguez y Ana Lanero Carrizo, directores de la presente Tesis, que orientaron mi acción investigadora proporcionándome, además de los conocimientos y metodologías necesarios para tan ardua tarea, su cercanía y profesionalidad durante todo el proceso.

A Queti, de la oficina de Postgrado, sin cuyo incansable trabajo los doctorandos de la Facultad de Psicología estaríamos huérfanos.

Todas las opiniones incluidas en el presente trabajo son propias del autor y no representan necesariamente la opinión o posición oficial del Ejército del Aire (Ministerio de Defensa de España) o la Universidad Complutense de Madrid en los temas tratados.

INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	3
AGRADECIMIENTOS.....	5
ACRÓNIMOS.....	11
INDICE DE FIGURAS	19
INDICE DE TABLAS	21
INTRODUCCIÓN	23
1. ¿POR QUÉ SE PRODUCEN LOS ACCIDENTES EN AVIACIÓN?.....	37
1.1. El avión como medio de transporte	37
1.1.1. <i>Los orígenes</i>	38
1.1.2. <i>El desarrollo durante la I Guerra Mundial</i>	41
1.1.3. <i>El periodo de entre guerras</i>	42
1.1.4. <i>El desarrollo durante la II Guerra Mundial</i>	50
1.1.5. <i>El fin de la II Guerra Mundial y la consolidación de la aviación civil</i>	53
1.1.6. <i>Los años 80 y el empuje de los factores humanos en el sector</i>	58
1.1.7. <i>El siglo XXI</i>	61
1.2. ¿Por qué se producen los accidentes aéreos?	62
2. LA SEGURIDAD DE VUELO: ¿POR QUÉ INTERESA LA SEGURIDAD AÉREA?	73
2.1. Siniestralidad aérea.....	73
2.2. Factores de los que depende la seguridad de vuelo	77
2.3. Avances en pro de la seguridad de vuelo	84
2.3.1. <i>La tecnología: el avance tecnológico a examen</i>	84
2.3.2. <i>Avances en el factor humano</i>	87
2.4. Organismos reguladores	93
2.4.1. <i>Organización de Aviación Civil Internacional (O.A.C.I.)</i>	94
2.4.2. <i>Agencia Europea de Seguridad Aérea (E.A.S.A.)</i>	96
2.4.3. <i>Agencia Estatal de Seguridad Aérea (A.E.S.A.)</i>	97
2.4.4. <i>Actuaciones globales por parte de organizaciones e instituciones</i>	98
2.5. La seguridad de vuelo en el ámbito militar	101
2.6. Situación actual.....	106
3. C.R.M. (CREW RESOURCE MANAGEMENT - GESTIÓN DE RECURSOS DE LA TRIPULACIÓN)	109
3.1. ¿Qué es el C.R.M.?	109
3.2. Origen del C.R.M.	111
3.3. Importancia histórica y desarrollo del C.R.M.....	114
3.3.1. <i>Primera generación: Gestión de Recursos de Cabina (Cockpit Resource Management)</i>	115
3.3.2. <i>Segunda generación: Gestión de Recursos de la Tripulación (Crew Resource Management)</i>	117
3.3.3. <i>Tercera generación: los programas de entrenamiento en C.R.M. extienden su alcance</i>	119
3.3.4. <i>Cuarta generación: integración del C.R.M. en las operaciones de vuelo</i>	120
3.3.5. <i>Quinta generación: gestión y normalización del error</i>	122
3.4. Situación actual del C.R.M. en la aviación comercial.....	124
3.4.1. <i>Sexta generación: gestión del error y la amenaza propia del ámbito de operación</i>	124

3.5. El C.R.M. en el Ejército del Aire	127
3.5.1. <i>Luces y sombras de los programas de entrenamiento en C.R.M.</i>	131
4. LA FORMACIÓN DE LOS PROFESIONALES DE VUELO EN ESPAÑA	139
4.1. La formación de los pilotos	140
4.1.1. <i>Escuelas de vuelo (A.T.O./F.T.O.): piloto civil</i>	144
4.1.2. <i>Selección por parte de la propia compañía aérea: piloto civil</i>	145
4.2. La formación de los controladores de tránsito aéreo	146
4.2.1. <i>El controlador de tránsito aéreo militar</i>	147
4.2.2. <i>El controlador de tránsito aéreo civil</i>	149
4.3. La formación de los mecánicos de vuelo	154
4.3.1. <i>El mecánico de a bordo militar</i>	154
4.3.2. <i>El mecánico de a bordo civil</i>	155
4.4. Ventajas y deficiencias de la formación de los profesionales de vuelo.....	156
5. CREATIVIDAD Y FLEXIBILIDAD	163
5.1. La búsqueda de soluciones creativas: el papel del pensamiento divergente en la evitación de accidentes	163
5.2. Los conceptos de creatividad y flexibilidad	165
5.3. La flexibilidad como factor clave de la conducta creativa en situaciones de emergencia	168
5.4. Flexibilidad y planificación	170
5.5. La necesidad de formación y entrenamiento de las tripulaciones en creatividad y flexibilidad.....	173
6. TRABAJO EN EQUIPO	177
6.1. La cabina de vuelo como modelo de trabajo en equipo	177
6.2. La coordinación en los equipos de trabajo	182
6.2.1. <i>Coordinación explícita</i>	183
6.2.2. <i>Coordinación implícita</i>	185
6.3. La confianza en los equipos de trabajo.....	187
6.3.1. <i>El concepto de confianza y su relevancia en el funcionamiento de los equipos de trabajo</i>	187
6.3.2. <i>La confianza en situaciones de emergencia</i>	188
6.4. Experiencia de los miembros de la tripulación	189
6.4.1. <i>La experiencia y su relevancia en el funcionamiento de los equipos de trabajo</i>	189
6.4.2. <i>La experiencia de la tripulación en situaciones de emergencia</i>	191
6.5. El entrenamiento y su relevancia en el funcionamiento de los equipos de trabajo	192
6.6. El trabajo en equipo en los aviones del Ejército del Aire	194
7. MODELO TEÓRICO PROPUESTO	201
7.1. Planteamiento del modelo teórico	201
7.2. Variables del estudio.....	203
7.2.1. <i>Confianza</i>	203
7.2.2. <i>Coordinación</i>	204
7.2.3. <i>Experiencia de Equipo</i>	205
7.2.4. <i>Conducta creativa</i>	206
7.2.5. <i>Resultado</i>	207
7.2.6. <i>Entrenamiento</i>	207
7.3. Condición experimental: grado de peligrosidad.....	209
7.4. Objetivos de la investigación	209
7.4.1. <i>Objetivos generales</i>	209
7.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	210
7.5. Hipótesis de investigación.....	211
8. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO EMPÍRICO	217

8.1. Diseño	218
8.1.1. <i>Grado de peligrosidad</i>	219
8.2. Descripción de la muestra.....	220
8.3. Recogida de datos.....	225
8.3.1. <i>Construcción y administración de los instrumentos de evaluación</i>	225
8.3.2. <i>Escenarios</i>	241
8.3.3. <i>Procedimiento</i>	244
9. ANÁLISIS DE DATOS	249
9.1. Modelos de ecuaciones estructurales.....	249
9.2. Modelización con PLS (<i>Partial Least Squares</i>).....	252
9.3. Evaluación del modelo de medida (<i>outer model</i>).....	254
9.3.1. <i>Fiabilidad individual de los ítems</i>	255
9.3.2. <i>Fiabilidad de las escalas</i>	256
9.3.3. <i>Validez aparente</i>	258
9.3.4. <i>Validez de contenido</i>	258
9.3.5. <i>Validez de constructo</i>	259
9.3.6. <i>Validez de criterio</i>	262
9.4. Evaluación del modelo estructural (<i>inner model</i>).....	263
10. RESULTADOS	267
10.1. Análisis predictivos mediante PLS: evaluación y reespecificación del modelo de medida.....	267
10.2. Análisis de correlación y descriptivos.....	275
10.3. Análisis de diferencias en función de la condición experimental	278
10.4. Análisis predictivos mediante PLS: evaluación del modelo estructural.....	281
10.5. Análisis predictivos con PLS de las diferentes condiciones experimentales	286
10.5.1. <i>Condición experimental "baja peligrosidad"</i>	286
10.5.2. <i>Condición experimental "alta peligrosidad"</i>	291
10.6. Análisis de resultados: hipótesis 1 a 5.....	296
10.7. Análisis de resultados: hipótesis 6 a 8.....	307
11. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN	313
11.1. Conclusiones	313
11.2. Implicaciones teórico-prácticas	322
11.3. Limitaciones y futuras líneas de investigación	327
12. BIBLIOGRAFÍA.....	333
13. ANEXOS	371
ANEXO 1. HOJA DE MISIÓN: SECUENCIA DE BAJA PELIGROSIDAD	373
ANEXO 2. HOJA DE MISIÓN: SECUENCIA DE ALTA PELIGROSIDAD.	377
ANEXO 3. PRUEBAS EXPERIMENTALES REALIZADAS EN EL SIMULADOR.....	381
ANEXO 4. SOBRE PARA PRESERVAR LA CONFIDENCIALIDAD	383
ANEXO 5. CUESTIONARIO DE IDENTIFICACIÓN DE SITUACIONES DE EMERGENCIA, EXPERIENCIA DEL PERSONAL Y EFICACIA DE ENTRENAMIENTO	385
ANEXO 6. HOJA DE REGISTRO DE LA CONDUCTA CREATIVA	389
ANEXO 7. PLANTILLA DE CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS (ÉXITO VS FRACASO)	391
ANEXO 8. CUESTIONARIO DE INFORMACIÓN GENERAL Y PROCESOS DE EQUIPO	393
ANEXO 8.1. VERSIÓN COMANDANTE DE AERONAVE.....	394
ANEXO 8.2. VERSIÓN COPILOTO	396

ANEXO 8.3. VERSIÓN MECÁNICO DE VUELO.....	398
ANEXO 9. MATERIAL DE APOYO PARA LA APLICACIÓN DE LAS SESIONES EXPERIMENTALES EN EL SIMULADOR DE VUELO.....	401
ANEXO 9.1. GUÍA DE LA SECUENCIA PARA LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA	402
ANEXO 9.2. MATERIAL NECESARIO	407
RESUMEN	409
ABSTRACT.....	413

ACRÓNIMOS

Los acrónimos aparecen con sus siglas en español, otros en inglés y otros en ambos idiomas. Se ha utilizado esta nomenclatura con la finalidad de facilitar la consulta de los mismos (en aviación es habitual encontrar bastante terminología en lengua inglesa), utilizando en cada caso el idioma en el que el acrónimo se utiliza con más asiduidad.

ABA:	Academia Básica del Aire (Virgen del Camino, León).
ACETA:	Asociación de Compañías Españolas de Transporte Aéreo.
ACP:	Control de Área.
ACP:	Análisis de Componentes Principales.
ACS:	Control de Vigilancia de Área.
ADI:	Control de Aeródromo por Instrumentos.
ADV:	Control de Aeródromo Visual.
AENA:	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea.
AESA:	Agencia Estatal de Seguridad Aérea.
AGA:	Academia General del Aire (San Javier, Murcia).
AJEMA:	Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada.
APA:	<i>American Psychological Association</i> (Asociación Americana de Psicología).
APP:	Control de Aproximación por Procedimientos.
APS:	Control de Vigilancia de Aproximación.
AQP:	<i>Advanced Qualification Program</i> (Programa de Capacitación Avanzada).
ASAP:	<i>Aviation Safety Action Programs</i> (Programas de Acción de Seguridad en Aviación).
ASRS/:	<i>Aviation Safety Reporting System</i> (Sistema de Reportes de Seguridad Aérea de la N.A.S.A.).
ATC:	<i>Air Traffic Controller</i> .
ATO:	<i>Approved Training Organization</i> (Organización de Formación Aprobada).

ATPL/PTLA:	<i>Airline Transport Pilot License</i> / Licencia de Piloto de Transporte de Línea Aérea).
AVE:	<i>Average Variance Extracted</i> (Varianza Extraída Media).
AVIANCA:	Aerovías Nacionales de Colombia.
BOAC:	<i>British Overseas Airways Corporation</i> .
BOD:	Boletín Oficial del Ministerio de Defensa.
BOE:	Boletín Oficial del Estado.
CAC:	Control Aéreo y Comunicaciones.
CE:	Coordinación Explícita.
CGMACOM:	Cuartel General del Mando Aéreo de Combate (Base Aérea de Torrejón) (Ejército del Aire).
CI:	Coordinación Implícita.
CINA:	Comisión Internacional de Navegación Aérea.
CLIF:	Campaña de Lucha contra Incendios Forestales.
CLR:	Programa de Gestión de Recursos de Mando y Liderazgo (<i>Command-Leadership-Resource Management</i>) desarrollado por United Airlines en 1981.
CR:	<i>Combat Ready</i> .
CRM:	<i>Cockpit Resource Management</i> (Gestión de Recursos de Cabina). El término fue sustituido en 1981 por el de <i>Crew Resource Management</i> (Gestión de Recursos de la Tripulación) vigente en la actualidad.
CUD:	Centro Universitario de la Defensa.
CV:	Caballos de Vapor.
DCA:	Defensa y Control Aéreo.
EA:	Ejército del Aire.
EASA:	<i>European Aviation Safety Agency</i> (Agencia Europea de Seguridad Aérea).
EASP:	<i>European Aviation Safety Program</i> (Programa Europeo de Seguridad Operacional para la Aviación).
EASp:	<i>European Aviation Safety Plan</i> (Plan Europeo de Seguridad Operacional para la Aviación).
EAU:	Emiratos Árabes Unidos.

ECTS:	<i>European Credit Transfer System</i> (Sistema Europeo de Transferencia de Créditos).
EEUU:	Estados Unidos.
ESARR:	Requisitos Reglamentarios de Seguridad de EUROCONTROL.
ESTAER:	Escuela de Técnicas Aeronáuticas (Base Aérea de Torrejón) (Ejército del Aire).
ET	Ejército de Tierra.
EUROCONTROL:	Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea (<i>European Organization for the Safety of Air Navigation</i>).
FAA:	<i>Federal Aviation Administration</i> (Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos).
FAS:	Fuerzas Armadas.
FATA:	<i>Federal Air Transport Agency</i> (Agencia Federal de Transporte Aéreo de Rusia).
FFAA:	Fuerzas Aéreas.
FFP:	<i>Frequent Flyer Program</i> (Programa de Viajero Frecuente).
FL:	<i>Flight Level</i> (Nivel de Vuelo).
FT:	Pie (unidad de longitud de origen natural que equivale a 30,48 cm. muy utilizada en el sector aeronáutico).
FTO:	<i>Flight Training Organization</i> (Organización para Entrenamiento de Vuelo).
GRUEMA:	Grupo de Escuelas de Matacán (Base Aérea de Matacán, Salamanca) (Ejército del Aire).
GSIE:	<i>Global Safety Information Exchange</i> (Intercambio Global de Información sobre Seguridad Operacional).
IATA:	<i>International Air Transport Association</i> (Asociación de Transporte Aéreo Internacional).
IFR:	<i>Instrumental Flight Rules</i> (Reglas de Vuelo Instrumental).
IG:	Instrucción General.
ILS:	<i>Instrument Landing System</i> (Sistema de Aterrizaje Instrumental).
IOSA:	<i>IATA Operational Safety Audit</i> (Auditoría de Seguridad Operacional de la IATA).
I-P-O:	Input-Proceso-Output.
JAA:	<i>Joint Aviation Authorities</i> (Autoridades Conjuntas de Aviación).

JAR-FCL:	<i>Joint Aviation Requirements – Flight Crew License.</i>
JEMA:	Jefe del Estado Mayor del Ejército del Aire.
JEME:	Jefe del Estado Mayor del Ejército de Tierra.
JSV:	Juntas de Seguridad de Vuelo.
KNOTS:	Nudos (unidad de velocidad utilizada en aviación; 1 knot = 1,852 km/h).
LBS:	Libras (unidad de peso utilizada en aviación; 1 lb = 0,45 kgs).
LCR:	<i>Light Combat Ready.</i>
LEGR:	Indicativo OACI del aeropuerto Federico García Lorca de Granada.
LEMG:	Indicativo OACI del aeropuerto Málaga-Costa del Sol.
LO	Ley Orgánica.
LOE:	<i>Line Operational Evaluation.</i>
LOFT:	<i>Line Oriented Flight Training</i> (Entrenamiento Orientado a la Línea de Vuelo).
MAC:	<i>Military Airlift Command</i> (Mando de Aerotransporte Militar de los Estados Unidos).
MANOVA:	<i>Multivariate Analysis of Variance</i> (Análisis Multivariante de la Varianza).
MAPA:	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
MBAR:	Milibar (unidad de presión muy utilizada en aviación para calar el altímetro de la cabina de los aviones).
MCO:	Mínimos Cuadrados Ordinarios.
MEE:	Modelos de Ecuaciones Estructurales.
MOST:	<i>Mission Oriented Simulator Training.</i>
MOP:	Mantenimiento Operativo.
MSA:	<i>Minimum Sector Altitude</i> (Altitud Mínima de Sector).
MTE:	<i>Maintenance Test Engineer</i> (Mecánico de Pruebas).
MTOW:	<i>Maximum Take-Off Weight</i> (Peso Máximo al Despegue).
MTP:	<i>Maintenance Test Pilot</i> (Piloto de Pruebas).
NASA:	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio).
NM:	<i>Nautical Mile</i> (Milla Náutica). Unidad de longitud empleada en navegación aérea (1 NM = 1,852 km).

NTSB:	<i>National Transportation Safety Board</i> (Junta Nacional de Seguridad en el Transporte).
OACI/ICAO:	Organización de Aviación Civil Internacional / <i>International Civil Aviation Organization</i> .
OCS:	Operador de Consola de Simulador de vuelo.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
OPACI:	Organización Provisional de Aviación Civil Internacional.
OSV:	Oficial de Seguridad de Vuelo.
OVC:	<i>Overcast</i> (Cielo cubierto/cerrado).
PAF:	Protección y Apoyo a la Fuerza.
PESO/SSP:	Programa Estatal de Seguridad Operacional / <i>State Safety Program</i> .
PIC:	<i>Pilot in Command</i> (Piloto al Mando).
PICUS:	<i>Pilot In Command Under Supervision</i> .
PLS:	<i>Partial Least Squares</i> (Mínimos Cuadrados Parciales).
PPA:	Plan de Prevención de Accidentes (Ejército del Aire).
PROPAA:	Programa de Prevención de Accidentes Aéreos (Ejército del Aire).
QNH:	Reglaje del altímetro en una aeronave para obtener marcación de elevación. Presión de la línea isobárica que en ese momento pasa por el nivel del mar, deducida de la línea isobárica que en ese momento pasa por un aeródromo concreto.
RAE:	Real Academia Española.
RAF:	<i>Royal Air Force</i> (Real Fuerza Aérea Británica).
RASG:	<i>Regional Aviation Safety Groups</i> (Grupos Regionales de Seguridad Operacional de la Aviación).
RD:	Real Decreto.
RSOO:	<i>Regional Safety Oversight Organizations</i> (Organizaciones de Vigilancia de la Seguridad Operacional).
RST:	<i>Runway Safety Teams</i> (Equipos de Seguridad Operacional en la Pista).
RVR:	<i>Runway Visual Range</i> (Alcance Visual de Pista).
RWY:	<i>Runway</i> (Pista).
SAR:	<i>Search and Rescue</i> (Búsqueda y Rescate).

SARP:	<i>Standards and Recommended Practices</i> (Normas y Métodos Recomendados).
SCADTA:	Sociedad Colombo-Alemana de Transporte Aéreo.
SCAN:	<i>Safety Collaborative Assistance Network</i> (Red de Colaboración y Asistencia en Seguridad Operacional).
SCM:	<i>Swiss Cheese Model</i> (Modelo del Queso Suizo postulado por Reason en 1990).
SENASA:	Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica.
SHEL:	<i>Software, Hardware, Environment and Liveware</i> (Modelo postulado por E. Edwards en 1972).
SHELL:	<i>Software, Hardware, Environment, Liveware</i> (uno mismo) and <i>Liveware</i> (otros). Reformulación del modelo SHEL realizada por F.H. Hawkins.
SID:	<i>Standard Instrument Departure</i> (Salida Normalizada por Instrumentos).
SIOP:	<i>Society for Industrial and Organizational Psychology</i> .
SIUCOM:	Sistema de Información de Unidades, Centros, Organismos y Mandos (Ejército del Aire).
SMS:	<i>Safety Management System</i> (Sistema de Gestión de la Seguridad).
SPIC:	<i>Student Pilot In Command</i> .
TEM:	<i>Threat and Error Management</i> (Gestión de Errores y Amenazas).
TRI	<i>Type Rating Instructor</i> (Instructor de Vuelo).
TWA:	<i>Transcontinental and Western Airlines</i> .
UE:	Unión Europea.
UME:	Unidad Militar de Emergencias.
UP:	Único Piloto.
URSS:	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.
USOAP:	<i>Universal Safety Oversight Audit Programme</i> (Programa Universal de Auditoría de la Vigilancia de la Seguridad Operacional).
VIP	<i>Very Important Person</i> .
VFR:	<i>Visual Flight Rules</i> (Reglas de Vuelo Visual).

ZFW: *Zero Fuel Weight* (peso máximo permitido en un avión sin tener en cuenta el combustible ni el aceite).

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Página</i>
1. Número de accidentes aéreos mortales.....	74
2. Tráfico aéreo mundial (en millones de salidas).....	74
3. Registro de accidentes en vuelos comerciales programados (2010-2014).....	76
4. Tasa global de accidentes (por millón de salidas).....	76
5. Modelo de Causalidad de F.E. Bird Jr.....	78
6. Modelo del Queso Suizo (“ <i>Swiss Cheese Model</i> ”) (versión de 1997 del propio James Reason).....	80
7. “Árbol” de gestión del error.....	123
8. Recorridos formativos que pueden seguir los aspirantes a oficiales del Cuerpo General del Ejército del Aire.....	142
9. Modelo teórico e hipótesis de investigación.....	202
10. Diseño esquemático de la condición experimental.....	218
11. Distribución de la muestra por nivel de calificación en este tipo de aeronave en función de la posición que se ocupa en la tripulación.....	224
12. Cabina del simulador de vuelo del Canadair CL-415 que el 43 Grupo de FF.AA. tiene en la Base Aérea de Torrejón de Ardoz.....	242
13. Consola del operador del simulador de vuelo utilizado en el estudio.....	243
14. Sala contigua al simulador de vuelo en la que los componentes de las tripulaciones participantes en el estudio realizaron algunas tareas.....	244
15. Presentación, desde el puesto de Operador de Consola (O.C.S.), de una de las pantallas de monitorización de vuelo.....	248
16. Representación gráfica de un modelo PLS tipo.....	253
17. Modelo de medida en la representación gráfica de un modelo PLS tipo..	263
18. Modelo estructural en la representación gráfica de un modelo PLS tipo..	265
19. Representación gráfica del modelo teórico inicial.....	269
20. Representación gráfica del modelo teórico una vez depurado.....	273
21. Diferencias intergrupales en las variables en función de la condición experimental.....	280

22. Representación gráfica de las relaciones con grado de significación entre variables.....	285
23. Representación gráfica de las relaciones directas (en color azul) e indirectas (en colores rojo y verde) con grado de significación entre variables para la condición experimental “baja peligrosidad”.....	290
24. Representación gráfica de las relaciones con grado de significación entre variables para la condición experimental “alta peligrosidad”.....	295
25. Imagen de la consola de control del simulador del Canadair CL-415 en la que aparecen las condiciones meteorológicas fijadas para las sesiones experimentales.....	374/378

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla</i>	<i>Página</i>
1. Distribución y estadísticos principales de la muestra en función de la edad.....	223
2. Distribución y estadísticos principales de la muestra en función de la experiencia.....	226
3. Porcentajes otorgados por el grupo de expertos a cada uno de los puestos de los tres tripulantes a la hora de valorar el peso que cada uno de ellos tiene en la correcta ejecución de la misión de vuelo.....	229
4. Porcentajes otorgados por el grupo de expertos a los tres grupos de horas de vuelo propuestos a la hora de valorar el peso que cada uno de ellos tiene en la definición de la experiencia de un piloto que maneje dicho modelo de aeronave.....	230
5. Experiencia individual y de tripulación según el método creado para el presente estudio.....	234
6. Número de ítems y escala utilizada para la medición de los diferentes constructos del estudio.....	240
7. Parámetros de medida de las variables del modelo original.....	271
8. Parámetros de medida de las variables del modelo ya depurado.....	272
9. Parámetros del modelo a partir del procedimiento <i>algoritmo PLS</i>	274
10. Matriz de correlaciones entre variables latentes, una vez sustituidos los valores de la diagonal por la raíz cuadrada de los valores <i>AVE (Average Variance Extracted)</i>	275
11. Correlaciones, puntuaciones medias y desviaciones típicas entre las variables del estudio.....	276
12. Resultados del MANOVA en función de la condición experimental.....	280
13. Valores que alcanzan los estadísticos R^2 y Q^2 para las diferentes variables endógenas.....	281
14. Efectos directos y totales del modelo.....	283
15. Efectos indirectos del modelo.....	284
16. Valores que alcanzan los estadísticos R^2 y Q^2 para la condición experimental “baja peligrosidad”.....	287

17. Efectos directos y totales del modelo para la condición experimental “baja peligrosidad”.....	288
18. Efectos indirectos para la condición experimental “baja peligrosidad”...	289
19. Valores que alcanzan los estadísticos R^2 y Q^2 para la condición experimental “alta peligrosidad”.....	292
20. Efectos directos y totales del modelo para la condición experimental “alta peligrosidad”.....	293
21. Efectos indirectos para la condición experimental “alta peligrosidad”...	294
22. Relación del cumplimiento de las hipótesis planteadas en el estudio (de H1 a H5).....	304
23. Puntuaciones otorgadas por el grupo de expertos respecto a la formación de las tripulaciones aéreas.....	308
24. Relación del cumplimiento de las hipótesis planteadas en el estudio (de H6 a H8).....	310

INTRODUCCIÓN

¿Por qué se producen los accidentes en aviación? ¿Cuáles son sus causas? ¿Puede evitarse, o al menos reducirse al mínimo, su ocurrencia? Desde que los hermanos Wright, con su Flyer I, realizaran el primer vuelo de la historia en 1903 en Kitty Hawk (Bravo, 2016; Burrell, 1992; Hawkes, 1992; Marimón, 1973), la aviación ha avanzado de un modo extraordinariamente rápido a lo largo de todo el siglo XX y comienzos del XXI. La ingeniería aeronáutica ha evolucionado de manera considerable, tanto en la construcción de los aparatos, como en los sistemas de navegación que estos llevan a bordo, lo que ha hecho que el vuelo se automatice tanto que parezca dejar en su mínima expresión el trabajo de las tripulaciones aéreas. Sin embargo, esta afirmación dista mucho de la realidad. Gracias a los avances en el diseño de las aeronaves, los procedimientos de mantenimiento y la estandarización de las operaciones, los aviones han aumentado su fiabilidad (Alkov, 1989). A pesar de ello, ninguna máquina, ni siquiera las aeronaves tecnológicamente más punteras, puede actualmente realizar todo el trabajo por sí sola, mucho menos cuando se presentan situaciones inesperadas imposibles de prever, lo que deja siempre en manos de las tripulaciones aéreas la ejecución, el control o la supervisión de la máquina por el hombre. De ahí la importancia, cada vez más creciente, que se le otorga, desde todas las entidades públicas y privadas del sector aeronáutico, a los aspectos humanos relacionados con el vuelo.

Una de las características fundamentales que distinguen al ser humano de la máquina es su capacidad para generar ideas creativas. La tecnología ha conseguido crear “organismos artificiales” capaces de sustituir prácticamente la totalidad del trabajo realizado por el hombre (e.g., cajeros o dispensadores automáticos de todo tipo de productos, robots para las cadenas de montaje, pilotos automáticos para los aviones, etc.). Sin embargo, aún estamos lejos de lograr máquinas capaces de sustituir al cerebro humano. Esta misma problemática la encontramos en el transporte de personas en general y, de manera específica por sus características propias, en la aviación. La tecnología de las aeronaves ha permitido que los profesionales de vuelo se hayan convertido prácticamente en supervisores de “la máquina”, pero su toma de decisiones es aún fundamental, más cuando se tienen que enfrentar a situaciones críticas que la tecnología no puede anticipar ni pronosticar y que, por lo tanto, no es capaz de resolver. Los incidentes potenciales que pueden suceder en vuelo son infinitos y, en

consecuencia, los protocolos de actuación que las compañías proporcionan a su personal son insuficientes para hacer frente a todos y cada uno de los imprevistos (Muñoz-Marrón, Gil y Lanero, 2018). Bien es cierto que dichos protocolos o listas de verificación (conocidos en el mundo de la aviación como *checklists*) son bastante completos y recogen las acciones que se han de ejecutar frente a aquellos peligros potenciales que pueden ocurrir o que ya han ocurrido alguna vez a cada tipo de aeronave. Aún así, nunca podrán incluir las miles de situaciones nuevas o combinadas que se pueden presentar (sirvan de ejemplo el cruce de una bandada de pájaros y gansos que provocó el exitoso amerizaje forzoso del vuelo 1549 de US Airways en el río Hudson en enero de 2009; o los cambios bruscos en las condiciones atmosféricas que condujeron al accidente del vuelo 447 de Air France en medio del océano Atlántico, con 228 fallecidos en junio de ese mismo año; o, incluso, las causas aún desconocidas que llevaron al A400-M a estrellarse en las inmediaciones del aeropuerto de San Pablo en Sevilla en mayo de 2015 [Ranter, 2015]). Es entonces cuando la actuación de los pilotos se convierte en vital, cuando la ejecución certera de una idea, fruto de un completo programa de entrenamiento, tomada con rapidez es capaz de salvar la aeronave y a todas las personas que viajan dentro de ella. Esta es la diferencia entre un final feliz y una catástrofe que conlleva la pérdida de la aeronave, con sus tripulantes y pasajeros; esta es la diferencia entre un piloto y un buen piloto.

A pesar de sus errores, la aviación es considerada una de las industrias de alta fiabilidad y seguridad crítica (Gordon, Mendenhall y O'Connor, 2013). Los procedimientos de actuación de todos y cada uno de los modelos de avión que hay en el mercado recogen aquellas actuaciones que las tripulaciones deben realizar para un sin fin de posibles emergencias o acciones que requieren de una actuación en cabina. Los avances de la ingeniería aeronáutica en este sentido son de tal magnitud que es difícil que alguno de estos sucesos pueda llegar a derribar un avión, lo que deja en manos, mayoritariamente, de la ocurrencia de sucesos extraordinarios la aparición de un peligro potencial de auténtico riesgo. Tanto la variedad como el número de emergencias que pueden presentarse en una aeronave es prácticamente ilimitado, pero es esta misma gran cantidad de sucesos potencialmente peligrosos la que nos lleva a pensar que es imposible que las *checklists* de cada modelo de avión contengan todos y cada uno de los posibles sucesos con los que los pilotos pueden encontrarse (Muñoz-Marrón et al., 2018), de manera que, con toda seguridad, aquellos que no están registrados son los que

producen un mayor estrés en cabina debido, precisamente, a la incertidumbre que generan. Bajo condiciones de peligro, las tripulaciones, inevitablemente, tratarán de volar “por el libro” (Helmreich, 1999), esto es siguiendo las *checklists*. Pero, ¿qué ocurre cuando la emergencia que se presenta no está recogida en los procedimientos de operación de la aeronave? Al aparecer uno de estos sucesos “no registrados”, la tripulación se encuentra impotente, ya que no tiene ningún manual al que acudir, a lo que se añade que su entrenamiento ha sido enfocado hacia actuaciones muy concretas en las que debe seguir el protocolo de un modo estricto. No queremos decir con esto que las tripulaciones no deban seguir sus *checklists*, ni que los entrenamientos que reciben los pilotos no sean los adecuados, sino que (de confirmarse algunas de las hipótesis de nuestro estudio) a ese entrenamiento deberían sumarse aspectos formativos dentro de los programas de coordinación de cabina o C.R.M. (*Crew Resource Management* por sus siglas en inglés) (Helmreich, Merritt y Wilhelm, 1999; Helmreich, 2006; Marshall, 2010; Muñoz-Marrón, 2018; Salas, Burke, Bowers y Wilson, 2001; Shuffler, DiazGranados y Salas, 2011) que potenciaran la utilización de técnicas creativas para la resolución de problemas complejos, en este caso de emergencias aéreas. La tripulación necesita estar entrenada para afrontar este tipo de sucesos que se presentan por vez primera, por lo que su formación debería incidir en aspectos clave de coordinación de la tripulación en los que la conducta creativa y la flexibilidad, como uno de los componentes fundamentales de la misma, tuvieran su espacio. Los beneficios de interacciones flexibles en un equipo durante situaciones críticas ya fueron expuestos por Stachowski, Kaplan y Waller (2009) en un estudio en que se simulaban crisis nucleares para observar la adherencia, por parte del equipo de gestión de crisis, a los procedimientos estándar frente a la tendencia a apartarse de ellos al hacer frente a eventos inesperados. La creciente frecuencia y gravedad de las situaciones de crisis genera la necesidad de equipos más flexibles y eficaces para garantizar la seguridad nacional (Geneviève et al., 2010) y las ventajas potenciales de las organizaciones con equipos más flexibles parecen evidentes (Geneviève et al., 2010).

¿Puede entonces la creatividad aportar soluciones a ciertos problemas de la aviación actual? De ser así, como nosotros defendemos, ¿de qué manera? Analizando la resolución exitosa de diferentes emergencias aéreas ocurridas a lo largo de la historia más reciente de la aviación, podemos observar que en la mayor parte de ellas el éxito alcanzado por la tripulación fue consecuencia directa de una decisión, fuera de los

protocolos de actuación, en la que aparecen elementos creativos por parte del piloto o algún miembro de la tripulación. Dichas situaciones, caracterizadas por su mínima probabilidad de ocurrencia, así como su alta peligrosidad, no pueden estar recogidas en los protocolos de actuación de la tripulación, lo que deja a la experiencia y buen hacer del piloto y su tripulación la resolución de las mismas. Son situaciones caracterizadas por su novedad, carácter imprevisible y difícil resolución, y cuya certera solución está exclusivamente reservada a aquellos pilotos y tripulaciones que, mediante una combinación de entrenamiento, experiencia, correcto análisis de la situación y generación rápida y creativa de una posible solución, pueden salvar la aeronave y evitar la catástrofe.

Esto nos conduce a otra cuestión importante en nuestra investigación: ¿puede entrenarse dicha toma de decisiones creativa para proporcionar una mayor seguridad a las aeronaves que surcan los cielos diariamente?

La presente investigación está motivada por el interés de contribuir a la mejora de la seguridad aérea. En ella analizamos los factores que están implicados en la seguridad aérea y, fundamentalmente, los factores psicológicos que, sin ninguna duda, constituyen uno de los eslabones clave en la denominada “cadena del error”, que aparece en prácticamente la totalidad de los accidentes aéreos.

Desde el anterior marco argumental, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo demostrar que algunos de los accidentes aéreos más imprevisibles que se producen en el aire podrían resolverse mediante la generación rápida y certera de ideas creativas aplicadas por parte de la tripulación a la resolución de dichas emergencias. Unido a este objetivo, defendemos que es posible mejorar el entrenamiento de las tripulaciones aéreas con programas caracterizados por incluir, probablemente dentro de los programas de entrenamiento en C.R.M., técnicas creativas en toma de decisiones, que permitirían maximizar las capacidades de las tripulaciones para enfrentarse a situaciones novedosas, imprevisibles y complejas.

Al entrenar a las tripulaciones para actuar de un modo flexible, cuando esto fuese necesario, estaríamos dotando a las empresas dedicadas al transporte aéreo y a las Unidades de Fuerzas Aéreas de los ejércitos de todo el mundo de una herramienta

valiosísima para enfrentarse a aquellas situaciones de crisis que pueden ser fatales durante un vuelo.

Este trabajo se centra en la demostración empírica de cómo afecta al rendimiento de las tripulaciones y, por consiguiente, a su correcta actuación durante el vuelo, la flexibilidad en la aplicación de los procedimientos y protocolos de actuación en la cabina, frente al cumplimiento estricto y rígido de los mismos. Se parte de la premisa de que la gestión eficaz de emergencias requiere de flexibilidad (Waught, 2007), para intentar poner de manifiesto cómo este tipo de actuaciones, que permiten a los diferentes miembros de la tripulación desarrollar todas sus destrezas y habilidades, influirán de un modo positivo en la consecución de una mejor ejecución ante las diferentes situaciones que se les pueden presentar durante un vuelo. Si nuestras hipótesis se cumplen, deberíamos encontrar que las tripulaciones que se comportan de un modo más flexible y, por consiguiente, son capaces de desarrollar ideas creativas en un corto espacio de tiempo, consiguen resolver de un modo más correcto las situaciones de emergencia que se producen durante el vuelo, fundamentalmente aquellas que, por sus características especiales, se salen de lo rutinario y que suponen la base de muchos de los accidentes que ocurren en la actualidad. De manera concreta, intentamos demostrar empíricamente que la toma de decisiones creativas (cuando la situación lo requiere) conduce al “éxito de la misión” siempre que las tripulaciones se enfrentan a situaciones que, por su complejidad, no están recogidas en los protocolos de actuación de la aeronave.

Para alcanzar nuestros objetivos, el presente trabajo está estructurado en cuatro grandes apartados: el marco teórico y conceptual en el que se encuentra inmerso el estudio (apartado I), el modelo teórico propuesto (apartado II), el estudio de campo realizado para la validación del modelo (apartado III) y las conclusiones y recomendaciones que se desprenden del estudio (apartado IV).

El marco teórico, apartado I, está estructurado en seis capítulos. El primero de ellos da respuesta a la pregunta de *¿por qué se producen los accidentes en aviación?*, analizando, en primer lugar, el desarrollo exponencial que ha sufrido la aviación a lo largo del pasado siglo XX, la importancia cada vez más creciente que tiene en nuestros días como medio de transporte y su conexión con el ámbito de la psicología,

fundamentalmente en su vertiente aplicada. Posteriormente, se proporciona una visión de conjunto de aquellos aspectos que están detrás de los accidentes, así como un análisis de lo que conocemos como “cadena del error”, o lo que es igual, el conjunto de causas que ocurren de un modo secuencial y que, de no ser interrumpidas en alguno de sus eslabones, conducen a la consecución de un accidente.

El segundo capítulo se ocupa de *la seguridad de vuelo*, intentando responder a la pregunta de *¿por qué interesa la seguridad aérea?* Se presentan datos sobre la siniestralidad aérea y se describen las teorías más influyentes en el campo (Bird Jr., 1974; Edwards, 1972; Hawkins, 1987; Heinrich, 1931; Reason, 1990) y la relevancia que tiene en ellas el factor humano. Se revisa la relación entre el hombre y la máquina en aviación, examinando el gran avance tecnológico que se ha producido en las últimas décadas y la importancia, cada vez mayor, que la industria aeronáutica está dando a los factores humanos relacionados con el vuelo y al abordaje de los accidentes aéreos como un fenómeno global en el que intervienen diferentes variables (Sherman, Helmreich y Merritt, 1997; Wiener, 1993). Hacemos un somero repaso de la reglamentación nacional e internacional vigente en la actualidad y las peculiaridades de la misma aplicadas al ámbito militar, deteniéndonos en la reglamentación de seguridad de vuelo del Ejército del Aire (Instrucción General [I.G.], 10-9). Se introduce una descripción de los principales organismos reguladores en la materia (Organización de Aviación Civil Internacional [O.A.C.I.], Asociación de Transporte Aéreo Internacional [I.A.T.A.] y Agencia Estatal de Seguridad Aérea [A.E.S.A.]) y sus actuaciones más importantes, proporcionando una visión de aquellos avances más significativos que se han producido en los últimos años en pro de la consecución de la seguridad de vuelo y de la situación en que nos encontramos en este momento, deteniéndonos en cómo se trabaja en la misma en el ámbito militar.

En el capítulo tercero, ahondamos en la temática de la *gestión de recursos de la tripulación*, más conocida por sus siglas en inglés, C.R.M. Describimos el origen del concepto, desarrollado en 1979 (McKeel, 2012) por el psicólogo de la National Aeronautics and Space Administration (N.A.S.A.) de los Estados Unidos, John K. Lauber (Helmreich et al., 1999), su importancia histórica, su evolución con el paso de los años (Helmreich et al., 1999; Marshall, 2010; Maurino, 1999; Muñoz-Marrón, 2018; Salas et al., 2001) y el porqué de su total vigencia actual. Analizamos su implantación

en las compañías aéreas de todo el mundo y en la Fuerza Aérea de las naciones más desarrolladas y preocupadas por la seguridad aérea, así como su implementación en el Ejército del Aire de España (Ejército del Aire [E.A.], 2017), donde disfruta de sus años de mayor desarrollo.

El cuarto capítulo analiza aquellos aspectos relacionados con *la formación de los profesionales de vuelo* en nuestro país. El análisis incluye tanto a pilotos, como a controladores de tránsito aéreo y mecánicos de a bordo (también llamados mecánicos de vuelo). Si bien es cierto que el mundo de la aviación incluye un mayor número de perfiles profesionales, se ha restringido el análisis a estos tres grupos, por la relación directa que tiene su actuación en la resolución de las emergencias que se presentan en vuelo: pilotos y mecánicos de vuelo desde su operación a bordo de las aeronaves, y controladores aéreos desde las torres y centros de control de tránsito aéreo. A lo largo del capítulo se analizan los recorridos formativos que deben realizar cada uno de estos profesionales para poder desarrollar su profesión en España y se muestran, con el objetivo de alcanzar más elevados estándares, las carencias que presentan los currículos de su enseñanza de formación en cuanto a aspectos de psicología y factores humanos se refiere.

El análisis de los conceptos de *creatividad y flexibilidad* constituye el núcleo del quinto capítulo. La intención es poner de manifiesto la importancia que posee la ejecución de conductas creativas a la hora de resolver situaciones inesperadas de elevada complejidad, y cómo la generación de ideas creativas para la resolución de problemas y toma de decisiones puede ser entrenada gracias a programas específicos que doten a los profesionales de vuelo de capacidades “extra” a la hora de enfrentarse con tales emergencias, con la mirada puesta en reducir a su mínima expresión los accidentes aéreos (Muñoz-Marrón et al., 2018). Se justifica la necesidad de buscar soluciones creativas a los problemas (Muñoz Adánez, 2006) que plantean las situaciones de emergencia que se presentan durante el vuelo y nos decantamos, de acuerdo con la bibliografía, por considerar la “flexibilidad” como el factor clave de la conducta creativa en situaciones de emergencia que implican un alto riesgo de accidente. La flexibilidad es la constatación de que, para resolver un problema, existen muchas maneras de hacer las cosas (Kreps, 1991), e incluso a veces la supervivencia depende de la flexibilidad (Georgsdottir, Lubart y Getz, 2003). Cuando el personal no

reconoce que la adopción de las rutinas resultará insuficiente, existe un grado peligroso de inflexibilidad (Turner, 1994), esto es, de rigidez. Defendemos que, si bien una planificación eficaz ha de contemplar acciones concretas ante situaciones conocidas e identificar las acciones con mayor probabilidad de éxito en caso de una emergencia aérea, también debería fomentar la improvisación basada en la experiencia, en la evaluación continua de la situación de emergencia por parte del equipo de profesionales encargado de dar la respuesta (en este caso, las tripulaciones aéreas, controladores, etc.) y en la utilización adecuada del pensamiento divergente para encontrar la mejor de esas respuestas (Bendrick y Alessandrini, en prensa) frente a problemas imposibles de resolver mediante el seguimiento de los protocolos establecidos. La planificación de las emergencias debe hacer hincapié en la creatividad, con el fin de que las personas puedan improvisar las respuestas que cada situación demanda (Perry y Lindell, 2007). Contraponemos los conceptos de flexibilidad y rigidez, y su repercusión en el comportamiento de las tripulaciones aéreas, e intentamos demostrar que en la formación de las tripulaciones existe una importante laguna, y por lo tanto posibilidad de mejora.

El sexto y último capítulo de este marco teórico aborda diferentes conceptos que son parte indispensable del *trabajo en equipo*. A partir de la revisión de los estudios más significativos, analizamos la importancia cada vez mayor que empresas y organizaciones le dan al trabajo en equipo (Alcover, Gil y Barrasa, 2004; Mathieu, Heffner, Goodwin, Salas y Cannon-Bowers, 2000; Torrelles, 2011) y cómo las cabinas de los aviones se han convertido en laboratorios de análisis de aspectos tan fundamentales como la coordinación o la existencia de un clima de confianza entre los componentes del equipo para el desarrollo posterior de mejoras en lo referente a la eficiencia y eficacia de los equipos. Además, analizamos la relevancia que tiene la experiencia en la resolución de emergencias aéreas, así como la importancia de dotar a esta “experiencia en tiempo” de “experiencia en calidad”. Es decir, defendemos la idea de que los pilotos con más experiencia no son aquellos que llevan más años volando o más horas de vuelo a los mandos de un aparato (criterio tradicionalmente utilizado), sino que a esto habría que añadirle la formación adicional y continua que dichos profesionales van recibiendo a lo largo de toda su trayectoria como pilotos y que hace que unos sean más valorados que otros por la diferencia cualitativa que aportan a la hora de operar una aeronave y dirigir un equipo de trabajo. Los sistemas complejos necesitan profesionales altamente entrenados (Roed, 1995) y la aviación constituye uno de estos

sistemas. Partiendo de la idea de que reunir un grupo de personas con el objetivo de realizar una tarea no es suficiente para garantizar un correcto funcionamiento (Steiner, 1972), se defiende que un equipo eficaz será capaz de superar los obstáculos que se le presenten y reaccionar con rapidez frente a las condiciones cambiantes (Hakanen y Soudunsaari, 2012) que caracterizan las emergencias aéreas, siempre que se le proporcione un entrenamiento de calidad. Los equipos constituyen una estrategia ampliamente utilizada para incrementar la seguridad en las organizaciones (Salas, Wilson y Edens, 2009), también en las pertenecientes al sector de la aviación, si bien se pone de manifiesto la necesidad de entrenar a las tripulaciones aéreas para que aprendan a responder ante situaciones imprevistas de gran peligro en las que el tiempo de reacción, habitualmente, es mínimo (Muñoz-Marrón et al., 2018). De hecho, la utilización de equipos de control se da especialmente en entornos como la aviación, en los que la fiabilidad y precisión de los resultados es crucial (Waller, Gupta y Giambatista, 2004), por lo que el trabajo en equipo debe ser considerado un factor clave, así como una fuente de ventaja competitiva (Rousseau, Aubé y Savoie, 2006). En la última parte del capítulo se dedica un apartado a la importancia que presenta la eficacia del trabajo en equipo en el ámbito militar (Westli, Johnsen, Eid, Rasten y Brattebø, 2010), y se describe la metodología de trabajo utilizada en las aeronaves del E.A. y sus aspectos más característicos, entre los que destaca, en los últimos años, la aplicación de los conceptos de C.R.M. (E.A., 2017).

El *modelo teórico propuesto* en el apartado II da cabida a dos objetivos principales a los que se dedica el capítulo séptimo: por un lado, poner de manifiesto que algunos de los problemas en la seguridad aérea provocados por situaciones complejas no previsibles podrían mejorarse mediante la generación de conductas creativas por parte de la tripulación (Muñoz-Marrón et al., 2018); por otro, poner de manifiesto que la creación de unas determinadas condiciones psicosociales dentro de las cabinas de vuelo, así como ciertos cambios en el entrenamiento de las tripulaciones, caracterizados por la óptima utilización del pensamiento divergente para la generación de conductas creativas y su utilización en la toma de decisiones, permitirían maximizar las capacidades de las tripulaciones para enfrentarse a estas situaciones de emergencia complejas. Se describe con detalle el modelo propuesto y su representación gráfica, así como las variables del estudio, la definición de la condición experimental y la presentación de los objetivos

generales del mismo. Estos objetivos generales se desgranar en objetivos específicos, de los que cuelgan las hipótesis asociadas directamente a cada uno de ellos.

El apartado III está dedicado a la parte empírica del trabajo de tesis doctoral (*estudio de campo y validación del modelo propuesto*), que está estructurada en tres capítulos: *metodología del estudio empírico* (capítulo octavo), *análisis de datos* (capítulo noveno) y *resultados* (capítulo décimo).

El capítulo octavo, *metodología del estudio empírico*, presenta la metodología utilizada en la investigación. Comienza con el diseño del modelo teórico, el desarrollo de las condiciones experimentales, los criterios empleados en la selección de la muestra y la descripción de las principales características sociodemográficas de los participantes en el estudio. Se describe el proceso llevado a cabo en la elaboración y administración de los instrumentos de medición de las diferentes variables, y el diseño de los escenarios utilizados para el estudio (fundamentalmente del simulador de vuelo utilizado, situado en la Base Aérea de Torrejón), así como el procedimiento paso a paso seguido en la recogida de datos, desde la realización del estudio piloto hasta el análisis de los resultados obtenidos, fundamentalmente, durante la realización de las sesiones de simulador que llevaron a cabo las tripulaciones del 43 Grupo de Fuerzas Aéreas del E.A.

El noveno capítulo describe las características principales que presentan los modelos de ecuaciones estructurales y la adecuación de los mismos de cara a su utilización en la presente investigación. Se detalla el procedimiento de *análisis de datos* llevado a cabo fundamentalmente mediante la técnica de modelado estructural PLS (*Partial Least Square*), incluyendo la validación de los instrumentos de medida, a partir del análisis de la validez y fiabilidad de ítems y escalas, así como la del modelo predictivo partiendo de la evaluación del modelo estructural de hipótesis.

En el capítulo décimo se presentan los *resultados* obtenidos a partir del tratamiento estadístico de los datos mediante diferentes técnicas. Teniendo como objetivo la evaluación del grado de cumplimiento de las hipótesis planteadas, y basándonos en los datos recogidos en la investigación llevada a cabo, se pone a prueba el modelo teórico mediante la realización de análisis factoriales, análisis descriptivos y

de correlación entre variables, análisis multivariados de la varianza (MANOVA), llevados a cabo con el paquete estadístico SPSS 15.0 y, fundamentalmente, análisis de modelos de ecuaciones estructurales (M.E.E.) realizados mediante la técnica de mínimos cuadrados parciales PLS llevados a cabo con los paquetes estadísticos SmartPLS 2.0 (Ringle, Wende y Will, 2005) y SmartPLS 3 (Ringle, Wende y Becker, 2015). Gracias a la utilización de estos últimos, se realizan y presentan en este capítulo análisis predictivos de las diferentes condiciones experimentales, así como la evaluación del modelo estructural para cada una de ellas. El final del capítulo muestra de un modo concreto el grado de cumplimiento de cada una de las hipótesis planteadas según el análisis de los datos presentados anteriormente.

El apartado IV, *conclusiones y consideraciones*, se centra en las conclusiones derivadas de la investigación y en la formulación de recomendaciones útiles como consecuencia directa de los resultados obtenidos. En el undécimo capítulo exponemos las *conclusiones* del trabajo desarrollado, profundizando en el grado de cumplimiento de los objetivos planteados en el modelo teórico y las implicaciones teórico-prácticas de los resultados obtenidos, así como en el alcance de los mismos a la vista de las limitaciones del estudio realizado. También se desarrollan una serie de propuestas de cara a futuras líneas de investigación. Del hecho de que nuestras previsiones se cumplan podrían derivarse consecuencias interesantes para incorporar en los planes de formación de los pilotos que se llevan a cabo tanto en el Centro Universitario de la Defensa (C.U.D.) situado en la Academia General del Aire (A.G.A.) de San Javier (Murcia), como en las diferentes compañías aéreas que operan en nuestro país, o las muchas escuelas privadas de pilotos repartidas a lo largo de nuestra geografía, así como su posible generalización a los diferentes profesionales que, trabajando en equipo, desempeñan su trabajo en situaciones que implican gestión de riesgos (equipos de bomberos, policías, médicos, unidades militares, de salvamento, de gestión de crisis, etc).

I. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1. ¿POR QUÉ SE PRODUCEN LOS ACCIDENTES EN AVIACIÓN?

1.1. El avión como medio de transporte

En cualquier sociedad existen una serie de servicios de carácter básico cuyo funcionamiento dice mucho del grado de desarrollo tecnológico de la misma, así como del lugar en que dicha sociedad sitúa al individuo. La aviación es uno de esos servicios básicos. Según datos recogidos en el último informe de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (*International Air Transport Association* [I.A.T.A.]), en el año 2014 se produjeron 38 millones de vuelos, lo que supone una media de 104109.59 vuelos diarios, transportando un total de 3300 millones de personas al año (aproximadamente algo más de 9 millones de personas al día). Para poder hacernos una idea del extraordinario desarrollo sufrido por la aviación comercial en muy pocos años no hay más que comparar estas cifras con las de fechas anteriores no muy lejanas en el tiempo. En 1919 el número de personas que utilizaron el avión como medio de transporte fue de 6549, aumentando rápidamente a 290000 en el año 1930, pasando, en menos de una década, a la increíble cifra de 2000000 de pasajeros en el año 1939, y continuando su crecimiento de forma exponencial. Ya en el año 1952 eran 39.5 millones de personas las que viajaban en avión, pasando a 383 millones en 1970, 752 millones de pasajeros en el año 1981, 1471 millones en el año 1998 y 2824 millones de viajeros en el año 2011, hasta llegar a los datos actuales (I.A.T.A., 2014).

Los progresos tecnológicos se han dejado sentir de manera regular y con intensidad en el funcionamiento aéreo, hasta el punto de ser los principales responsables de situarlo en el primer lugar de todos los servicios de desplazamiento y transporte, teniendo en cuenta los parámetros de rapidez y seguridad.

La utilización del avión como medio de transporte civil, lo que conocemos como aviación comercial, ha sido una actividad desarrollada desde sus orígenes por las compañías aéreas dedicadas al transporte regular, tanto de personas como de mercancías. Su historia forma parte de la historia de la aviación y su nacimiento se remonta en el tiempo a los instantes posteriores al vuelo de los primeros aviones.

Con el fin de contextualizar nuestra investigación, repasamos a continuación los principales hitos de la historia de la aviación, en la que, como se pone de manifiesto, se ha producido un incesante desarrollo en prácticamente todas las facetas importantes, que afectan a todo tipo de variables: velocidad, seguridad, potencia de vuelo, confortabilidad, distancias recorridas, techo operativo, capacidad de carga, cantidad de pasajeros por vuelo, permanencia en el aire, facilidad operacional, autonomía, respeto al medio ambiente, distancia recorrida, maniobrabilidad, diseño, etc.

Además, observamos en este recorrido histórico cómo, de forma paralela al avance de la aviación, se produjo el de la psicología aplicada a la misma. La ciencia psicológica dio sus primeros pasos en el mundo de la aviación con trabajos cuyo objetivo era encontrar fórmulas generales para la selección de los pilotos, intentando conocer qué cualidades específicas debían poseer los aviadores, analizando aspectos tales como la capacidad de estimación de la velocidad, el sentido de la orientación en el vuelo, la atención, el equilibrio, la capacidad perceptiva, la tendencia al vértigo o al mareo, las reacciones motrices tanto en tierra como en vuelo, etc. (Sáiz y Sáiz, 2012).

1.1.1. Los orígenes

Con la aparición de la aviación moderna, de la mano de los hermanos Orville y Wilbur Wright (Bravo, 2016), con el primer vuelo tripulado de la historia el 17 de diciembre de 1903, el sueño más ambicionado por el hombre se había conseguido (Marimón, 1973). Pronto Europa quiso estar a la altura y tres años más tarde, el 23 de octubre de 1906, el brasileño Alberto Santos-Dumont (famoso por sus anteriores vuelos en dirigible) realizó, en los alrededores de París, el primer vuelo sobre suelo europeo (Burrel, 1992). Tanto progresó la iniciativa europea que el propio Wilbur Wright se trasladó a Francia para contrastar sus avances y realizar en 1908 en Le Mans las demostraciones de su más moderno modelo. A finales de ese mismo año comienzan a surcar el cielo europeo todo tipo de aparatos, con pioneros de la aviación como Farman o Bleriot, que convierten el sector en un proyecto de prometedor futuro en el que ponían todo su entusiasmo y participación tanto pilotos como constructores y gobernantes, y cuya repercusión popular aumentaba cada día, resultando ya imparable.

Durante los años que preceden a la I Guerra Mundial, la aviación sufre un extraordinario desarrollo. Sirva como muestra que sólo cuatro años después de que los hermanos Wright volaran en Kitty Hawk, el Departamento de Guerra (*War Department*) de los Estados Unidos (EE.UU.) ya comienza las negociaciones para construir un avión de uso militar (Prince y Salas, 1993), aceptando en 1909 la oferta de los hermanos Wright de construirlo. El mismo año que en Reims (Francia) se celebra el I Gran Festival Aéreo, al que acuden los mejores pilotos del mundo y en el que se superan casi todas las marcas existentes hasta ese momento. En España habría que esperar hasta el 11 de febrero de 1910 para que, en los alrededores de Barcelona, el piloto francés Mamed, a bordo de un monoplano Bleriot, realizara el primer vuelo dentro de nuestras fronteras (Pecker y Pérez Grande, 1998).

Es la época en que comienzan las competiciones por llegar cada vez más lejos. Una de las primeras y más llamativas iniciativas fue la realizada por el periódico londinense *Daily Mail*, que ofreció 10000 libras esterlinas al primer aviador que lograra realizar con éxito la travesía aérea del Canal de la Mancha (Simons y Withington, 2007). Fue el piloto francés Bleriot quien consiguió tal hazaña (Burrel, 1992), iniciando con ella la carrera por realizar los itinerarios más variados, y contribuyendo de este modo a la expansión mundial de la aviación. Durante estos años se realizan diferentes viajes y *raids* aéreos, como la carrera Londres-Manchester, la París-Burdeos o la París-Bruselas (todas ellas en 1910), la carrera París-Madrid por etapas (mayo de 1911), la también carrera por etapas París-Roma o el I Circuito Europeo París-Lieja-Spa-Utrecht-Bruselas-Calais-Londres-París, que tuvo lugar durante el verano del mismo año (Marimón, 1973). El francés Garros realiza el vuelo considerado la I Travesía Aérea del Mediterráneo, uniendo en 1913 la Costa Azul francesa con Bizerta (Túnez) en un vuelo de ocho horas sobre el mar; mientras el también francés Brindejonc recorre el conocido como Circuito de las Capitales, enlazando París, Berlín, Varsovia, Vilna, San Petersburgo, Raval, Estocolmo, Copenhague, Hamburgo, La Haya y París. Son los tiempos en que otro piloto francés, Farman, realiza en 1912 el primer vuelo nocturno. Mientras, al otro lado del Atlántico, en Estados Unidos, encontramos la proeza del aviador Rodgers, que vuela la primera travesía transcontinental de los EE.UU. cubriendo una distancia de 3580 km, y enlazando las ciudades de Nueva York, Chicago, Fort Worth, El Paso y Pasadena.

Durante este periodo, anterior al inicio de la primera gran contienda mundial, se produjeron avances técnicos que contribuyeron notablemente a la consecución de las proezas alcanzadas por los pilotos. Es el caso, por ejemplo, de la telegrafía sin hilos, incorporada por primera vez a la aviación ya en el año 1910, o el desarrollo del primer hidroavión ese mismo año (Marimón, 1973), o el del avión de cuatro motores, en 1913, llevado a cabo por el ingeniero ruso Sikorsky (Burrel, 1992).

De forma paralela al desarrollo de la aviación, también comienza a desarrollarse su explotación económica con la utilización para otras facetas de la vida y el negocio, dando origen a la aviación comercial. Sirva de ejemplo el vuelo que Henri Pequet llevó a cabo entre las ciudades indias de Allahabad y Naini en febrero de 1911, con el que se inaugura el servicio de correo aéreo transportando 6500 cartas. Es el 1 de enero del año 1914 cuando se abre la primera línea comercial regular de la historia: un hidroavión que, pilotado por Tony Jannus, lleva como pasajero a Abram C. Pheil y emplea 23 minutos en realizar un vuelo entre las ciudades de Tampa y St. Petersburg, en el estado estadounidense de Florida, marcando el comienzo del transporte regular aéreo de pasajeros (I.A.T.A., 2015b).

Durante estos años, el increíble desarrollo aéreo hace posible que los records progresen de forma vertiginosa. La marca de distancia en un vuelo sin escalas, por ejemplo, pasa de estar en 180 km a más de 1000 km en tan solo 5 años (1909-1914); la velocidad máxima alcanzada por un avión va de los 70 km/h a los 200 km/h en tan solo 4 años (1909-1913); la altura operacional alcanzada por los aparatos consigue pasar de los 1000 metros en 1910 a los 8150 metros en 1914; y la permanencia en el aire en un único vuelo alcanza las 24 horas y 12 minutos ese mismo año, cuando tan solo era de ocho horas en 1910 (Marimón, 1973). Estos records son sólo una muestra del gran avance que sufrió la aviación durante este corto periodo de tiempo que, por otra parte, no estuvo exento de sacrificios humanos, ya que paralelamente al desarrollo de la aviación siempre ha corrido la pérdida de vidas humanas fruto de los accidentes aéreos, numerosos en esta primera época, principalmente por lo rudimentario de los aviones y la proliferación de los arriesgados espectáculos de acrobacia (Burrel, 1992).

1.1.2. El desarrollo durante la I Guerra Mundial

Esta situación cambia de forma radical al estallar la I Guerra Mundial, conflicto que se convierte en el laboratorio perfecto para la experimentación con nuevos aparatos, orientados esta vez al desarrollo de técnicas militares que permiten a sus diseñadores poner la balanza de la guerra del lado de los países a los que pertenecen. La primera gran contienda mundial contribuyó enormemente al desarrollo de la aviación militar, como también lo hizo, sin duda, al avance de la aviación en general (Marimon, 1973). El enorme valor que presentó la aviación en la I Guerra Mundial provocó la introducción de grandes avances en las aeronaves (Biddle, 1991). Al comenzar la contienda bélica los aparatos eran muy rudimentarios, lo que explica el hecho de que su utilización se restringiera principalmente a labores de observación. En 1916 los pilotos actuaban simplemente como observadores de las fuerzas en el suelo, fotografiando al enemigo desde el aire (Prince y Salas, 1993).

Sin embargo, en 1918, hacia el final de la guerra, los aviones son ya máquinas técnicamente avanzadas, de gran velocidad, autonomía y techo de operación, que son utilizadas en misiones de todo tipo (bombardeo estratégico, fotografía aérea, caza de gran altura, etc.). A partir de la batalla de Verdún (1916), la aviación se convirtió en elemento indispensable de cualquier ejército moderno. Dan comienzo los combates aéreos y aparecen los ases de la aviación, pilotos que aumentaban su fama según acumulaban victorias frente al enemigo y que conseguían con su habilidad a los mandos llevar a las aeronaves hasta el máximo de su rendimiento. Es la época de los ases alemanes Von Richthofen, Udet o Loewenhardt, de los franceses Fonck, Guynemer y Nungesser, o de los británicos Mannock, Bishop y Collishaw, entre muchos otros. De modo que ya en 1918 los pilotos comienzan a ser aclamados como héroes (Daniel, 1987). Pero quizás el hecho más importante que se produjo durante la contienda para el desarrollo de la aviación fue la adaptación de la industria aeronáutica a la creciente demanda militar. La industria tuvo que proporcionar cada vez un mayor número de máquinas, al tiempo que estas debían ser técnicamente más avanzadas. Para hacernos una idea de este desarrollo baste citar que la producción de aviones en el lejano 1919 por parte de Alemania, Francia e Inglaterra ya era de 1580, 2919 y 2660 aparatos, respectivamente (Marimón, 1973). El apoyo militar a la, por aquel tiempo, naciente industria de la aviación fue el responsable de su crecimiento y sentó las bases para el desarrollo de la aviación comercial (Prince y Salas, 1993).

Paralelamente, supuso también el comienzo de la psicología aplicada a la aviación. La psicología aplicada había aparecido como respuesta a las demandas del gran cambio social y tecnológico que se había producido en las últimas décadas del siglo XIX y comienzos del siglo XX (Sáiz y Sáiz, 2012), y la aviación fue uno de los campos más interesantes para poder aplicar la ciencia psicológica a cuestiones de carácter práctico (Dockeray e Isaacs, 1921). Sin embargo, la “gran guerra” fue el detonante que desencadenó la introducción de la psicología en un mundo que ya nunca abandonará: el de la aviación. Su desarrollo se produce parejo al nacimiento de la medicina aeronáutica, de la que se desarrollarán “*dos ramas paralelas, la fisiología y la psicología del hombre sometido a las circunstancias que el vuelo exige*” (Germain, 1970, p. 234). En estos momentos surge la necesidad de seleccionar a los mejores pilotos, fundamentalmente por dos razones: por un lado, las características de un aviador como militar son muy diferentes a las de cualquier otro soldado; por otro, un manejo inadecuado de los aviones lleva asociado importantes pérdidas tanto humanas como económicas (Sáiz y Sáiz, 2012). Comienzan así, durante los primeros años de la guerra, los procesos de selección de pilotos y la realización de pruebas y exámenes psicológicos de aptitud para conseguir los mejores resultados al respecto (Baumgarten, 1957). Los primeros estudios y trabajos mezclaron aspectos más cercanos a la fisiología con aquellos de ámbito puramente psicológico. Sirva de ejemplo de la convivencia entre ambas disciplinas el test de Mc Dougall, prueba de carácter psicológico que medía atención, tiempo de reacción y precisión psicomotriz y que se utilizó para comprobar el grado de error en situaciones de falta de oxígeno¹.

1.1.3. El periodo de entre guerras

Una vez terminada la I Guerra Mundial, vuelve a aparecer con renovado entusiasmo el deseo de aventura interrumpido por la contienda. Aventureros, científicos y pilotos intentan aumentar las posibilidades de este nuevo medio de transporte recién descubierto (Pecker y Pérez Grande, 1998). Los avances técnicos conseguidos por el desarrollo de la industria bélica durante la guerra permitieron que este periodo del siglo

¹ El test de McDougall consistía en un aparato que hacía correr una cinta de papel, con pequeños círculos con un punto en el centro. El sujeto tenía que tachar con un lápiz el centro de cada círculo al pasar la cinta por una abertura. La velocidad de la cinta se iba incrementando gradualmente y no paraba hasta que el sujeto cometía un fallo (Dockeray e Isaacs, 1921).

XX resultase enormemente fructífero para la aviación, dando lugar a un desarrollo de la industria antesala de lo que sería la creación de las rutas de transporte aéreo de pasajeros.

Los records continúan siendo batidos con rapidez. En 1919, el piloto francés Roger realiza el vuelo sin escalas París-Roma, el estadounidense Read cruza por primera vez el Atlántico Norte, el también francés Lefranc realiza en varias etapas el vuelo París-Dakar, los ingleses Alcock y Brown llevan a cabo la travesía Terranova-Irlanda, y los también ingleses hermanos Smith (Ross y Keith) cubren la ruta Inglaterra-Australia. Al año siguiente, en 1920, Schroeder supera por primera vez para un avión los 10000 metros de altura, los franceses Vuillemin y Chalus hacen la travesía aérea del Sáhara, los italianos Ferrarin y Massiero viajan desde Roma hasta Tokio, y el francés Sadi-Lecointe rompe la barrera de los 300 km/h (hazaña que sólo dos años después será superada por el estadounidense Brow, que sobrepasará los 400 km/h). También los portugueses se unen a estas grandes conquistas aéreas con la Travesía del Atlántico Sur, llevada a cabo por Coutinho y Cabrai (1922), mientras los estadounidenses Mc Ready y Kelly realizan al otro lado del Atlántico la primera travesía trascontinental sin escalas de los EE.UU. en 1923. También durante este año, la expedición del comandante Delgado, llevada a cabo con tres aparatos Breguet XIV y un hidroavión Dornier Wal, realiza el viaje desde la Península Ibérica hasta Canarias, iniciando con ello el ciclo de los grandes viajes aéreos españoles. Al año siguiente, en 1924, los estadounidenses Smith, Nelson y Wade realizan la primera vuelta al mundo en avión, y los franceses Pelletier y Besin unen París con Tokio. En 1925 los italianos De Pinedo y Campanelli efectúan el viaje Roma-Melbourne-Tokio-Roma, mientras los franceses Arrachard y Lemaitre establecen el nuevo record de distancia en un solo vuelo en 3166 km (Marimón, 1973).

El año 1926 supone una fecha significativa para la aviación española, al producirse tres vuelos de gran repercusión mundial. El primero de ellos es el realizado por el comandante Ramón Franco, el capitán Ruiz de Alda, el teniente de navío Durán y el sargento Rada, entre Palos de Moguer y Buenos Aires, consiguiendo así el primer enlace España-Argentina con el vuelo del *Plus Ultra*, un hidroavión Dornier Do J Wal con dos motores Napier Lyon de 450 cv cada uno, que cubrió una distancia de 10270 km (Museo de Aeronáutica y Astronáutica, 2007). El vuelo del *Plus Ultra* supone el primer gran vuelo que se realiza en España (Gómez Cerdá y Cicuendez, 1993) y

convierte a Ramón Franco en uno de los personajes más populares de nuestro país (Pecker y Pérez Grande, 1998).

El segundo de estos vuelos es el viaje Madrid-Manila, realizado por la Patrulla Elcano (Pecker y Pérez Grande, 1998). El comandante Esteve, los capitanes González Gallarza y Loriga y sus mecánicos, a bordo de tres aviones Breguet XIX Gran Raid, con motor Lorraine de 450 cv, iniciaron un recorrido de 17500 km que sólo llegarían a finalizar los dos últimos (Museo de Aeronáutica y Astronáutica, 2007).

El tercero es el vuelo en formación de la Patrulla Atlántida, con despegue de la ciudad de Melilla y aterrizaje en Fernando Poo (Guinea). La Patrulla, formada por tres hidroaviones Dornier Wal bajo el mando del comandante Llorente, recorrió un total de 16439 km. Esta hazaña hizo que Rafael Llorente, el jefe de la expedición, fuese premiado con el segundo puesto en el Trofeo Harmon del año 1927, instituido por la Liga Internacional de Aviadores para enaltecer aquellos vuelos más meritorios y cuyo ganador dicho año sería el estadounidense Charles A. Lindbergh (Pecker y Pérez Grande, 1998) con su travesía sin escalas del Atlántico Norte en solitario, uniendo las ciudades de Nueva York y París, pasando a formar parte de la leyenda a bordo del *Spirit of St. Louis* (Hawkes, 1992; Marimón, 1973), un Ryan NYP, avión monomotor diseñado por Donald A. Hall, de Ryan Airlines. Lindbergh se convertirá ese mismo año en consultor técnico de la Pan American World Airways, al tiempo que contribuirá a la fundación de la Transcontinental and Western Airlines (TWA) (Simons y Withington, 2007).

Ese mismo año, el estadounidense Byrd sobrevuela por vez primera el Polo Norte, y los franceses Costes y Rignot vuelven a batir la marca de distancia en línea recta, alcanzando los 5396 km. También en 1927, los estadounidenses Maitland y Hegenberger consiguen el salto desde el continente estadounidense a las islas Hawai, y Costes y Le Brix cruzan por primera vez sin escalas el Atlántico Meridional a bordo del *Nungesser-Coli* (un Breguet-XIX) intentando situar de nuevo a Francia a la vanguardia de la aviación en su raid por todo el globo terráqueo (Bravo, 2016). En 1928, los alemanes Koehl y Hünefeld cruzan en sentido contrario, de este a oeste, el Atlántico Norte, el italiano Bernardi supera la barrera de los 500 km/h, y sus compatriotas

Ferrarin y Del Prete consiguen unir sin escalas Europa con América del Sur. Ese mismo año, los australianos Smith y Ulm realizan la primera travesía aérea del océano Pacífico.

Es precisamente este periodo que comienza en 1919, una vez terminada la I Guerra Mundial, cuando la aviación comercial tuvo una increíble y hasta entonces desconocida expansión, convirtiendo al avión en un medio de transporte jamás pensado hasta entonces. Comienzan a crearse las primeras líneas regulares de transporte de pasajeros (Jackson, 2003). En los comienzos fueron los propios aviones militares, fabricados para misiones en la contienda, los que, adaptados a los nuevos objetivos comerciales, realizaron dichas rutas, dando paso poco a poco a aparatos específicamente diseñados para el transporte de pasajeros.

Durante esta primera expansión, Alemania fue pionera en la utilización del avión en un sentido comercial, aunque Inglaterra, EE.UU. y Francia tampoco se quedaron atrás. Fueron precisamente los alemanes quienes fundaron la primera línea aérea comercial, el 5 de febrero de 1919 (denominada Deutsche Luft-Reederei, que unía Berlín, Leipzig y Weimar), inaugurando así el primer transporte aéreo civil regular de la historia de la aviación (I.A.T.A., 2015b). Los aviones que cubrían dicha ruta no eran otros que los bombarderos Gotha, que unos meses atrás habían sido utilizados para realizar incursiones aéreas sobre territorio británico, adaptados ahora para realizar vuelos comerciales.

Otras de las primeras compañías aéreas en aparecer (1919-1920), algunas de las cuales siguen existiendo hoy en día, fueron KLM (Países Bajos) y Czech Airlines (República Checa) en Europa; AVIANCA en América (concretamente en Colombia), primero con el nombre de SCADTA (Sociedad Colombo-Alemana de Transporte Aéreo), para convertirse en 1940 en Aerovías Nacionales de Colombia S.A. (Burrel, 1992), y desde 2006 en Aerovías del Continente Americano S.A.-AVIANCA; y en Oceanía, la australiana Qantas. En 1919 KLM opera su primer vuelo (Jackson, 2003), convirtiéndose en la compañía aérea más veterana de todas las que continúan operando en la actualidad, transportando durante su primer año de funcionamiento 345 pasajeros y aproximadamente 25000 kg de carga (I.A.T.A., 2015b). En 1920 dicha compañía establecería la ruta Londres-Amsterdam, conexión que sigue funcionando hoy en día.

Poco después, en 1922, por vez primera, se utiliza el avión como transporte para llevar a cabo asuntos oficiales².

También en esta etapa la psicología continúa su avance paralelo al de la aviación. Prueba de ello es la publicación en 1919 del trabajo titulado *Una prueba experimental de aptitud psicológica para los servicios de transporte aéreo*, del psiquiatra alemán Arthur Kronfeld, semejante al que ya preparó en 1916 su compatriota William Stern (Sáiz y Sáiz, 2012). Estos últimos años de la década de 1910 se caracterizan por los avances en el terreno de los factores humanos en vuelo, en el que investigadores como W. Stern o W. Benary realizan tanto análisis de las aptitudes, como de las características de personalidad de los pilotos militares y los observadores aéreos. Es importante mencionar que, ya antes de comenzar los años veinte, Benary defendía que el piloto observador debía poseer, entre otras, una desarrollada aptitud para la toma de decisiones rápidas, y una capacidad para ser polifacético, entendida como habilidad para aplicar los conocimientos según las circunstancias (Sáiz y Sáiz, 2012), aspectos ambos que se abordan en el presente trabajo. Mientras, en Alemania, el psicólogo Otto Selz comenzó a realizar análisis de diferentes accidentes aéreos para poder encontrar patrones que caracterizaran la personalidad y forma de actuación de los aviadores que sufrían dichos siniestros. La neutralidad española en la I Guerra Mundial provocó que no existiera la necesidad de la aplicación de la psicología en el ejército de una forma directa (Sáiz y Sáiz, 1998), lo que llevó asociado un menor interés de los autores españoles durante este periodo en este ámbito. Sin embargo, el tiempo que duró el conflicto bélico, en los Estados Unidos la psicología intervino fundamentalmente en los procesos de selección de sus soldados, a partir de diferentes comités creados por la Asociación Americana de Psicología (*American Psychological Association [APA]*) y dirigidos por psicólogos de reconocido prestigio como Thorndike, Watson, Woodworth, Scott o Yerkes (Yerkes, 1919).

Avanzando hasta la década siguiente, el año 1929 marca otro hito en la joven historia de la aviación comercial. El 12 de octubre tiene lugar la firma del Convenio de Varsovia, primer acuerdo internacional que regulaba y unificaba el transporte aéreo internacional. También durante este año los records siguen cayendo uno tras otro y,

² Hizo uso de él el general Pedro Nel Ospina (Presidente de Colombia), en un vuelo operado por SCADTA.

mientras el alemán Neuenhofen establece el techo máximo en una altura de 12739 metros, los franceses Costes y Bellonte fijan la marca de distancia en línea recta en 7905 km (Jackson, 2003). También en 1929, Byrd sobrevuela por vez primera el Polo Sur, y los españoles Jiménez e Iglesias realizan el vuelo Sevilla-Bahía (Brasil) a bordo de un Breguet XIX Gran Raid (*Jesús del Gran Poder*) de construcción española, con un motor también hispano de 600 cv, con la intención, finalmente frustrada, de batir el record de distancia en línea recta (Marimón, 1973; Museo de Aeronáutica y Astronáutica, 2007).

Pero, como en todos los periodos de la historia, este aluvión de hechos que superan otros en una secuencia cada vez más rápida, no hubiera sido posible sin los avances tecnológicos producidos en la industria aeronáutica y otras ciencias afines que fueron siempre de la mano de cada uno de los logros conseguidos por los aviadores. Podemos citar como ejemplo la patente que en 1929 se presenta en EE.UU. de un modelo de hélice con paso variable o los ensayos de vuelo del avión-cohete llevados a cabo por el alemán Opel ese mismo año (Marimón, 1973).

Si continuamos avanzando en el tiempo, los años treinta constituyeron una década de expansión decisiva para la aviación, salpicada de numerosos hechos significativos que contribuyeron a potenciar cada vez más la hegemonía del avión como medio de transporte frente a otros más tradicionales como podían ser el tren o el barco. La industria aeronáutica produce nuevos aviones. Los antiguos modelos biplanos fabricados con tela y madera dan paso a modernos aeroplanos con estructuras metálicas como los que serán utilizados por diferentes naciones durante la II Guerra Mundial. Consecuentemente, la velocidad de los aparatos sigue en aumento (en 1931 el piloto inglés Stainford alcanza los 655 km/h), su techo operativo crece sin parar (el americano Soucek rebasa los 13000 metros de altura en 1930) y las distancias que los aviones son capaces de cubrir son cada vez mayores. Sirvan de ejemplo el primer vuelo París-Nueva York, de Costes y Bellonte en 1930 (Jackson, 2003), la vuelta al mundo de los americanos Post y Gatty (1931) o la primera travesía aérea del océano Pacífico sin escalas, de Pangborn y Herndon (1931). En 1933, Barberán y Collar (que desaparecerían para siempre a los pocos días en otro vuelo) realizan la primera travesía aérea del Atlántico Central (con su vuelo Sevilla-La Habana) a bordo de un Breguet XIX Gran Raid (de nombre *Cuatro Vientos*), modificado para tener un mayor alcance y

cuya versión, con motor Hispano Suiza de 650 cv, recibió el nombre de Breguet XIX Super Bidón (Museo de Aeronáutica y Astronáutica, 2007).

Pero no solamente se producen avances en las capacidades de los aviones, sino que la aviación es pionera, al mismo tiempo, al mostrar ciertos cambios sociales. Uno de los más significativos queda patente con la aparición de las primeras mujeres piloto, que se suman a la consecución de hazañas antes reservadas de forma exclusiva a sus colegas varones (Marck, 2009). En 1910 la francesa Peltier ya había obtenido su título de piloto (Marimón, 1973). Sin embargo, fueron sin duda los años treinta los que pusieron a la mujer en un lugar realmente significativo en el mundo de la aviación. Amelia Earhart (que desaparecería en 1937 en un vuelo sobre el océano Pacífico), a los mandos de un Lockheed Vega, es la primera mujer en realizar en solitario la travesía aérea del Atlántico en 1932 (Hawkes, 1992; Marck, 2009; Simons y Withington, 2007), el mismo año que la aviadora Amy Johnson (posteriormente conocida como Amy Mollison al casarse con el también aviador Jin Mollison) lleva a cabo el viaje aéreo Londres-El Cabo (Marck, 2009); y un año más tarde, en 1933, la francesa Maryse Hilsz realiza el vuelo París-Tokio-París. Estos y muchos otros hechos ponen de manifiesto el gran interés que el sexo femenino mostró desde un primer momento por la aviación.

Además, en esta época los límites siguen siendo superados. En 1934, el italiano Donati vuela por encima de los 14000 metros de altura, mientras su compatriota Agello consigue romper la barrera de velocidad de los 700 km/h. Tres años más tarde, en 1937, es también un piloto italiano, Pezzi, quien vuela aún más alto, a 15000 metros; posteriormente, será el inglés Adams quien superará el techo de los 16000 metros, para ser de nuevo Pezzi, en 1938, quien suba aún más alto, alcanzando los 17083 metros de altura. Simultáneamente, en 1937, los rusos Gromov, Yumachew y Danilin establecen una nueva marca mundial de distancia en línea recta, superada al año siguiente, por los ingleses Kellett y Gething con sus 11520 km; mientras el alemán Wendel, pilotando su Messerschmitt-109, establece un nuevo record de velocidad alcanzando los 755 km/h (Marimón, 1973), evidenciando una vez más lo efímero de los records en un sector en continua y rapidísima expansión

Por otra parte, el transporte aéreo comercial alcanza una extraordinaria pujanza a partir de 1925, lo que propicia ya entonces el diseño y construcción de aviones que

conjugarán los dos grandes objetivos del transporte aéreo: la rentabilidad comercial y la seguridad aérea. En 1930 las empresas alemanas pusieron en servicio para su explotación comercial el Dornier-X, un enorme hidroavión (o “aeronave” -*Flugsschiff*- como prefería denominarlo su fabricante Claudius Dornier) provisto de 12 motores Bristol Jupiter, con capacidad para 100 pasajeros y 10 tripulantes, que resultó tener un escaso rendimiento comercial (Jackson, 2003). En el año 1935 la compañía americana Pan American Airways (Pan Am) inaugura, también mediante la operación de hidroaviones, en este caso los Boeing 314 Clipper, la primera línea Trans-Pacífico, con un servicio regular entre San Francisco (California) y Manila (Filipinas) (Simons y Withington, 2007), empleando una semana en realizar el trayecto con paradas durante el mismo. Estos aparatos se harían posteriormente célebres por ser los encargados de cubrir la línea de pasajeros entre Nueva York (EE.UU.) y Southampton (Inglaterra) a partir de 1939 (Jackson, 2003).

Sin embargo, la mayor expansión registrada por la aviación comercial corrió a cargo de aquellas compañías que realizaban líneas interiores o intercontinentales. Las redes aéreas comienzan a extenderse de forma exponencial y rápidamente todas las grandes ciudades del mundo se encuentran conectadas de forma regular por vía aérea. El avión comienza a imponerse como medio de transporte rápido y seguro. Ya en 1936 existen 106 grandes compañías aéreas, pertenecientes a 32 países. Este extraordinario desarrollo no hubiera sido posible si la industria no se hubiera ido adaptando a las necesidades y retos que la aviación comercial le iba planteando. La industria aeronáutica crece al mismo tiempo que la aviación comercial y proporciona a esta última aparatos adaptados a sus necesidades. Se comienzan a fabricar aviones de fuselajes sólidos, utilizando materiales resistentes al tiempo que ligeros, con una estructura con fortaleza, rigidez y poco peso, acompañada de una forma exterior aerodinámica para reducir la resistencia del viento. Para contribuir a esto último se introducen dos novedades que a la postre fueron decisivas: el tren de aterrizaje retráctil (Trallero, Atienza, Frövel, 2013) y las carlingas completamente cerradas.

Muchos de estos avances se materializan en dos grandes aparatos, verdaderos protagonistas y exponentes de una época a la cual sobrevivieron: el Junker-52 (“mula de carga” de la Lufwaffe) y el Douglas DC-3, auténticas joyas de la industria aeronáutica de los años treinta (Simons y Withington, 2007). En 1936 American Airlines puso en

servicio, cubriendo la ruta Nueva York-Chicago, este último, uno de los aviones comerciales más exitosos de la historia de la aviación (I.A.T.A., 2015b). Capaz de transportar 21 pasajeros y 2 tripulantes a más de 320 km/h, fue utilizado durante muchos años para cubrir líneas a lo largo de todo el mundo (Jackson, 2003). En total, se construyeron casi 11000 DC-3, algunos de los cuales siguen volando hoy en día.

Avanzando en el tiempo, en el año 1939, la compañía Pan Am ya realiza con habitualidad rutas entre el Océano Atlántico y el Océano Pacífico, transportando de forma combinada pasajeros y correo; mientras, la joven compañía aérea Boeing Air Transport Inc. cubría la ruta San Francisco-Chicago con sus Boeing B40. También comienzan a introducirse mejoras para la comodidad y disfrute de los pasajeros. American Airlines abrió, ese mismo año, el Admirals Club, primera sala de estar que existió en un aeropuerto (La Guardia, Nueva York) para ofrecer a sus clientes un servicio más cómodo a la hora de realizar las esperas antes de embarcar en el avión y comenzar un viaje (I.A.T.A., 2015b).

Por otra parte, y volviendo al campo de la psicología aplicada, el periodo de entre guerras (fundamentalmente los años veinte) se caracteriza por un descenso en el interés de los diferentes investigadores por la aplicación de la ciencia psicológica a las fuerzas armadas y, en concreto, a la selección y análisis de los pilotos. Al desaparecer la urgencia en la necesidad de la selección de aviadores provocada por la primera contienda mundial, la psicología “aparca” durante unos años este ámbito, que volverá a aparecer con fuerza en los albores de la II Guerra Mundial.

1.1.4. El desarrollo durante la II Guerra Mundial

El comienzo de la II Guerra Mundial, el 1 de septiembre de 1939, produjo un lapsus en el servicio aéreo comercial en Europa, si bien es cierto que durante la misma la aviación no cesó en su desarrollo, y su papel en la contienda fue decisivo. La guerra provocó que la aviación militar cobrara una mayor relevancia, tanto en la utilización de los aviones como bombarderos, que llevaron la guerra hasta el corazón de las diferentes naciones beligerantes, así como en el uso del avión como arma de transporte, capaz de abastecer zonas aisladas a las que, por diferentes circunstancias, había que hacer llegar alimentos, tropas y municiones. No fueron pocas las compañías aéreas que por aquellos

días pusieron muchos de sus recursos al servicio del ejército y de la aviación militar de sus respectivos países. Muchas compañías cesaron sus actividades por completo, como Air France en 1940, debido a la ocupación de Francia por Alemania, o la Greater Japanese Airways al involucrarse Japón en la Guerra. Sin embargo, otras aerolíneas, como KLM o Pan American Airways continuaron operando en zonas ajenas al conflicto internacional. Sirvan de ejemplo las 500 travesías del Atlántico Norte que de forma regular realizó esta última solo en el año 1942. Estimulados de nuevo por la necesidad que imponía el conflicto bélico, el diseño de aparatos y motores avanzó muy velozmente (Simons y Withington, 2007), al tiempo que lo hicieron otros inventos como el radar y la radio que ayudaron a los aviones a navegar y a establecer comunicación mientras cubrían grandes distancias durante el día o la noche bajo toda clase de condiciones meteorológicas.

Por todo ello, a pesar de los grandes sufrimientos que provocó la II Guerra Mundial, los progresos que produjo en diversos campos de la ciencia y de la técnica, incluida la aeronáutica, fueron enormes, ya que constituyó una fuerza creadora de primer orden, y los avances científicos y técnicos producidos con fines bélicos se plasmaron, nada más ser firmada la paz, en avances aplicados a la vida civil, de los que se benefició gran parte de la población. En la industria aeronáutica, el gran desarrollo de los medios aéreos durante la contienda se tradujo en un enorme movimiento, de consecuencias incalculables, que afectó a países del mundo entero y que revolucionó profundamente el campo del transporte aéreo y las comunicaciones. Al finalizar la guerra, la aviación civil reanudó toda su actividad con fuerzas renovadas, entrando en una fase de gran expansión y crecimiento que ya no se detendría. El desarrollo de la aviación comercial creó un nuevo concepto de transporte, no visto hasta entonces y vigente hasta nuestros días. Todos los puntos del globo terrestre quedaron conectados entre sí con enlaces regulares rápidos y seguros, reduciendo los conceptos de tiempo y distancia, y proporcionando a la clase media de las naciones más desarrolladas la posibilidad de viajar a cualquier punto del planeta, olvidando los grandes peligros asumidos por los heroicos aviadores anteriores a la gran contienda bélica. Como es lógico pensar, los primeros países que se lanzaron a esta nueva aventura comercial fueron los vencedores de la guerra, concretamente EE.UU., Inglaterra y la por entonces Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (U.R.S.S.), empujados en parte por la gran potencialidad de su industria aeronáutica, si bien muy pronto fueron acompañados por

otros muchos. Podemos poner como ejemplo de esta época la conexión aérea Sudáfrica-Europa que establece en 1945 South African Airways mediante su Springbok Service y que debido a la gran demanda que tuvo se realizaba seis veces por semana (I.A.T.A., 2015b).

En el campo psicológico, la II Guerra Mundial supuso un avance en el estudio de la selección y el entrenamiento de los pilotos, provocado por la cada vez más difícil adaptación de los aviadores a máquinas más complejas y veloces (Alonso, 1997). Se introducen evaluaciones de los entrenamientos y se evoluciona desde el estudio de aspectos más cognitivos y motrices hacia otros de carácter motivacional. Como es lógico, terminada la contienda bélica, se produce un cambio en el objetivo de la investigación, pasando de un ámbito específicamente bélico hacia otro en el que prima la investigación civil. En 1949 las compañías aéreas más punteras comienzan a contratar a los primeros psicólogos (Alonso, 1997).

En el aspecto aeronáutico se producen diferentes avances técnicos que hacen posible que se inicie la fabricación en serie de gran cantidad de modelos de aviones, provocando al mismo tiempo un cambio radical en los conceptos tradicionales de la aviación, que se conforma de acuerdo a nuevos patrones. Entre los avances que la ciencia proporciona en este momento y que contribuyen al increíble desarrollo de la aviación, debemos citar la potenciación cuantitativa y cualitativa de la industria aeronáutica, el desarrollo y puesta en funcionamiento de amplias redes de sistemas de ayuda a la navegación aérea, y, fundamentalmente, el nacimiento del motor a reacción (Simons y Withington, 2007).

El motor a reacción es, sin duda, la conquista más relevante de la ciencia aeronáutica y supuso una completa revolución en el transporte aéreo (Jackson, 2003). Hasta su aparición, los avances en este campo habían constituido simples soluciones sucesivas a los problemas que iban apareciendo. Sin embargo, el motor a reacción modificó por completo el concepto general de la impulsión aérea. El paso del motor de explosión al nuevo motor a reacción supuso un cambio radical que hizo avanzar y modificar ciertos principios de la técnica aeronáutica. Ya en 1940, en plena guerra, el italiano Campini había experimentado en vuelo el primer avión a reacción, y en 1944 la industria bélica alemana había fabricado el Messerschmitt Me-262, un avión que

entraría en combate en los últimos meses de la guerra con resultados realmente sorprendentes (Marimón, 1973). También los ingleses comenzaron a utilizar motores a reacción durante la contienda, exponente de los cuales fue el birreactor Gloster Meteor (Jackson, 2003; Simons y Withington, 2007).

1.1.5. El fin de la II Guerra Mundial y la consolidación de la aviación civil

El motor a reacción proporcionaba a los nuevos aviones una ventaja fundamental sobre el avión convencional de hélice, y no era otra que la de ser capaces de volar a mayor velocidad y mayor altitud. Aspecto este último que suponía evitar las inclemencias atmosféricas, reduciendo con ello el tiempo en los trayectos, así como los posibles incidentes que podrían retrasar y poner en peligro los vuelos. Fruto de este avance, comienzan a aumentar con rapidez los records de velocidad aérea. En 1945, el británico Wilson establece la marca en 975 km/h (con su reactor Gloster-Meteor); en 1947, el americano Yeager rompe la barrera del sonido a bordo de su Bell-XI; en 1951, su compatriota Bridgeman supera los 2000 km/h; dos años más tarde, en 1953, otro americano, Yeager, rebasa los 3000 km/h; en 1956, el también americano Everest supera los 4000 km/h; y otro americano, White, sobrepasa en 1962 los 5000 km/h con un X-15 (avión lanzado desde otro avión), el mismo aparato que en 1964 utiliza de nuevo para superar la barrera de los 6000 km/h, que en 1967, el estadounidense Knight, llevará hasta los 7254 km/h, estableciendo el nuevo record mundial de velocidad con otra versión del X-15 (Marimón, 1973). Como puede verse, la velocidad fue indudablemente la faceta que definió a esta aviación de postguerra que contaba con una nueva tipología de motores.

La aparición de nuevos aparatos, como el cuatrimotor DC-4 (primer gran avión de transporte de líneas civiles, que comenzó a utilizarse para transporte civil en 1945), desempeñó un papel fundamental en esta etapa de postguerra (Jackson, 2003). Tanto el DC-4 como su predecesor el DC-3 fueron bien acompañados hasta el año 1950 por aviones como el Lockheed Constellation (primer avión utilizado como *Air Force One*), el Douglas DC-6, el Convair-240, el Lockheed Super Constellation o el Boeing 377 Stratocruiser (Marimón, 1973), capaz de superar los 800 km/h (gracias a sus cuatro motores turbo reactores Pratt and Whitney) y que presentaba un interior elegantemente

distribuido en dos “pisos” para el pasaje (algunos modelos disponían incluso de camas para los largos vuelos transatlánticos).

Es un poco más tarde, concretamente en 1952, cuando el motor a reacción comienza a utilizarse en la aviación civil (Marimón, 1973; Alonso, 1997), transformando por completo la aviación comercial. El De Havilland Comet es el primer avión comercial a reacción. Entró en servicio de la mano de la British Overseas Airways Corporation (BOAC) volando de Londres a Johannesburgo (Jackson, 2003), con escalas en varias ciudades. Pero, a pesar de las enormes prestaciones que ofrecían los aviones comerciales que disponían de él, los comienzos del motor a reacción también generaron ciertas dudas que venían provocadas, fundamentalmente, por las altas temperaturas que alcanzaban los motores y la sospecha de que su vida efectiva sería mucho menor que la de los motores tradicionales. Este escepticismo hizo que las compañías tuvieran que dedicar un esfuerzo extra para establecer medidas de mantenimiento de las aeronaves mucho más estrictas, que obligaron a contratar personal altamente cualificado, así como a la construcción de instalaciones más sofisticadas para llevarlas a cabo. No cabe duda que la introducción del motor a reacción supuso un gran esfuerzo y provocó un cambio en muchos aspectos del negocio del transporte aéreo.

Estos grandes cambios y la explotación de las rutas de forma regular exigieron, al mismo tiempo, la generación de una normativa legal a la altura de las necesidades creadas. Si bien en 1919 había visto la luz la Comisión Internacional de Navegación Aérea (C.I.N.A.), ahora se hacía necesario crear una entidad internacional con autoridad jurídica y técnica que se encargase de organizar, regular y coordinar el creciente tráfico aéreo mundial. Es así como en noviembre de 1944 se reúnen en Chicago (EE.UU.) 52 países para abordar aquellos problemas que planteaba, por aquel entonces, la aviación civil, y, mediante la firma de la Convención de Chicago, establecen las reglas básicas para la operación de las aeronaves, la gestión del espacio aéreo y la seguridad en las operaciones aéreas, normativa que continúa siendo actualmente la base legal para la aviación comercial (Organización de Aviación Civil Internacional [O.A.C.I., 2018]). Al poco tiempo (19 de abril de 1945) se funda, en la ciudad cubana de La Habana, la I.A.T.A., entidad con un carácter estrictamente comercial en la que están representadas actualmente 280 aerolíneas comerciales, que suponen un 83% del total del tráfico aéreo mundial, que sirve de apoyo a la industria aeronáutica y cuyos servicios financieros

constituyen la columna vertebral del negocio de las aerolíneas (I.A.T.A., 2017). Poco después, el 4 de abril del año 1947 nace la O.A.C.I. como organización encargada, entre otras cosas, de planificar y desarrollar el transporte aéreo, constituyéndose en el organismo responsable de velar por la seguridad de vuelo en el ámbito internacional (O.A.C.I., 2018).

Retornando a la industria, durante el inicio de los años cincuenta la convivencia entre aeronaves con diferentes motores era habitual. Mientras el convencional DC-3 volaba a 290 km/h, el reactor De Havilland Comet lo hacía a una velocidad de crucero de 788 km/h. Sin embargo, el Comet presentaba ciertos problemas de seguridad debidos a un fenómeno hasta entonces desconocido: la fatiga del metal (Jackson, 2003). En 1954, uno de los aparatos de la BOAC se partió en dos durante un vuelo cerca de la isla de Elba. A pesar de que los modelos posteriores tuvieron éxito, la BOAC dejó de volar el DC-3 en 1965. En 1953, se puso en servicio el primer avión civil dotado con un motor turbo hélice, el británico Vickers Viscount-700. El desarrollo era ya imparable y, gracias a los grandes avances técnicos, estos innovadores modelos fueron pronto sustituidos por otros. Entre los más conocidos y utilizados hasta el año 1965, podemos encontrar los estadounidenses Douglas DC-7 y DC-8, los Convair 880 y 990 *Coronado*, o los Boeing 707 y 727; los británicos Bristol Britannia, Hawker Siddeley Trident, o Vickers Viscount-10; el perteneciente a la industria francesa Caravelle; o los soviéticos Antonov An-10, Tupolev Tu-114 y Tu-134, e Ilyushin Il-62, todos ellos componentes de una larga lista.

De igual modo que avanzaban las *performances* de las aeronaves, poco a poco se fueron introduciendo mejoras orientadas a lograr una mayor comodidad del pasajero. A las salas de espera confortables citadas anteriormente se añaden en 1961 las primeras películas proyectadas a bordo de un avión. David Flexer desarrolló el sistema de película de 16 mm para una amplia variedad de aviones comerciales. TWA fue la primera aerolínea en utilizar la innovación de Flexer (I.A.T.A., 2015b).

Además, las empresas de aviación comercial establecen nuevas rutas. La compañía aérea sueca SAS inaugura en 1954 la línea Copenhague-Los Ángeles, a través de la hasta entonces inédita comercialmente ruta ártica, para poco después, en 1957, establecer el servicio Copenhague-Alaska-Tokio. Al año siguiente, la aerolínea

australiana Qantas montaba la primera línea regular que circundaba el globo terráqueo. Para hacernos una idea del crecimiento que la aviación tuvo en estos años, en 1958 las compañías aéreas civiles que realizaban la ruta del Atlántico Norte transportaron ya 1000000 de pasajeros, la misma cantidad de personas que viajaron en las diferentes líneas marítimas que cubrían dicha zona. En 1960, la aerolínea belga Sabena organiza un puente aéreo de más de 6000 km, evacuando a 34484 personas en 20 días durante los hechos violentos que propiciaron la independencia del Congo Belga (actual República Democrática del Congo). También, y aunque se trate de una operación militar, no debemos olvidar la Operación Big Lift, realizada en 1963 entre Texas (EE.UU.) y Sembach (en la entonces Alemania Federal), que puso de manifiesto las altas posibilidades y gran capacidad operativa que ya entonces poseía la aviación de transporte. En una operación logística sin precedentes, 204 aviones de transporte pesado estadounidense lograron trasladar 15000 personas y 500 toneladas de material entre ambas ciudades en poco más de 63 horas (Haro Tecglen, 1963).

Por lo tanto, en la década de los cincuenta nos encontramos ya con un sistema aéreo comercial en el que un gran número de ciudades de todo el mundo están enlazadas entre sí de forma regular, gracias a aeronaves en su mayoría dotadas de motores a reacción, que emplean pocas horas en cubrir grandes distancias, que poseen sistemas de navegación aérea basados en radioayudas situadas en tierra y que están obligadas a cumplir cierta normativa; esto es, estamos presenciando la madurez de la aviación comercial.

Si bien es cierto que la aparición del avión comercial a reacción generó mayores beneficios, no lo es menos que trajo aparejados nuevos problemas anteriormente desconocidos. Uno de ellos fue la dificultad de adaptación de los pilotos a los nuevos sistemas de navegación aérea, lo que provocó la necesidad de poseer nuevas capacidades para el manejo de una aeronave y, por consiguiente, una adaptación de los sistemas de selección de las tripulaciones aéreas con la introducción de criterios no utilizados hasta entonces. La carga de trabajo físico que el piloto debía realizar fue disminuyendo, al tiempo que aumentaba la carga cognitiva (Alonso, 1997) para manejar sistemas cada vez más automatizados al tiempo que complejos. Los simuladores de vuelo comienzan a ocupar un lugar privilegiado y se desarrollan extraordinariamente hasta alcanzar un realismo absoluto. Con ellos, aparece la capacidad para entrenar

centenares de emergencias, brindando nuevas posibilidades, al tiempo que su operación exige unos criterios de entrenamiento adecuados para su correcto aprovechamiento (Salas, Bowers y Rhodenizer, 1998).

A partir del año 1965 comienza la conocida como era de los aviones de transporte gigantes, con la entrada en servicio del Douglas DC-8-63. Han pasado ya más de 50 años desde entonces y esta dinámica continúa vigente en la actualidad con otros modelos de avión mucho más modernos, como los gigantes Airbus A-380 o Antonov An-225 *Mriya* (“sueño”). Este último gigante aéreo fue concebido para ser utilizado por el programa espacial soviético y transportar en su lomo el transbordador espacial Buran (Jackson, 2003; Simons y Withington, 2007). Es la época de modelos norteamericanos, como el DC-10 o el Boeing 747 *Jumbo* (que entró en servicio en enero de 1970 con el vuelo Nueva York-Londres, de la Pan Am), del Lockheed TriStar, o del europeo Airbus A-300, aparatos todos ellos subsónicos, pero dotados de una gran capacidad de pasaje y carga.

En 1971 se produce otro acontecimiento que cambiará la forma de vivir la aviación: Southwest Airlines se convierte en la primera compañía aérea de bajo coste (I.A.T.A., 2015b). Las aerolíneas de bajo coste han transformado en poco tiempo el paisaje de la aviación comercial, con una serie de innovaciones que han obligado a las compañías tradicionales a mejorar la competitividad en beneficio del consumidor. En nuestros días, la aviación comercial está al alcance de un gran número de usuarios, algo impensable pocos años atrás. Para hacernos una idea de las reducciones de costes que han tenido lugar en la industria, en 1947, la aerolínea Qantas había inaugurado su ruta “Kangaroo”, cuya tarifa era el equivalente a cerca de dos años del salario medio australiano; hoy ese mismo trayecto costaría al usuario aproximadamente el salario de una semana. A esto también contribuyeron leyes como la U.S. Airline Deregulation Act de 1978, legislación que eliminaba el control gubernamental de las tarifas, rutas y entrada al mercado de nuevas líneas aéreas, abriendo el camino hacia la liberalización total de la industria.

Ya desde finales del año 1962 diferentes aerolíneas de varios países habían comenzado a estudiar la posibilidad de incluir en sus flotas aviones supersónicos cuya velocidad de crucero era mucho mayor (aproximadamente de Mach 2). En 1965, se

presentaron tres proyectos acordes a este moderno concepto: el Tupolev Tu-144 (U.R.S.S.), primer avión de transporte supersónico del mundo (Jackson, 2003), el Concorde (Francia-Inglaterra) y el Boeing 2707 (EE.UU.). Los dos primeros realizaron vuelos de prueba en 1968 y 1969, respectivamente, mientras el proyecto estadounidense fue abandonado. Con grandes y continuos obstáculos (como el accidente del Tupolev en junio de 1973 durante una demostración en las cercanías de París, en la que murió toda su tripulación, o la anulación de las opciones de compra al programa Concorde por parte de las compañías norteamericanas ese mismo año), el desarrollo de ambos modelos culmina cuando, el 27 de diciembre de 1975, el Tupolev Tu-144 inaugura su ruta comercial entre Moscú y Alma Ata, en el Kazakistán soviético, 3000 km que cubrió en menos de 2 horas de vuelo. Poco más tarde, el 21 de enero de 1976, el Concorde entraba también en servicio con las rutas Londres-Bahrein y París-Dakar-Río de Janeiro (el jet supersónico estaría en servicio durante 27 años). Ambos aparatos provocaron, una vez más, la disminución del factor distancia, haciendo que los puntos del globo se “acercasen” cada vez más. No olvidemos que eran capaces de cubrir el trayecto Londres-Nueva York en tan solo tres horas, o Londres-Sidney en 13 horas (recorridos en los que un Boeing 727 o un Douglas DC-8 subsónicos empleaban 13 y 24 horas, respectivamente).

Al tiempo que la aviación civil desarrollaba modelos más grandes y veloces, también la aviación militar mostraba su necesidad de grandes aviones de transporte. El 30 de junio de 1968 realiza su primer vuelo otro avión de transporte logístico de largo radio de acción con características excepcionales, el Lockheed C-5A Galaxy, que sería el avión de carga más grande del mundo hasta diciembre de 1982 (Simons y Withington, 2007). El C-5A Galaxy era capaz de transportar 333 toneladas de carga (el equivalente a unas 800 personas) a más de 13000 km de distancia y a una velocidad de 1000 km/h.

1.1.6. Los años 80 y el empuje de los factores humanos en el sector

Volviendo al ámbito de la psicología aeronáutica, a finales de los años 70 se produce un hecho que cambiará de un modo radical la relación entre la ciencia psicológica y la aviación. Tal y como se describirá más adelante³, en un encuentro

³ El concepto de C.R.M. se aborda en profundidad en el Capítulo 3.

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* [C.R.M.]) 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*). El C.R.M. 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, etc. (Turner, 1995). Diseñado para reducir el error e incrementar la efectividad de las tripulaciones aéreas (Wiener, Kanki y Helmreich, 1993), puede definirse como la utilización de todos los recursos disponibles (información, equipos materiales y recursos humanos) para la realización de operaciones de vuelo seguras y eficientes (Lauber, 1984).

Y, de nuevo, de forma paralela al desarrollo de la tecnología en los aparatos y a la evolución de los factores humanos en aviación, se introducen mejoras en los aspectos relacionados con la atención al usuario. En 1981, Robert Crandall, Presidente y Director de American Airlines, impulsó el AAdvantage, reconocido como el primer Programa de Viajero Frecuente o *Frequent Flyer Program* (F.F.P.) de la industria, a pesar de que la Texas International Airlines había puesto en marcha un programa de fidelización un par de años antes. AAdvantage abrió el camino de la estrategia comercial de fidelización del cliente y sigue siendo hoy en día uno de los mayores F.F.P., con alrededor de 67 millones de miembros (I.A.T.A., 2015b). Unos años más tarde, concretamente en 2008, aparece el billete electrónico, que provocará otra ventaja para el usuario de aviación, con la eliminación de la necesidad de emitir billetes de papel, mejorando la comodidad y preparando el camino para otras iniciativas de reducción en los tiempos de espera del pasajero como el *auto-checking* (I.A.T.A., 2015b).

Otra novedad fue la promovida, en 1989, por KLM y Northwest Airlines, que protagonizaron la primera gran alianza entre aerolíneas. Dicha unión fue consolidada por la concesión de inmunidad antimonopolio en 1993, que posibilitaría la aparición de nuevas uniones dentro de la industria. Este sería el precedente de la Star Alliance, primera alianza verdaderamente global entre aerolíneas, creada en 1997 por cinco compañías aéreas de tres continentes distintos. Otras dos alianzas de aerolíneas,

Oneworld y SkyTeam, pronto seguirán sus pasos, y a estas muchas más, con el objetivo de ofrecer a los clientes de todo el mundo gran variedad de destinos, al tiempo que reducían los costes de operación, lo que repercutió notablemente en un billete más barato para el usuario final (I.A.T.A., 2015b).

En lo referente a normativa, en 1992, los Estados Unidos y los Países Bajos firmaron el primer acuerdo de “cielos abiertos” del mundo, que proporcionaba a cada uno de los países los derechos de aterrizaje sin restricciones en el territorio del otro. Este acuerdo se constituyó en precedente de muchos otros, como el firmado en abril de 2007 en Washington entre la Unión Europea (U.E.) y los Estados Unidos, con el fin de permitir que las aerolíneas europeas y estadounidenses explotasen rutas entre cualquier ciudad de ambos territorios (Decisión U.E., 2007). Los tratados de cielos abiertos han revolucionado la aviación comercial en los últimos 25 años.

En los últimos años del siglo XX el avance de la aviación comercial resulta del todo imparable. En 1998, el vuelo 889 de Cathay Pacific, apodado como *Polar One*, realiza el primer vuelo transpolar sin paradas, cruzando el Polo Norte y conectando Nueva York con Hong Kong en 16 horas (I.A.T.A., 2015b). Sirvió para mejorar la conexión entre los Estados Unidos y Asia, respondiendo a la creciente demanda aérea entre estas dos regiones y convirtiéndose en un elemento clave del apoyo de la aviación a la economía global. En 2004, Singapore Airlines pone en funcionamiento las rutas sin paradas a Los Ángeles y a Newark (Nueva York), convirtiéndose en los trayectos más largos de la aviación comercial, fruto de la necesidad de conectar personas y negocios entre las ciudades más importantes del mundo (I.A.T.A., 2015b).

Sin duda, este desarrollo del transporte aéreo ha provocado beneficios, no solamente económicos, sino también de cooperación entre diferentes países. Sirvan de ejemplo las crisis provocadas por el *tsunami* de 2004, el terremoto de Haití de 2010 o la hambruna en el este de África durante el año 2011, que pusieron de manifiesto cómo la velocidad y capacidad de carga de los aviones puede resultar decisiva también frente a emergencias humanitarias (I.A.T.A., 2015b).

1.1.7. El siglo XXI

En paralelo a todo este conjunto de avances, siempre corrió el tema de la seguridad en vuelo, aspecto que ha alcanzado su punto álgido de desarrollo en las últimas décadas y constituye, en la actualidad, un ámbito de gran relevancia en el sector. La seguridad aérea se ha convertido en la prioridad número uno para la industria aeronáutica, que ha ido regulando los diferentes aspectos relativos a la misma. Un claro ejemplo de esta preocupación y que supuso un aumento en las medidas de seguridad en la aviación internacional, fue la instauración en 2009 del requisito, para todos los miembros de la I.A.T.A., de cumplir con éxito la Auditoría de Seguridad Operacional de I.A.T.A. (*I.A.T.A Operational Safety Audit [I.O.S.A.]*), cuya nueva versión, con ciertas mejoras, se está implementando en la actualidad (I.A.T.A., 2017).

En 2011 aparece un nuevo elemento cuando entran en juego los factores medioambientales relacionados con la industria aeronáutica, al establecer Lufthansa la primera ruta (Hamburgo-Frankfurt) operada por aviones cuyos motores funcionaban con biocombustible. Esta fue la primera de las muchas pruebas que, con diferentes tipos de biofuel, se han ido realizando con éxito. El reto actualmente consiste en asegurar su viabilidad comercial para ayudar a las compañías aéreas a cumplir con los objetivos medioambientales (I.A.T.A., 2015b). En 2014 entra en servicio el Airbus A-350. Qatar Airways es el cliente de lanzamiento de esta moderna aeronave, que presenta nuevos avances en cuanto al confort del pasaje, así como a su eficiencia operacional y respeto al medio ambiente.

Como puede verse en esta breve exposición, la aviación no ha dejado de progresar en todos los campos posibles, tanto como la tecnología, la investigación y las iniciativas lo han permitido. Los avances tecnológicos han sido constantes, y se han visto favorecidos por varios factores, desde la necesidad de contar con aviones militares más eficaces durante las dos grandes conflagraciones mundiales, hasta el creciente impacto socioeconómico propiciado por la aviación comercial. En poco más de 100 años la aviación comercial ha evolucionado y transformado el mundo en general y, más concretamente, el mundo del transporte de mercancías y personas. La aviación comercial es hoy capaz de unir ciudades muy lejanas de diferentes continentes, conectar culturas, abrir las mentes de los viajeros, desarrollar nuevas opciones de negocio, salvar vidas o permitir a gente de todo el mundo soñar con un futuro más próspero. El

transporte aéreo ha hecho el mundo más pequeño, y su potencial para provocar cambios económicos y sociales es prácticamente ilimitado.

El avión de pasajeros es, con total seguridad, uno de los grandes inventos de la técnica moderna. Los potentes motores y el diseño aerodinámico de las aeronaves han conseguido hacer volar estructuras metálicas de 140 toneladas de peso, a una velocidad superior a los 900 kilómetros por hora, y a una altitud de 9000 metros, llevando a bordo alrededor de 150 pasajeros que deben ser capaces de respirar donde la proporción y densidad del oxígeno no es la misma que sobre la Tierra, disfrutar de una temperatura agradable donde el termómetro registra niveles muy por debajo de los 0° C, y que deben comer, dormir e incluso trabajar de manera óptima. Se requieren, sin duda, prodigios en ingeniería técnica aeronáutica para diseñar estos aviones, miles de horas de trabajo de profesionales cualificados para construirlos en enormes talleres e instalaciones y, sobre todo, millones de euros para financiarlos. Por último, y esto es clave en este proceso, son indispensables tripulaciones bien formadas y entrenadas para transportar con total seguridad a un gran número de pasajeros a lo ancho y largo del globo, intentando alcanzar el utópico objetivo de la “siniestralidad 0”.

Este proceso de avance tecnológico de la aviación ha ido siempre acompañado por la psicología (Alonso, 1997) a la que ya siempre permanecerá unido. Hoy en día, la aviación comercial se ha convertido en uno de los pilares básicos sobre los que se asienta la actividad económica, y la ciencia psicológica ha contribuido a este desarrollo en diferentes áreas de intervención que han ido variando su importancia con el paso del tiempo, centrándose inicialmente en la búsqueda de las características que debía poseer el aviador “ideal” (selección de personal), hasta llegar a nuestros días en los que la prevención de accidentes, basada en la gestión del equipo de trabajo y la adaptación de estos equipos a los avances tecnológicos más punteros, se han convertido en pilar fundamental.

1.2. ¿Por qué se producen los accidentes aéreos?

Los fabricantes de aviones no han dejado ni dejarán de investigar para conseguir mejoras en las aeronaves, convirtiéndolas en aparatos cada vez más grandes, potentes y seguros, con una capacidad cada vez mayor para maniobrar, transportar

mercancías y pasajeros, y mejorar las comunicaciones entre los diferentes puntos del planeta. En este constante avance tecnológico, motivado por un continuo afán de aumentar la rapidez de los desplazamientos y las comunicaciones, la seguridad de los aparatos ha constituido una obsesión. El resultado ha sido la fabricación de aviones con una capacidad de transporte a grandes velocidades mucho mayor, pero también con unos equipos y sistemas cada vez más automatizados y fiables, que aportan a la operación aérea una gran seguridad.

El avión se ha convertido en el medio de transporte más rápido y seguro gracias al enorme avance de la industria aeronáutica a lo largo del siglo XX y comienzos del XXI (Muñoz-Marrón, Gil y Lanero, 2018), pero cuesta creerlo ante la trágica espectacularidad que rodea a cada siniestro aéreo y el elevado número de vidas humanas que se pierden cuando una aeronave se estrella. El informe anual de la I.A.T.A. sitúa la tasa de siniestralidad en 2014 en un accidente por cada 4.4 millones de vuelos, “la más baja de la historia de la aviación” (I.A.T.A., 2015a, p. 16). Mientras, y por establecer una sencilla comparación, en España la posibilidad de sufrir un siniestro mortal de tráfico es de una entre 360000, y, según la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), cada año mueren en el mundo 1.24 millones de personas por accidentes de tráfico, es decir, unos 3500 fallecidos al día, lo que supone una cifra impensable para el sector aéreo.

Lo que sí es cierto, es que el rápido avance de la aviación durante el siglo XX ha ido acompañado directamente de innumerables accidentes y víctimas fruto de la siniestralidad aérea. Ya en los primeros vuelos se produjeron víctimas provocadas por errores, unas veces humanos, y otras técnicos, hecho que se ha venido repitiendo sucesivamente según se ha ido desarrollando la industria aeronáutica. El primer accidente mortal en aviación fue el que tuvo lugar en un vuelo cuyo piloto fue nada menos que Orville Wright, en 1908, que vio morir a su pasajero, el teniente Selfridge (Marimón, 1973). Ya en 1909 hubo dos fallecidos por accidentes de aviación, siendo 30 los muertos en accidente aéreo en 1910, 79 en 1911, 143 en el año 1912, y 200 durante 1913. Estos datos demuestran que la siniestralidad aérea ha ido siempre aparejada al desarrollo de la aviación y que, ya en sus inicios, según aumentaba el número de vuelos lo hacía el número de víctimas.

Del mismo modo, los avances en busca de la seguridad también fueron creciendo progresivamente y con rapidez, centrándose, en primer lugar, en el desarrollo tecnológico de las máquinas, pero también en el establecimiento de programas de mantenimiento cada vez más exigentes, supervisados por una normativa nacional e internacional que ha ido en aumento y que en la actualidad obliga a todas y cada una de las compañías operadoras a cumplir con determinados protocolos, de manera que las aeronaves tengan que someterse a revisiones periódicas muy rigurosas con el fin de controlar cualquier riesgo evitable. No fue hasta los años 70 cuando la aviación comienza a poner su punto de mira en el factor humano como elemento clave en la seguridad del transporte aéreo. No es que antes los pilotos no tuvieran la importancia que les corresponde. Es célebre la declaración de Winston Churchill, en agosto de 1940, al general Sir Hastings Ismay (Secretario del Gabinete de Guerra), referida al agradecimiento que la población británica debía dar a los pilotos de la *Royal Air Force* (R.A.F.) durante los combates de la Batalla de Inglaterra en la II Guerra Mundial: “nunca en el ámbito del conflicto humano tantos debieron tanto a tan pocos” (The International Churchill Society, 2018). Pero a pesar de la importancia que se ha dado a los pilotos durante la breve pero emocionante historia de la aviación, y a que, como vimos en el apartado anterior, la psicología ya iniciaba su andadura en el ámbito aeronáutico en los albores de la I Guerra Mundial, los aspectos psicológicos no comenzaron a ocupar gran parte de los programas de formación de pilotos y tripulaciones aéreas hasta los años ochenta, fecha muy cercana en el tiempo a la actual.

Es importante no olvidar los avances que otras disciplinas, relacionadas directamente con la aviación, han proporcionado en pro de la seguridad aérea, tales como la meteorología, la cartografía, la geodesia, la radiocomunicación o incluso la cetrería, cuya contribución ha posibilitado que la seguridad de las aeronaves aumente gracias al control de aspectos potencialmente peligrosos para la navegación aérea.

Con todo, los problemas de seguridad aérea han de contar con un hecho irrefutable: que la ocurrencia de accidentes nunca llegará a eliminarse totalmente (Muñoz-Marrón et al., 2018). Pero también, y en sentido contrario, está la constatación empírica de que se pueden establecer determinadas medidas encaminadas a reducir al mínimo posible los errores que los ocasionan. Esta es la razón de que se haya extremado la precaución para garantizar que todo lo que pudiera ser controlado sea controlado. En

este sentido, se ha llegado a tal extremo que la aviación es uno de los ámbitos laborales en que los protocolos de actuación están más estandarizados, habiendo servido de modelo para otros campos, como la medicina o la gestión de crisis. En el caso del sector de la medicina, cada vez se trabaja más en la idea de que se pueden salvar vidas y mejorar la atención al paciente adaptando los avances y conocimientos de la industria aérea sobre seguridad y trabajo en equipo (Gordon, Mendenhall y O'Connor, 2013).

Debido a su importancia, la seguridad aérea sigue siendo un importante y necesario campo de estudio, dado que los accidentes no dejan de producirse, aunque su frecuencia sea, afortunadamente, cada vez menor. A pesar de los muchos adelantos conseguidos, el hecho es que el riesgo de accidentes sigue preocupando enormemente a los investigadores. Y no es para menos, pues, dejando de lado el importante coste económico y las enormes repercusiones mediáticas, los accidentes en aviación siempre dejan la triste estela de pérdida de vidas humanas y el descenso en la confianza en un sistema de transporte que es vital para el mundo tal y como ahora lo entendemos. Además, al contrario de lo que ocurre en otras disciplinas, en aviación es complicado encontrar sucesos en los que la causa del desastre sea única (Muñoz-Marrón et al., 2018). Es por ello que cada vez hay más conciencia de que la seguridad es un fenómeno global y que los accidentes representan una concatenación de múltiples factores que no pueden ser abordados de forma aislada ni mediante la formación de las tripulaciones ni mediante los avances tecnológicos (Sherman, Helmreich, y Merritt, 1997; Wiener, 1993), sino como un conjunto de medidas y acciones que consigan reducir las posibles causas de los mismos tanto como sea posible.

Los accidentes aéreos son producto de una enorme y variada cantidad de condiciones, eventos y variables que se producen en un momento concreto y que conducen a las aeronaves a desastres catastróficos. Tres son los grandes grupos en los que podemos englobar las causas que los producen:

1. Fallos mecánico-técnicos.
2. Fallos o errores humanos.
3. Condiciones y circunstancias especiales que rodean la operación de la aeronave.

Con mucha frecuencia, los accidentes son fruto de un número de sucesos encadenados, que conforman la denominada *cadena del error*, compuesta por elementos

pertenecientes a cada uno de estos tres grupos, en los que nunca faltan unas condiciones adversas imprevisibles, un fallo de algún aspecto mecánico y una errónea actuación humana. Si la *cadena del error* no se rompe en ninguno de sus eslabones, entonces el accidente está asegurado. Pero, ¿cómo podemos evitar el desastre?; ¿qué hacer para conseguir romper esta cadena antes de que el accidente ocurra? (Bird Jr., 1974).

Si entramos a analizar el primero de los puntos (el de los fallos mecánico-técnicos), una gran cantidad de accidentes ocurren por errores en el diseño y construcción de las aeronaves. Por ejemplo, el suceso del vuelo 232 de United Airlines (julio de 1989), en el que un fallo de construcción del Douglas DC-10 provocó que se crearan grietas y se desprendiera parte de uno de los motores dañando todo el sistema hidráulico, lo que condujo, a pesar de la pericia de los pilotos, a un desastre que contabilizó 111 víctimas. Otro ejemplo de este tipo de fallos es el del vuelo 111 de la compañía aérea Swissair (septiembre de 1998), en el que un avión McDowell-Douglas MD-11 se estrelló en la costa de Nueva Escocia (Canadá) causando la muerte de las 229 personas que llevaba a bordo, debido al cortocircuito de un cable que alimentaba los sistemas de entretenimiento de los pasajeros de primera clase y que provocó que el aislante termoacústico (que se pensaba tenía una altísima calidad por sus cualidades ignífugas) resultara realmente peligroso, ya que provocó la rápida propagación del fuego (posteriormente sería retirado de todas las aeronaves del mundo) (Ranter, 2015).

Otros accidentes son provocados por problemas de corrosión, desgaste y fatiga de ciertos componentes de la aeronave, como el sufrido por el C-130 *Hercules*, un avión realmente versátil fabricado por la Lockheed y, en este caso, adaptado para la lucha contra incendios forestales, que el 17 de junio de 2002, en una zona cercana a Walker (California), se destrozó en vuelo cuando se encontraba actuando en un incendio forestal. En el instante en el que el avión realizaba la descarga de agua y espuma química retardante sobre las llamas del incendio, sus estructuras alares se partieron, separándose del fuselaje al desplazarse las dos puntas de los planos hacia arriba, movimiento terriblemente espectacular provocado por la liberación del peso de la carga y la fatiga de metal (Ranter, 2015). El patrón de ruptura de ambos planos era consistente con una serie de minúsculas fracturas que durante años se fueron parcheando para que el aparato siguiera volando, y que en ese momento ya no soportaron la acción de las diferentes fuerzas en que se ve envuelto cualquier avión al modificar en pocos segundos

radicalmente su peso, en este caso fruto de la operación de extinción que conlleva la liberación de varias toneladas de carga de agua en un breve espacio de tiempo. También podemos citar el accidente del vuelo 611 del Boeing 747 de China Airlines (25 de mayo de 2002), que cubría la conocida y rentable ruta Taiwan-Hong Kong y que veinte minutos después de despegar cayó en picado, estrellándose y muriendo sus 225 ocupantes, fruto de lo que se conoce como fatiga del metal, provocada en esta ocasión por las constantes variaciones de la presurización a la que se había visto sometido el avión a lo largo de su vida útil (si bien otra de las causas asociadas a este accidente fue un error en las acciones de mantenimiento de la compañía, al haber quedado como definitiva una reparación temporal realizada años atrás que hacía más débil la estructura del aparato) (Ranter, 2015).

Esto nos conduce a otro de los grandes grupos de errores técnicos, que son aquellos relacionados directamente con las acciones de mantenimiento de los aviones. Como ejemplo de este grupo podemos citar el suceso en que se vio envuelto el vuelo 191, un Douglas DC-10 de American Airlines, ocurrido el 25 de mayo de 1979, que cubría la ruta Chicago-Los Ángeles, en el que su motor izquierdo se desprendió del resto del avión durante la carrera de despegue, dañando con su caída diferentes sistemas de la estructura de uno de los planos y haciendo que se estrellara 31 segundos después. Los investigadores concluyeron que el accidente fue provocado por una serie de daños producidos durante las operaciones de mantenimiento del motor, generados fundamentalmente por un procedimiento no oficial que ahorraba tiempo y dinero a la compañía aérea. Fallecieron 271 personas en lo que fue, hasta ese momento, el accidente aéreo más grave de los EE.UU. (Ranter, 2015). También podemos mencionar el accidente ocurrido al vuelo 123 de Japan Airlines (el 12 de agosto de 1985), cuyo estabilizador vertical de cola del Boeing 747 se desprendió del fuselaje, fruto de una despresurización explosiva, lo que dejó la aeronave con los sistemas hidráulicos muy dañados y prácticamente ingobernable y que le llevó a estrellarse media hora más tarde, con un saldo de 520 personas fallecidas y sólo 4 supervivientes. En la investigación posterior se concluyó que el accidente fue causado por una reparación defectuosa realizada años atrás (junio de 1978) a la sección de cola del avión que había resultado dañada tras un violento aterrizaje (Ranter, 2015).

A estos casos podemos añadir los accidentes causados por fallos en los diferentes sistemas que poseen los aviones (eléctricos, hidráulicos, de navegación, etc). Si bien algunos (como el último suceso citado) presentan fallos en los sistemas a consecuencia de otros acontecimientos que ocurren a la aeronave anteriormente en la secuencia temporal del accidente, son muchas las ocasiones en las que los errores en los sistemas son la causa primaria del siniestro, ya que los equipos fallan sin una causa aparente, fruto del uso continuado de las aeronaves y el desgaste de las piezas que componen los sistemas de operación de los aviones. Uno de estos sucesos fue el ocurrido el 31 de octubre de 2007 al vuelo doméstico 980 de Air Panamá, en el aeropuerto Marcos A. Gelabert de la capital panameña, operado por un avión Fokker F-27-200 *Friendship*, en el que viajaban 9 pasajeros y 4 tripulantes. En la carrera de despegue el avión prácticamente no consiguió levantar el morro y, tras elevarse levemente, comenzó a perder altitud, estrellándose 60 metros después del final de la pista. La investigación posterior concluyó que los motores Rolls Royce, con el paso de los años, y a pesar de haber estado bien mantenidos, no habían sido capaces de proporcionar la potencia ni el empuje necesario para que el avión iniciase el ascenso, por lo que se estrelló casi sin poder despegar. En este caso milagrosamente todo el personal a bordo del Fokker salió ileso (Ranter, 2015).

El segundo gran grupo de causas que provocan los accidentes aéreos, y que desarrollaremos con mayor extensión en capítulos posteriores, es el fallo o error humano. En aviación, entre el 60% y el 80% de los incidentes y accidentes son atribuibles a este factor (Freeman y Simmon, 1991). El comportamiento humano está sujeto a errores (Kohn, Corrigan y Donaldson, 2000), siendo muchos los factores que pueden explicarlos, desde los factores perceptuales y sensoriales, hasta los rasgos de personalidad, que pueden llevar a los pilotos a fenómenos de habituación o a actuaciones de asunción de riesgo excesivo; o desde los relacionados con los conocimientos y habilidades hasta los que tienen que ver con juicios y toma de decisiones, pasando por los que se refieren a la falta de coordinación o confianza entre los miembros de la tripulación, lo que puede impedir o dificultar una actuación eficaz en situaciones de emergencia.

Simplemente con fijarnos en algunos de los accidentes más significativos sufridos por las compañías aéreas a lo largo y ancho del planeta, podemos encontrar

infinidad de ellos provocados por errores humanos (*Federal Aviation Administration* [F.A.A.], 2016). Al estar hablando de aviones de transporte aéreo, la gran mayoría de ellos son aviones politripulados, esto es, gestionados por un equipo compuesto por diferentes profesionales que, realizando sus tareas de un modo coordinado, contribuyen al exitoso final de cada vuelo. En estos equipos de trabajo que gestionan las cabinas de vuelo de los aviones politripulados, los errores humanos son fundamentalmente atribuibles a procesos de coordinación deficientes entre los miembros de las tripulaciones aéreas, o entre estas con el control de tránsito aéreo. Los aviones tripulados por un único piloto (como aviones de caza, pequeños aviones privados o aeronaves con pequeña capacidad de carga) son más susceptibles de presentar errores o fallos en lo que se refiere a la ejecución del piloto que dirige el aparato. Sin embargo, muchos de estos errores son más difíciles de encontrar en aviones politripulados, en los que varios pilotos, mecánicos o ingenieros de vuelo conforman la tripulación, participan en la toma de decisiones ante cualquier situación anómala y pueden corregir o contrastar datos con el resto de los componentes del equipo, influyendo de una manera importante en la gestión del vuelo. Es por ello por lo que, a pesar de que los errores en la toma de decisiones y la ejecución ocurren en este tipo de aviones (que son los habitualmente utilizados por la aviación comercial), la mayoría de los fallos hay que atribuirlos a una errónea actuación de la tripulación al completo y no a un individuo de forma aislada, ya que todos ellos componen un equipo de trabajo que debe llevar la misión a buen puerto.

El error humano está detrás de la gran mayor parte de los accidentes aéreos y, en contra a lo que ha ocurrido con los accidentes atribuibles exclusivamente a fallos mecánicos cuya proporción ha descendido rápidamente en las últimas décadas, aquellos cuya causa puede atribuirse al fallo humano han tenido un descenso mucho menos pronunciado (Wiegmann y Shappell, 2001), constituyendo hoy en día una de las principales causas de los accidentes de aviación. El 60% de los accidentes con causa conocida ocurridos en aviación comercial se atribuyen históricamente a las tripulaciones de vuelo (Rojas y Beauregard, 2007). Sirvan de ejemplo los importantes sucesos, seleccionados de entre una tristemente interminable lista, descritos a continuación:

1. Aeropuerto de Tenerife Norte-Los Rodeos (Islas Canarias). El 27 de marzo de 1977, dos Boeing 747 *Jumbo* (uno operado por la KLM Royal Dutch Airlines y otro por la Pan American World Airways) colisionan por un error de

comunicación entre la tripulación del vuelo 4805 de KLM y la torre de control del aeropuerto, que provoca que el avión de la compañía holandesa inicie la carrera de despegue sin haber sido autorizado y arrolle al vuelo 1736 de la Pan Am, que aún se encontraba en la pista. Está considerado el peor accidente de toda la historia de la aviación por el número de fallecidos: 583 (Helmreich, 2006; Ranter, 2015).

2. Vuelo 007 de Korean Airlines, entre las ciudades de Anchorage, en Alaska (EE.UU.) y Seúl (Corea del Sur). El 31 de agosto de 1983, un Boeing 747, con 269 personas y su tripulación a bordo, se desvía de su ruta hacia el norte poco después de efectuar el despegue, invadiendo el espacio aéreo ruso, por lo que, al aproximarse a la isla Sakhalin, es interceptado y derribado por aviones de caza rusos Sukhoi Su-15. En las inmediaciones del lugar del suceso se encontraba volando un avión de reconocimiento aéreo norteamericano Boeing RC-135, por lo que se cree que el 747 de Korean Airlines fue confundido con dicho avión y, por lo tanto, derribado antes de sobrevolar la isla Sakhalin, en donde se encontraba una importante base aérea de la, por entonces, Unión Soviética⁴.
3. El 20 de agosto de 2008, en el aeropuerto internacional de Madrid-Barajas (España), se encuentra listo para el despegue un avión McDonnell-Douglas MD-82, de la aerolínea Spanair, que debía realizar el vuelo 5022 hasta el aeropuerto internacional de Gran Canaria. Un error en la configuración del sistema de flaps para el despegue (a lo que se añadió la desconexión del sistema de aviso de mala configuración de los mismos por otro pequeño fallo) hizo que el MD-82 se precipitase contra el suelo de forma inmediata posterior al despegue, arrastrándose y provocando una tragedia de más de 150 muertos (Ranter, 2015).
4. Vuelo 447 de Air France (realizado por una aeronave Airbus 330), que cubre la ruta de Río de Janeiro a París el 1 de junio de 2009: 228 muertos (Ranter, 2015). El 6 de diciembre de 2011, Popular Mechanics publicó un análisis del accidente, incluyendo la traducción de la conversación en cabina acompañada de un comentario paso por paso. La ejecución por parte de la tripulación de los procedimientos de C.R.M. había sido errónea. La tripulación había fallado, esencialmente, a la hora de cooperar. No estaba claro para ninguno de los

⁴ A pesar de no ser considerado un accidente como tal, este suceso se ha incluido en la presente relación, debido a que su fatal desenlace fue provocado, entre otros factores, por el error humano.

tripulantes, quién era responsable de cada tarea y quién estaba haciendo cada una de las acciones necesarias (Wise, 2011).

Por último, si nos centramos en el tercer gran grupo potencial causante de los accidentes, aquellas condiciones y circunstancias especiales que rodean la operación de la aeronave, nos encontramos con numerosos desastres aéreos provocados por la ocurrencia de circunstancias imprevisibles que sobrevienen a los aviones en vuelo, la mayoría de las cuales son fenómenos meteorológicos, con los que los pilotos deben enfrentarse frecuentemente, pero que en muchos casos superan en potencia a la de las grandes máquinas de la ingeniería aeronáutica, conduciéndolas a un final incierto si la tripulación no analiza correctamente la situación a la que se está enfrentando. Dentro de este tercer gran grupo, podemos señalar casos como el del vuelo 191 de Delta Airlines (2 de Agosto de 1985), en el que el avión trimotor a reacción Lockheed L-1011 *TriStar*, con 152 pasajeros y 11 tripulantes, que cubría un vuelo desde el aeropuerto internacional Fort Lauderdale (Florida) hasta el aeropuerto internacional de Los Ángeles (California), con escala en Dallas, se enfrentó con diferentes tormentas, en una de las cuales se encontró con un fenómeno meteorológico conocido como *microburst*⁵, y que provocó en el avión un aumento de la velocidad de descenso que la tripulación no logró controlar, por lo que se estrelló en los terrenos del aeródromo de Irving, contiguo al aeropuerto de Dallas-Fort Worth (Ranter, 2015), con un balance de 135 personas fallecidas (una de ellas un automovilista que se vio sorprendido por el impacto del avión) (National Transportation Safety Board [N.T.S.B.], 1986).

Otro accidente de este tipo fue el sufrido por el avión Douglas DC-9, del vuelo 242 de Southern Airways (4 de abril de 1977) que, cubriendo la ruta entre Huntsville (Alabama) y Atlanta (Georgia), se vio obligado a realizar un aterrizaje de emergencia en una autopista de New Hope (Georgia) después de que la gran ingestión de agua y granizo (causada por una severa tormenta eléctrica) dañara sus motores, perdiendo el empuje de los mismos y provocando la muerte de 63 personas de las 85 que viajaban a bordo, incluidos los pilotos (Ranter, 2015). También podemos citar el vuelo 009, de British Airways ocurrido el día 24 de junio de 1982 (262 víctimas mortales), en el que el Boeing 747 de la compañía británica perdió la potencia de sus motores después de

⁵ Corriente de aire que desciende de manera brusca de las nubes en forma de chorro y que, al chocar con el suelo, hace que se formen una especie de vórtices que alcanzan grandes velocidades.

atravesar una nube de ceniza volcánica al sobrevolar Indonesia en dirección a Perth (Australia) (Ranter, 2015). O el vuelo 751, de Scandinavian Airlines (27 de diciembre de 1991), que se estrelló cerca del Aeropuerto de Estocolmo-Arlanda con 129 pasajeros a bordo de un McDonnell-Douglas (MD-81), debido a la ingestión de nieve en los motores y en el que 92 personas resultaron heridas. O el vuelo 421, de Garuda Indonesia (16 de enero de 2002), en el que un Boeing 737 perdió la potencia en sus motores al adentrarse en una tormenta de granizo (Ranter, 2015).

Como podemos ver, los accidentes no han dejado de ocurrir a lo largo de la breve pero intensa historia del transporte aéreo, y casi siempre por causas muy diversas y como consecuencia del concurso de errores de todo tipo que se suceden para crear la conocida como cadena del error. Pero también el interés por comprender las variables psicológicas involucradas en el vuelo, y consecuentemente en los accidentes aéreos, ha ido aumentando a nivel mundial (Castaño y Hoermann, 2004) con el paso de los años y la evolución de la industria. Si bien es cierto que las medidas en pro de la seguridad aérea son cada vez mayores, estos tristes sucesos siguen presentándose, y es precisamente por ello por lo que es preciso intensificar la investigación encaminada a conseguir que la seguridad aérea sea máxima y que la ocurrencia de accidentes quede limitada a situaciones de auténtica excepcionalidad.

2. LA SEGURIDAD DE VUELO: ¿POR QUÉ INTERESA LA SEGURIDAD AÉREA?

2.1. Siniestralidad aérea

La ambición creadora del hombre no tiene límites y en el caso de la aviación esto ha sido un hecho durante todo su desarrollo. Entre los objetivos que el sector aeronáutico ha perseguido, la seguridad aérea ha sido siempre uno de los prioritarios. Basta con consultar la documentación que las organizaciones nacionales e internacionales en la materia elaboran cada año para darnos cuenta de la importancia que ha tenido y sigue teniendo el estudio de la seguridad en aviación. La Organización de Aviación Civil Internacional (O.A.C.I.) afirma en una de sus publicaciones anuales que “la seguridad del sistema de transporte aéreo mundial es el objetivo estratégico rector y fundamental de la Organización” (O.A.C.I., 2013, p. 1). La seguridad de vuelo constituye un objetivo prioritario cuando hablamos de compañías aéreas, si bien, no debemos olvidar que la aviación militar comparte, cada vez más, dichos objetivos, fundamentalmente en tiempo de paz, pero incluso en el transcurso de muchas de las misiones llevadas a cabo durante el desarrollo de conflictos armados. España no es una excepción al respecto. El primero de los tres ejes de actuación establecidos por el Ejército del Aire (E.A.) con el fin de potenciar la seguridad de vuelo, sitúa al mismo nivel la seguridad de vuelo y el cumplimiento de la misión (E.A., 2015).

Esta continua preocupación por la seguridad de vuelo se transforma en el hecho de que cada vez es más seguro viajar en avión. Si analizamos datos históricos (Figura 1), los peores años, en cuanto a número de accidentes se refiere, fueron los de finales de la II Guerra Mundial (1943 a 1945), con la clara explicación que nos proporciona la contienda bélica. Sin embargo, si atendemos a datos fuera de la contienda y ponemos nuestra atención en el número de fallecidos, las décadas de los años sesenta y setenta resultan ser las más graves en la historia de la aviación (Ranter, 2015).

Realizando un breve análisis de cifras más cercanas en el tiempo, estas no dejan lugar a dudas. En el momento en que se están escribiendo estas líneas, más de 13000 aviones sobrevuelan el planeta y el número de pasajeros que se desplazan por el aire diariamente supera los nueve millones (Asociación de Compañías Españolas de

Transporte Aéreo [A.C.E.T.A.], 2015).

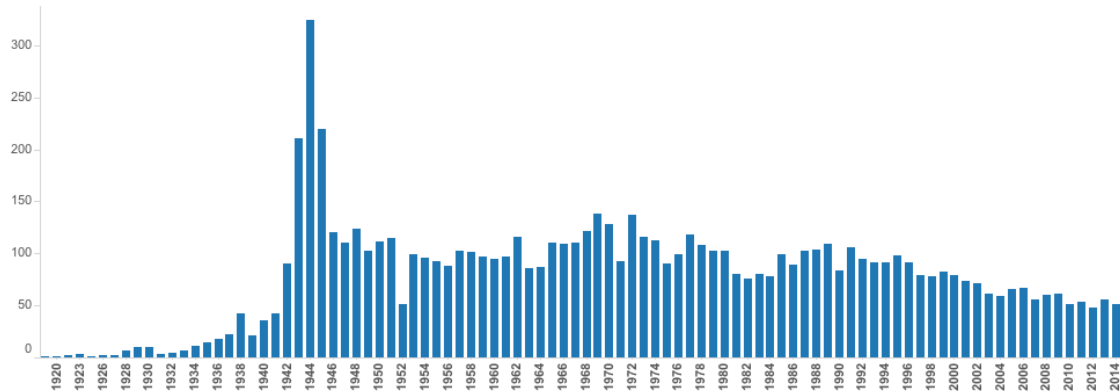


Figura 1. Número de accidentes aéreos mortales.

Fuente: Ranter (2015).

O.A.C.I. afirma que sólo los operadores comerciales realizaron en el año 2012 treinta y un millones de salidas (exactamente 31.177.541) frente a las poco más 30 millones registradas en 2010 (O.A.C.I., 2013) (Figura 2), alcanzando la cifra de 33 millones de vuelos en 2015 (O.A.C.I., 2015a), lo que supone un crecimiento continuo, significativo e imparable del sector aeronáutico (ver Capítulo 1).

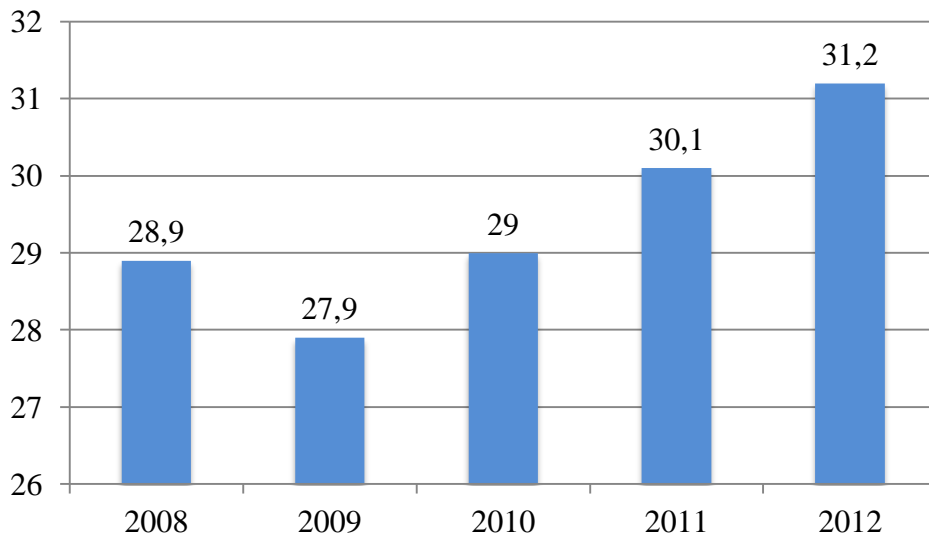


Figura 2. Tráfico aéreo mundial (en millones de salidas).

Fuente: Adaptado de O.A.C.I. (2013).

Y mientras la industria sigue creciendo, el número de accidentes sigue disminuyendo. La seguridad aérea ha aumentado de tal modo que actualmente un pasajero que volase diariamente tendría la posibilidad de sufrir un accidente cada 3000

años. Si ponemos el punto de mira en los datos de la década que vivimos (Figura 3), durante el año 2013 la cantidad de accidentes disminuyó sustancialmente, pasando de los 118 acaecidos en 2011, a los 99 accidentes en 2012, y alcanzando la cifra de sólo 90 accidentes en 2013 (O.A.C.I., 2015b), lo que supone una Tasa Global de Accidentes⁶ para este último año del 2.8 (Figura 4). En cuanto a las víctimas mortales producidas en accidentes aéreos, su evolución sigue un proceso paralelo, pasando desde las 626 del año 2010 a las 173 del año 2013 (Figura 4), si bien esta progresión se detiene en 2014. Pero, para hacernos una idea de la situación real, es importante analizar los datos del número de accidentes y víctimas mortales en combinación con el del número de vuelos realizados. Sólo en 2012, el sistema de transporte aéreo trasladó aproximadamente 2900 millones de pasajeros (O.A.C.I., 2013), mientras en el año 2014, según datos de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (*International Air Transport Association* [I.A.T.A.])⁷, se produjeron 38 millones de vuelos comerciales, que llevaron a bordo a más de 3200 millones de personas, lo que supone un aumento aproximado del 5% con respecto a 2013 (I.A.T.A., 2015a), y de más del 10% respecto a 2012.

Sin embargo, y a pesar de que “algunas estadísticas se refieren al año 2014 como el más seguro” (Barba, 2015, p. 8), y la O.A.C.I. lo catalogó como el año en la historia reciente con un número menor de accidentes mortales, ese año registró un ligero aumento de los accidentes respecto al año anterior, y lo que fue aún más significativo, la cifra de víctimas se quintuplicó⁸ (Figura 3) debido a la ocurrencia de varios accidentes con gran número de fallecidos⁹ (O.A.C.I., 2015b), lo que nos hace tomar todas estas cifras con la prudencia necesaria, al tiempo que el análisis de las mismas plantea nuevos retos en la búsqueda del descenso de la siniestralidad aérea.

⁶ La Tasa Global de Accidentes es el indicador de seguridad fundamental para O.A.C.I. Está definido en el Anexo 13 de O.A.C.I., e incluye aquellos accidentes en operaciones comerciales regulares de aeronaves con peso máximo al despegue (*Maximum Take-Off Weight* [M.T.O.W.]) superior a 5700 kg.

⁷ Al realizar consultas sobre el número de accidentes y de víctimas mortales, existen ciertas discrepancias dependiendo de la fuente consultada. Actualmente, y al objeto de resolver este problema, O.A.C.I. e I.A.T.A. están trabajando en conjunto para publicar un Índice Anual de Accidentes (*Harmonized Accident Rate*) a partir del programa de Intercambio Global de Información sobre Seguridad Operacional (*Global Safety Information Exchange* [G.S.I.E.]) con métricas acordadas entre ambas organizaciones.

⁸ A este aumento en el número de víctimas por accidente contribuye de manera importante la mayor capacidad de pasaje de las aeronaves que operan en la actualidad.

⁹ Trágicos accidentes como los del vuelo Malaysia Airlines MH 370 o el vuelo Malaysia Airlines MH 17 (Ranter, 2015).

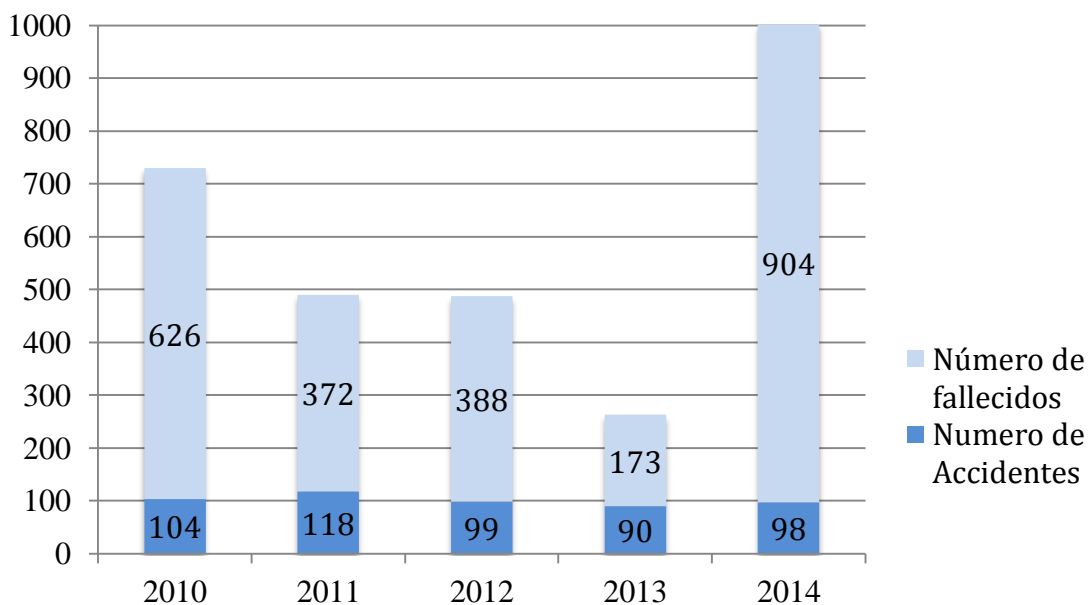


Figura 3. Registro de accidentes en vuelos comerciales programados (2010-2014).

Fuente: Elaboración propia a partir de O.A.C.I. (2015b).

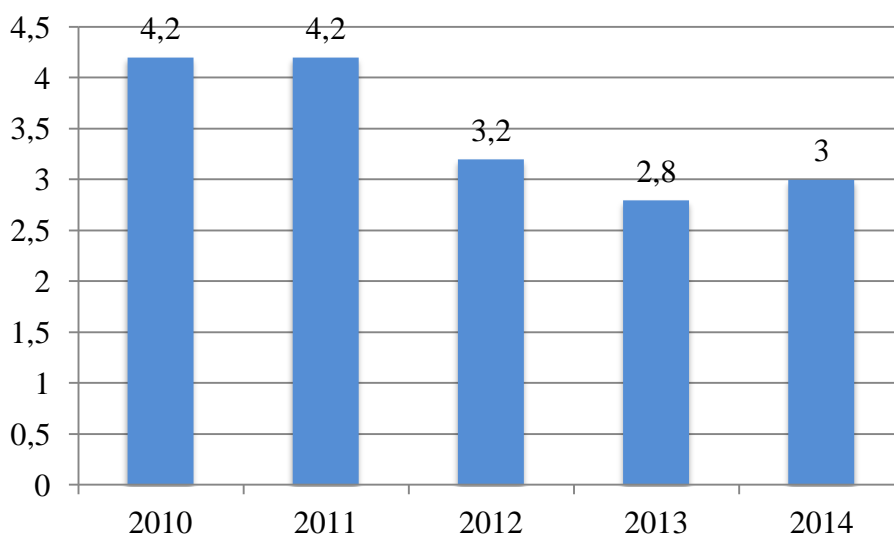


Figura 4. Tasa global de accidentes (por millón de salidas).

Fuente: Adaptado de O.A.C.I. (2015b).

De este modo, y evitando centrarnos en hechos concretos no generalizables, podemos afirmar que el número de vuelos y viajeros aumenta y los accidentes y número de víctimas mortales disminuye progresivamente o se estabiliza (como parece estar ocurriendo en la presente década), lo que nos conduce de un modo inexorable a un descenso en el índice de la siniestralidad, situando la seguridad del transporte aéreo en cotas cada vez más altas.

A pesar de estos datos optimistas, los accidentes se siguen produciendo y provocando víctimas, por lo que debemos continuar trabajando en busca de aquellos factores que los provocan para minimizarlos al máximo y lograr elevar con ello la seguridad de vuelo.

2.2. Factores de los que depende la seguridad de vuelo

¿Podemos conocer dónde comienza la seguridad de vuelo? A la hora de adentrarnos en el complejo campo de la seguridad aérea, lo primero que debemos tener en cuenta es la gran cantidad de variables que pueden llegar a influir en la materialización de un accidente. Por un lado, tenemos aquellos aspectos que se relacionan con la situación; por otro, aquellas variables que tienen que ver con las personas implicadas y sus relaciones; y a estos podríamos añadir los factores relacionados con los materiales y maquinaria utilizados (Sebastián, 2009). La ocurrencia de incidentes y accidentes es inherente a la aviación, por lo que debemos extraer conclusiones de lo ocurrido, analizando todos estos factores, para poder evitar la recurrencia de los accidentes, al tiempo que utilizamos dichos datos para mejorar los programas de prevención. Si conocemos o inferimos las causas de los accidentes, podremos adelantarnos y prevenir su ocurrencia futura.

El análisis pormenorizado de los accidentes aéreos ha sufrido grandes avances con el paso de los años. En los comienzos de la investigación, se utilizó la teoría de la causa única. Esta fue descartada con rapidez, ya que pronto se puso de manifiesto que raramente un accidente es debido a una sola causa, sino que más bien viene provocado por una secuencia de sucesos erróneos encadenados (Acuña, 2013; Bird, 1974; Edwards, 1972; Hawkins, 1987; Heinrich, 1931; Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea [EUROCONTROL], 2006; Reason, 1990; Reason, 1997; Shappell y Wiegmann, 2000; Sherman, Helmreich y Merritt, 1997; Wiener, 1993). A comienzos de los años treinta Herbert W. Heinrich (1931) postuló lo que se conoció como Teoría del Dominó (*Domino Theory*), que sufriría diferentes modificaciones posteriores con el paso del tiempo. El Modelo de Heinrich describe la secuencia de un accidente como una serie de cinco eventos (representados por piezas de dominó) que ocurren en un orden lógico. De acuerdo con el modelo, cada pieza de

dominó representa uno de los cinco factores que deben ocurrir dentro de una secuencia para que se produzca un accidente. Estos factores representarían: (1) historia, cultura organizacional o ambiente social; (2) características personales (actitudes, personalidad, conocimientos y capacidades del trabajador); (3) actuaciones y condiciones inseguras (descuidos o incorrecta utilización de materiales y equipos); (4) accidente; y (5) lesiones (Heinrich, 1931). Realizando un análisis de forma rápida tenemos que de ellos, los tres primeros son piezas vulnerables atribuibles al error humano. Según Heinrich, si retiramos una de las fichas del dominó, esto es, si eliminamos uno de los factores de la secuencia, evitaríamos que se produzca el accidente y las lesiones consecuentes. Este y no otro sería el objetivo de la seguridad de vuelo.

Posteriormente Frank E. Bird Jr. (1974) se basaría en el modelo de Heinrich para postular su Modelo de Causalidad (Figura 5). El modelo de Bird y su *Loss Control Theory* redefine los cinco factores de la secuencia para seguir afirmando que los accidentes no son consecuencia de la ocurrencia de un solo error, sino que son producidos por una serie de errores que se enlazan como los eslabones de una cadena. En la misma línea iniciada por Heinrich su teoría defiende la idea de que un accidente ocurre cuando una serie de errores se alinean de un modo concreto. Entendiéndolo de este modo, cada error de la cadena tiene que producirse para que un accidente ocurra, de la misma manera que si eliminamos una pieza de la secuencia conseguiremos que el accidente no se presente.

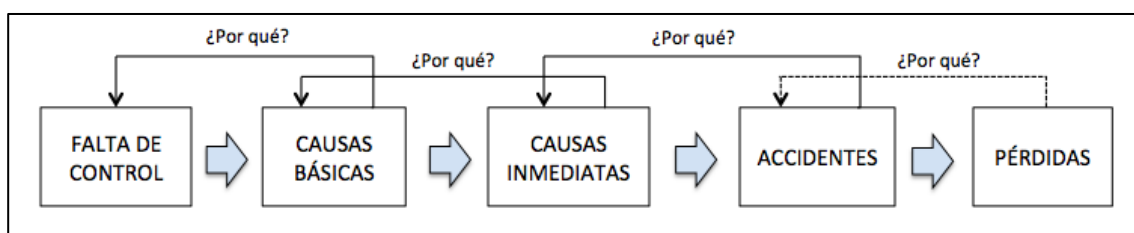


Figura 5. Modelo de Causalidad de F.E. Bird Jr.

Fuente: Adaptado de Bird Jr. (1974).

Como es imposible eliminar todos los factores potenciales de riesgo, intentaremos anular aquellos que tienen una mayor probabilidad de suceder, o bien aquellos cuya ocurrencia produciría unas consecuencias más graves. Bird sugiere que la causa subyacente de los accidentes es la falta de control en dicha gestión, así como una deficiente toma de decisiones durante la misma. Los cinco factores quedarían

redefinidos en la teoría de Bird como: (1) falta de control; (2) causas básicas: factores personales y factores relacionados con el trabajo; (3) causas inmediatas; (4) accidente; y (5) pérdidas y daños.

Coetáneo en el tiempo con Bird Jr., encontramos a Edwin Edwards, quien diseñaría un modelo, al que denominó S.H.E.L. (Edwards, 1972). El modelo S.H.E.L. aplicado a la aviación, consiste en crear barreras capaces de detener los errores provocados por los diferentes profesionales que trabajan en la operación de una aeronave (tripulación de vuelo, controladores aéreos, mecánicos, etc.). El modelo intenta definir de un modo preciso las variables intervinientes, estudiar los problemas, buscar soluciones y proponer medidas preventivas. Está integrado por tres variables fundamentales:

- (1) S (*software*): referido a manuales, soporte lógico, información, procedimientos operacionales, reglamentos, documentación, legislación, convenios internacionales, etc.
- (2) H (*hardware*): integraría aquellos aspectos relacionados con la infraestructura aeronáutica (aviones, hangares, talleres, equipos tecnológicos, disposición de la cabina, máquinas, sistemas informáticos y de comunicaciones).
- (3) L (*liveware*): en referencia al factor humano, el hombre, el operador, la tripulación, los mecánicos, despachantes, controladores, gerentes y demás personas intervinientes. Considera la conducta humana, las relaciones humanas y los factores fisiológicos, entre otros.

Para que el modelo funcione adecuadamente, estas tres variables debían encontrarse en equilibrio con otra cuarta a la que se denominó:

- (4) E (*environment*): ambiente dentro (temperatura, ruido, vibraciones, etc.) y fuera de la cabina (entorno, cultura organizacional, meteorología...).

Posteriormente, sería Hawkins el que modificaría el modelo añadiendo una segunda "L", referida a que cada hombre tiene una condición especial (Hawkins, 1987). De este modo, el modelo final queda definido como S.H.E.L.L. (O.A.C.I., 1989a).

De todas las variables del modelo S.H.E.L.L., la que empezó a considerarse como más digna de atención fue la que hacía referencia al componente humano (L), esto es, a las personas, por ser la que ofrecía mayores posibilidades de mejora. Ya Heinrich había afirmado mucho antes que el 88% de los accidentes eran causados por actuaciones inseguras de las personas (Heinrich, 1931).

En 1990, James Reason, por aquel entonces profesor del Departamento de Psicología de la Universidad de Manchester, propuso un modelo conocido como “Modelo del Queso Suizo” (*Swiss Cheese Model* [S.C.M.]) (Reason, 1990), que ha sido ampliamente utilizado en diferentes campos científicos, y muy concretamente en aviación, para explicar cómo se producen los accidentes aéreos. En el modelo de Reason, se presenta la metáfora de los recursos que posee una organización, representados como lonchas de queso suizo, frente al acontecimiento de un suceso negativo. Los agujeros en las lonchas del queso suponen debilidades en partes concretas del sistema que, al igual que ocurre en el queso, varían en tamaño y posición dependiendo de la loncha. El error del sistema se produce cuando los agujeros de las diferentes lonchas se alinean dando oportunidad a que se produzca el suceso adverso (Figura 6).

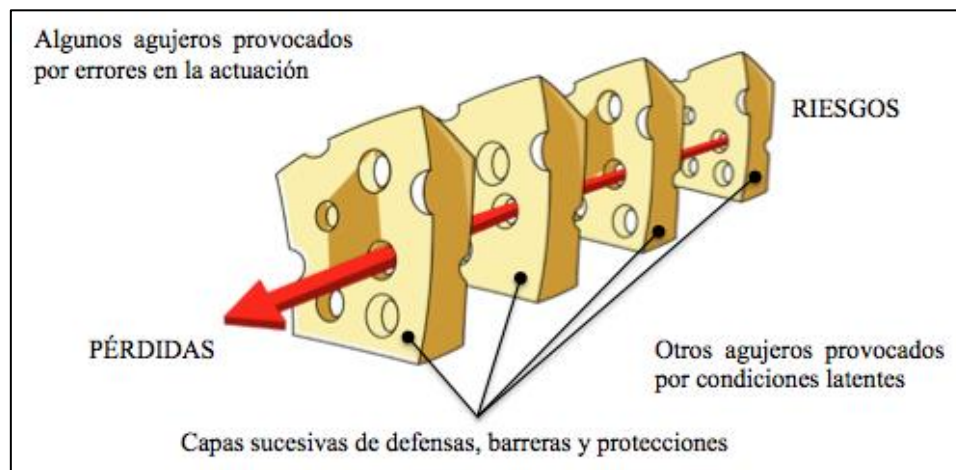


Figura 6. Modelo del Queso Suizo (“*Swiss Cheese Model*”) (versión de 1997 del propio James Reason).

Fuente: Adaptado de EUROCONTROL (2006).

Como apunta Acuña (2013, p. 54): “el modelo REASON muestra el modo en que los seres humanos contribuyen a la falla de estos sistemas complejos interactivos y

bien organizados, generando en muchos casos incidentes y accidentes inexplicables”. Como ocurre en cualquier modelo de cierto calado, el S.C.M. tuvo posteriores versiones (incluida una del propio Reason en 1997) y adaptaciones, como por ejemplo la de Shappell y Wiegmann (2000). Incluso la O.A.C.I. adoptó a comienzos de la década de los noventa el modelo como marco conceptual (EUROCONTROL, 2006). A pesar de que con el paso del tiempo incluso su autor ha reconocido las limitaciones del *Swiss Cheese Model*, su influencia en lo que se refiere a accidentabilidad aérea sigue vigente actualmente.

En nuestros días se sigue considerando que son muchos los eslabones de la cadena de la seguridad de vuelo susceptibles de romperse y provocar un accidente, y por lo tanto muchos son también los eslabones sobre los que trabajar para prevenirlo. El largo proceso de la seguridad de vuelo comienza ya desde el diseño de una aeronave por parte del fabricante, pasando por la denominada cultura organizacional de las diferentes y cada vez más numerosas compañías aéreas operadoras, que a su vez se ven influidas por la cultura propia de la nación en que están basadas (Helmreich, 1999; Helmreich y Merritt, 1998; Helmreich, Merritt y Wilhelm, 1999). Posteriormente, hay que tener en cuenta el diseño y ubicación de los miles de aeropuertos repartidos por todos los países del mundo, así como la organización internacional y nacional para la gestión del tráfico aéreo, sin olvidarnos de los sistemas de ayuda a la navegación en tierra y en las propias aeronaves, la formación, capacitación y experiencia del personal aeronáutico, y muchos otros factores. Actualmente, tanto las empresas fabricantes de aeronaves, como los sistemas de aeronavegabilidad deben cumplir con unos estándares de certificación. También las compañías aéreas tienen que ser certificadas, y para que un avión vuele, es necesario que sea aprobado un programa de inspección y mantenimiento periódico (que garantiza la revisión y comprobación de cada una de las piezas de cada aeronave por parte de técnicos especializados) regulado por las autoridades en la materia (autoridades nacionales que basan su reglamentación en la normativa internacional). Los centros de formación y escuelas aeronáuticas especializadas, así como los técnicos de mantenimiento, pilotos y tripulación de cabina también se certifican periódicamente (Reglamento UE 290/2012).

Teniendo en cuenta este larguísimo y costoso proceso, queda patente que los eslabones susceptibles de fallar y provocar los accidentes en aviación son numerosos.

Las estadísticas sobre accidentes aéreos hasta principios de los años setenta del pasado siglo indicaban que la mayor parte de estos accidentes aéreos eran consecuencia de lo que conocemos como “error del piloto”, dando a esta expresión un sentido lo suficientemente vago como para no poder profundizar demasiado en el análisis de tales errores, lo que no ayudaba demasiado en la identificación de las causas y, consecuentemente, en el estudio preventivo de los accidentes. Poco tiempo después, parecía aconsejable enfocar el problema como un fenómeno global (Sherman et al., 1997; Wiener, 1993), aceptando que reducir a cero su incidencia rebasaba los límites de la naturaleza humana, pero asumiendo el reto de que era factible, aparte de aconsejable, preguntarse por la posibilidad de disminuir el número de accidentes. Hawkins (1987) afirmaba hace unas décadas que la mayoría de los accidentes aéreos estaban relacionados con fallos humanos, mientras los fallos mecánicos en los aviones estaban disminuyendo enormemente gracias a los enormes avances tecnológicos. Si bien su afirmación era cierta y sigue vigente actualmente, no lo es menos la de que rara vez estos accidentes se producen exclusivamente a partir de errores del personal o fallos en el material; más bien, los accidentes son consecuencia de la interacción de una serie de elementos (errores o defectos) presentes en el sistema (Acuña, 2013). La compleja causalidad y la evidencia de que los accidentes aéreos representan una concatenación de múltiples factores, tanto desde el punto de vista tecnológico como humano, pone de manifiesto que su control no puede lograrse abordando cada uno de estos factores de forma aislada.

Lo que también es cierto, es que gracias a los estudios pormenorizados que instituciones y organizaciones han llevado a cabo en las últimas décadas (I.A.T.A., 2017; Ranter, 2015), podemos estudiar estos elementos, causantes de los accidentes aéreos, en grandes grupos sensiblemente diferentes, para después intervenir sobre aquellos que consideramos más críticos. De modo general, los factores causales de las pérdidas en aviación pueden clasificarse según Heino Caesar (1988) (responsable de operaciones de vuelo de las líneas aéreas alemanas Lufthansa en 1988) en tres grandes grupos que se corresponden con los descritos en el capítulo anterior¹⁰, y que son: factores humanos (76%), factores técnicos (11%) y factores medioambientales (13%). Dentro de ese 76% de causas relacionadas con los factores humanos podemos encontrar un 25% de fallos considerados como activos o conscientes (*Active Failures, Aware*), un

¹⁰ Ver apartado 1.2. *¿Por qué se producen los accidentes aéreos?*

20% de fallos pasivos o inconscientes (*Passive Failures, Unaware*), un 50% de fallos relacionados con el juicio o la capacitación de los diferentes profesionales (*Proficiency Failures/Judgment Errors*) y un 5% de fallos atribuidos a la incapacidad física o psicológica de la tripulación (*Crew Incapacitation*) (Sebastián, 2009).

Como hemos podido ver en este breve recorrido por las teorías sobre el error más utilizadas en el sector aeronáutico, son numerosas las que, desde las primeras décadas del siglo XX, pusieron su principal énfasis en el error o fallo humano. A pesar de que los accidentes aéreos son poco frecuentes, el factor humano es el responsable principal de los mismos, “la zona menos fuerte del sistema” (Alonso, 2011). Los factores humanos están implicados en un alto porcentaje de los accidentes de trabajo, que varía según los autores: 80-90 % (Hale y Glendon, 1987), 76% (Caesar, 1988), 80% (Amézcuca González, Lareo y Amézcuca Pacheco, 2001) o 60-70% cuando nos referimos a sistemas complejos (Wickens, 1992). Y a pesar de que la insistencia en el error humano es siempre sospechosa, ya que facilita la ocultación de los demás factores de riesgo que pesan sobre la seguridad (Perrow, 1984), su estudio, como se ha expuesto anteriormente, se ha definido como fundamental en el mundo de la actividad aeronáutica. Si bien es cierto que este es sólo uno de los eslabones de la cadena que nos conduce a un accidente, como tal es necesario analizarlo a fondo para intentar minimizar su aparición.

La preocupación por los factores humanos tuvo su punto álgido durante los años setenta, en los que una serie de accidentes muy significativos provocaron que el factor humano alcanzara aún cotas más elevadas en su significación como factor inherente en un alto porcentaje de accidentes, aspecto que ya no ha dejado de aumentar su significación desde entonces. Con el fin de reducir estos fallos humanos y aumentar la seguridad aérea, es mucho el trabajo que se ha realizado; y este ha ido fundamentalmente dirigido hacia la mejora en la preparación de las tripulaciones de vuelo, así como la de otros componentes del sistema encuadrados dentro de lo que conocemos como recursos humanos, esto es, controladores aéreos, mecánicos y personal auxiliar. Aún así, todavía queda mucho por hacer en este apasionante mundo de la aviación en el que la psicología aplicada ocupa un lugar significativo en nuestros días.

2.3. Avances en pro de la seguridad de vuelo

Hasta mediados del siglo pasado uno de los problemas fundamentales de la seguridad aérea fue que las medidas adoptadas estaban basadas en la premisa de evitar la repetición de las causas de los siniestros ya ocurridos. La actuación se producía siempre “a posteriori”. A pesar de lo lógico de esta actuación, ya que estamos hablando de lo que fueron los comienzos del desarrollo de la seguridad de vuelo, estas medidas carecían de la anticipación necesaria para evitar desastres futuros. Sin embargo, poco a poco se ha ido produciendo un importante avance de la seguridad aérea en el camino de la prevención, enfoque desde el cual se trabaja actualmente (E.A., 2017).

En esta dirección se ha movido la investigación aeronáutica más reciente, centrando sus esfuerzos en la anticipación a la ocurrencia de los accidentes, y poniendo énfasis en dos aspectos fundamentales: los avances tecnológicos y la minimización del error humano. A estos dos aspectos debemos añadir el importante trabajo que las organizaciones responsables en la materia realizan mediante la publicación y revisión continua de planes mundiales y recomendaciones que engloban medidas encaminadas a optimizar tanto recursos tecnológicos como humanos (I.A.T.A., 2015a; O.A.C.I., 2015b).

2.3.1. La tecnología: el avance tecnológico a examen

Desde la aparición de la aviación, de la mano de los hermanos Wright, en 1903 (Bravo, 2016), y de Alberto Santos Dumont, en 1906 (Marimón, 1973), la aviación no ha dejado de progresar en todos los campos posibles, tanto como la tecnología lo ha permitido. Ninguno de los campos importantes ha sido ajeno a este progreso: velocidad, autonomía, capacidad de carga, facilidad de maniobra, diseño, comodidad del pasaje, utilización de materiales más ligeros y resistentes, seguridad en las operaciones, etc. Los avances tecnológicos han sido constantes y las mejoras implementadas notables. Los fabricantes de aviones no han dejado de investigar para conseguir estas mejoras y los beneficios que las mismas han traído consigo, convirtiendo las aeronaves en aparatos cada vez más potentes y seguros, con una capacidad para el transporte de mercancías y pasajeros inimaginable hace unos años, mejorando con ello las comunicaciones entre los diferentes puntos del planeta, en un continuo afán por aumentar la rapidez y cantidad

de los desplazamientos. En este constante avance tecnológico, la seguridad de los aparatos ha constituido casi una obsesión y ha dado sus frutos. El resultado de este largo proceso puede verse en nuestros días, en los que la fabricación de aviones con unos sistemas de navegación cada vez más automatizados y fiables es una realidad, lo que reduce, al mismo tiempo, a la más mínima expresión el tiempo de manejo real por parte de la tripulación en la operación de la aeronave. Podemos citar como ejemplo, no demasiado conocido por el público que hace uso del transporte aéreo, que la participación del piloto en maniobras tan complejas como el despegue y el aterrizaje puede ser prácticamente nula, quedando estas operaciones (si la tripulación lo decide) a cargo casi exclusivamente de la “máquina”. Son numerosas las quejas de los comandantes de aeronave de las compañías aéreas referidas a su pérdida de entusiasmo, “aburridos por las muchas horas de vuelo en que los pilotos automáticos se ocupan de todo” (Hawkes, 1992, p. 184).

Al mismo tiempo, estos avances tecnológicos han conseguido ir reduciendo cada vez más los siniestros aéreos. Puede parecer que el número de accidentes de aviones aumenta en el mundo, pero la realidad de los datos, como se expuso en el apartado anterior¹¹, es bien diferente. Esta sensación de alta siniestralidad, que se traduce muchas veces en un miedo a volar por parte de muchos usuarios de la aviación¹², es provocada tanto por la gran repercusión mediática que tiene cualquier accidente en un medio de transporte de gran capacidad de pasaje (como son los aviones actuales), como por el impresionante desarrollo que los medios de comunicación (fundamentalmente internet) han tenido en los últimos años y que provocan que cualquier noticia viaje con suma facilidad a lo largo y ancho del planeta en cosa de minutos (fundamentalmente cuando esta es de gran envergadura). Por ello, los accidentes aéreos, y consecuentemente la investigación para intentar prevenirlos, sigue estando más vigente que nunca en nuestros días (Muñoz-Marrón, Gil y Lanero, 2018).

De forma paralela al avance tecnológico de los sistemas que incorporan los aviones, también se han producido otros progresos en la búsqueda del fortalecimiento

¹¹ Ver apartado 2.1. *Siniestralidad aérea*.

¹² Algunas compañías aéreas han creado incluso cursos específicos para que ciertos profesionales que necesitan realizar a menudo vuelos aéreos pierdan el miedo a volar. Sirva de ejemplo el caso de la compañía Iberia que, en colaboración con Wolters-Kluwer, desarrolla este tipo de cursos en sus instalaciones, utilizando técnicas de exposición virtual en vivo acompañadas de reestructuración cognitiva.

de la seguridad aérea. Así, se ha introducido una profesionalización en el diseño, la creación y el mantenimiento de las aeronaves, dirigida a la anticipación al accidente, esto es, al nivel preventivo, al tiempo que se han establecido protocolos, cada vez más rigurosos, que los fabricantes de aviación y las empresas encargadas del mantenimiento deben cumplir con el fin de controlar cualquier riesgo evitable. Por ejemplo, la utilización de nuevos materiales menos peligrosos o la revisión mediante métodos más seguros de ciertas estructuras de partes de los aviones, han sido medidas adoptadas fruto de terribles accidentes acaecidos por no tener conocimiento de algunas debilidades del sistema¹³. En este control están cada vez más inmersas las autoridades reguladoras (e.g. O.A.C.I., 2018), que poco a poco se han ido haciendo responsables de su cumplimiento.

Podemos afirmar entonces, sin temor a equivocarnos, que la aviación es uno de los campos profesionales en que los avances tecnológicos han sido más significativos. La maquinaria utilizada se ha desarrollado de un modo espectacular durante la corta pero intensa historia de la aviación, haciéndose cada vez más compleja y sofisticada. Fruto de los avances en la aerodinámica, el desarrollo de materiales y aleaciones más resistentes y ligeras, la aparición y desarrollo de los motores a reacción, el avance en los sistemas de navegación y gestión de vuelo, etc., se ha producido una transformación radical de las aeronaves. Lejos de aquellos sencillos aparatos con que se comenzó a conquistar el cielo a comienzos del siglo XX, los aviones que operan hoy las diferentes compañías del mundo son máquinas de última generación que incluyen la tecnología más puntera (Simons y Withington, 2007). Esto, por una parte, facilita las tareas de los profesionales que trabajan en aviación, mientras, por otra, requiere de un análisis e integración de los sistemas humanos que operan con sistemas tecnológicos complejos (Bernotat, 1991), acorde o paralelo al provocado por los avances técnicos.

¹³ Sirvan de ejemplo el accidente sufrido por el vuelo 111 de Swissair (un McDonell Douglas MD-11), el 2 de septiembre de 1998, en el que tras estrellarse la aeronave fallecieron 229 personas debido a un fallo en los sistemas de entretenimiento del pasaje que sobrecalentaron el circuito eléctrico provocando un incendio que se propagó con suma rapidez por la utilización de un revestimiento altamente inflamable (cuyo uso fue posteriormente prohibido), o el acaecido el 31 de enero del año 2000, cerca de la costa de California, al vuelo 261 de Alaska Airlines (un McDonell Douglas MD-83) que se estrelló, provocando la muerte de 88 personas, por un fallo en el estabilizador horizontal debido a una defectuosa ejecución en los trabajos de mantenimiento y un aumento de los plazos entre inspecciones para generar mayores beneficios económicos por parte de la compañía (Ranter, 2015).

2.3.2. Avances en el factor humano

Sin dejar de seguir ahondando en pos de una mejora tecnológica, desde mediados del siglo XX se tornó la mirada en otra dirección, el factor humano, en la búsqueda constante del objetivo de conseguir una mayor seguridad en el vuelo. Trabajando en esta dirección, actualmente es necesario que todas las personas implicadas en una operación de aviación estén capacitadas para minimizar el fallo, y si este llegara a producirse, poder solucionarlo de la mejor y más expedita forma posible (Amézcua González et al., 2001).

En este sentido, ha sido necesario un desarrollo en la formación y capacitación de los profesionales implicados en el mundo de la aviación, fundamentalmente de aquellos responsables de llevar a buen término las operaciones con los aviones, esto es, los pilotos. El gran número de accidentes y la enorme repercusión que estos tuvieron en la sociedad durante las décadas posteriores a la II Guerra Mundial, fundamentalmente durante los años sesenta y setenta, fue la razón de que se empezara a prestar una atención especial a los llamados recursos humanos en aviación.

Como ha sido expuesto en apartados anteriores, existe la triste evidencia de que el error humano es el componente con mayor peso en los accidentes aéreos (Alonso, 2011; Hawkins, 1987): “el error es propio e inherente a la conducta del ser humano” (Acuña, 2013 p. 25). Resulta evidente que el error humano se ve acrecentado cuando las condiciones circundantes a la operación se complican. Numerosos estudios, como el de Orasanu (1997), ponen de manifiesto que volando bajo condiciones de estrés se cometen más errores, la atención se reduce, se produce visión túnel, escucha selectiva, *scanning* visual caótico, reducción de la memoria a corto plazo, se prioriza la velocidad frente a la seguridad, etc. Es por esta razón por la que el objetivo (en aviación como en otros campos) es que la máquina realice la tarea, limitando la actuación humana al mínimo y, con ello, reduciendo el posible error humano, dejando de este modo en manos de la tripulación simplemente la supervisión de la ejecución y, lo que es más importante, la actuación en casos de necesidad, esto es, ante eventos inesperados que la máquina no sea capaz de resolver con éxito de forma autónoma.

Pero, antes de continuar, convendría delimitar el concepto de error humano. Desde una visión tradicional, se entiende por error o fallo humano al origen o

desencadenante de un accidente relacionado con el hecho de que la persona que esté al frente de la actividad haya cometido alguna distracción o imprudencia en el desempeño de las funciones que tiene asignadas sin mediar causa alguna de tipo técnico. Sin embargo, esta definición contiene dos errores fundamentales. Por una parte, se basa en una obsoleta diferenciación entre error técnico y error humano; y, por otra, concibe el error como resultado exclusivo de la persona que supone el último eslabón de la cadena (Sebastián, 2009). Como definición de error humano, podríamos quedarnos con la elaborada por Sanders y McCormick (1993), que lo explican en términos de una inapropiada y no deseada decisión o conducta humana que reduce o tiene el potencial de reducir la efectividad, la seguridad o el rendimiento del sistema. Si nos centramos en la definición proporcionada por la legislación responsable en materia de aviación, encontramos que el término *error* se define como “acción o inacción realizada por la tripulación de vuelo que lleva a desviaciones de las expectativas o intenciones de vuelo u organizativas” (Reglamento U.E., 1178/2011, p. 8), mientras que entendemos por *gestión de errores* “el proceso de detección y respuesta a los errores con contramedidas que reduzcan o eliminen las consecuencias de los errores y mitiguen la probabilidad de errores o estados no deseados de la aeronave” (Reglamento U.E., 1178/2011, p. 8).

La importancia que posee el error humano en relación con los accidentes aéreos no es otra que las enseñanzas que podemos extraer de su análisis para poder aplicarlas en la prevención de siniestros futuros. Si bien es cierto que el comportamiento humano está mediado por un gran número de variables organizacionales, situacionales o ambientales y personales, que a menudo hacen imposible encontrar las causas del error humano (Sebastián, 2002), no lo es menos el hecho de que el análisis de dicho error será lo que nos permita examinar el gran abanico de causas que pueden estar detrás de un accidente (Reason, 1990). Existen diferentes aproximaciones en el estudio del error humano y su relación con los accidentes aéreos. Acuña (2013), por ejemplo, clasifica los errores humanos en aviación en: errores de procedimiento (la tripulación no sigue el procedimiento establecido por equivocación, distracción u olvido); de comunicación (ya sea entre los miembros del equipo o de la tripulación, o con las autoridades de control externas); de competencia (falta de capacidad o conocimientos técnicos adecuados); de falta de pericia (entrenamiento o adiestramiento deficitario); de decisiones operativas inadecuadas; o de negligencia. En lo que a las personas se refiere, los errores cometidos en las catástrofes se ven afectados por variables de muy diverso tipo. Encontramos

desde problemas de percepción (variabilidad entre individuos de un mismo equipo e ilusiones ópticas, entre otras), o de personalidad de los individuos (Amézcuca González et al., 2001), pasando por el grado de motivación y satisfacción en el trabajo, la subjetividad asociada a las emociones, los problemas de autodisciplina, el grado de complacencia, la carga de trabajo excesiva, la fatiga (Wiegmann y Shappell, 2001) o el estrés intenso (Alonso, 2011; Orasanu, 1997; Wiegmann y Shappell, 2001). Cooper y White (Cooper, White y Lauber, 1980) realizaron un análisis minucioso de los accidentes de Jets ocurridos entre 1968 y 1976 y encontraron que en un gran número de ellos, estaban involucrados problemas de toma de decisiones, liderazgo, juicio del piloto y comunicaciones. Problemas similares se observaron en un análisis de los incidentes reportados en el Sistema de Reportes de Seguridad Aérea (*Aviation Safety Reporting System* [A.S.R.S.]), a partir de los cuales se comenzaron a definir algunos aspectos sobre la gestión de recursos de cabina.

A este respecto, parece realmente acertada la clasificación realizada por Sebastián (2009), que, de un modo general, clasifica las diferentes aproximaciones al análisis del error humano y los accidentes dentro de las siguientes cuatro corrientes:

1. Explicaciones desde fuera de la persona. El error humano se analiza desde el propio sistema del que forma parte, sin buscar una explicación causal desde la propia persona. En este grupo, encontramos explicaciones descriptivas del error en vez de causales.
2. Explicaciones desde dentro de la persona. La explicación del fallo humano se realiza focalizándolo en la propia persona a través del análisis de algún atributo o componente que se considera la causa del error. En este caso, las explicaciones se hacen desde una perspectiva causal, derivada de la personalidad del individuo, los procesos cognitivos del mismo, su conducta, sus patrones de acción, etc.
3. Explicaciones desde la interacción persona-máquina. Las explicaciones se centran en el análisis de un componente o atributo del operador humano en su interacción con la máquina. Al tener en cuenta esta interacción, este grupo de explicaciones proporcionan un campo de visión más amplio.

4. Explicaciones desde la relación persona-contexto. Dentro de este cuarto grupo las explicaciones del error humano parten del contexto. Sería la relación entre la persona y el contexto lo que explicaría la ocurrencia de dicho error. La causa no está en el sistema (grupo 1), ni en la propia persona (grupo 2), ni en la interacción persona-máquina (grupo 3), sino en la relación existente entre el individuo y el contexto en el que desarrolla su actividad.

El comportamiento humano se caracteriza por presentar una gran cantidad y complejidad de variables, lo que “hace que la cuestión de cómo prevenir el error se complique a medida que se profundiza en su análisis, de modo que aún no tenemos un modelo científico integrador que, abarcando todos los elementos importantes, nos dé una explicación completa” (Sebastián, 2009, p. 22). Sin embargo, de acuerdo con este autor, y aglutinando nociones pertenecientes a diferentes modelos y autores, podemos afirmar que el error humano está compuesto por una serie de elementos complejamente interrelacionados, entre los cuales podríamos encontrar:

1. Pertenecientes al primero de los grupos, expuestos más arriba, y aglutinando aquellos errores cuya explicación se busca en el propio sistema, tendríamos:
 - Factores organizacionales: variables propias de la organización, como el modelo de gestión, liderazgo organizacional, cultura de empresa, etc.
 - La desviación de las normas para el alcance de objetivos impuestos por la tarea, por la presión del tiempo, por las exigencias de estamentos jerárquicos superiores en la organización, etc.
2. En cuanto a los que forman parte del segundo de los grupos (explicaciones que buscan el error dentro de la propia persona):
 - Procesos mentales, como la recepción de información y el procesamiento de la misma, la toma de decisiones, las ilusiones ópticas y sus relaciones con las funciones mentales superiores como la percepción, la atención, la memoria o la inteligencia.

- Factores fisiológicos: preparación física, alimentación, enfermedades físicas o mentales ¹⁴, deterioro de las capacidades visuales o auditivas, envejecimiento, uso de fármacos, consumo de drogas o alcohol, etc.
 - Factores socio-económicos, entre los que podemos encontrar problemas muy variados, tales como conflictos laborales, problemas económicos, de pareja, de relación con los compañeros, etc.
 - Estados transitorios de estrés, ansiedad, nerviosismo, tensión, fatiga (periodos de descanso-actividad), cansancio, desorientación espacial, hipoxia, etc.
3. Entre los aspectos que hacen referencia a la explicación del error como resultado de la interacción persona-máquina, tenemos:
- Monotonía de la tarea producida por la realización de tareas excesivamente repetitivas y rutinarias.
 - Autocomplacencia provocada, entre otras razones, por el elevado nivel de automatización en la ejecución de dichas tareas.
 - Aquellos provocados por un aprendizaje o entrenamiento incorrecto, o una falta de adiestramiento o actualización periódica adecuada.
4. Por último, entre aquellos que abordan el error como un fallo en la relación de la persona con el contexto:
- Factores meteorológicos adversos erróneamente evaluados o defectuosamente interpretados por la tripulación (hielo, fuertes tormentas, impactos de rayos o granizo, microrráfagas, niebla, etc.).

Partiendo del análisis de los modelos teóricos estudiados y de los datos presentados, podemos afirmar que existen tres axiomas irrefutables cuando hablamos de errores humanos:

- ✓ Un accidente es un error del sistema, entendido como un error global, con múltiples variables, siendo el factor humano el que más peso tiene en su incidencia.
- ✓ Los errores humanos son inevitables y más aún cuando hablamos de sistemas

¹⁴ Recordemos el tristemente accidente del Vuelo 9525 de Germanwings, en marzo de 2015, en el que el copiloto estrelló de forma intencionada la aeronave, al padecer una grave depresión de la que estaba diagnosticado.

complejos.

- ✓ Los errores humanos pueden minimizarse.

Los avances más significativos en cuanto a factores humanos relacionados con aviación se refiere han ido, desde su aparición, de la mano del desarrollo de los programas de Gestión de Recursos de la Tripulación (*Crew Resource Management*) o C.R.M. por sus siglas en inglés (que será tratado con detalle en el Capítulo 3). Superada una primera etapa, en la que primaban los elementos relacionados con la medicina aeronáutica (fundamentalmente aspectos de fisiología aeronáutica), nos encontramos actualmente en otra en la que los aspectos psicológicos tienen tanta o más importancia que los puramente médicos (a pesar de que algunos manuales de medicina aeronáutica aún incluyan los factores humanos como parte de los mismos). El estudio de los factores humanos en aviación se ha desarrollado de tal modo que aspectos tales como la comunicación interpersonal, la toma de decisiones, la confianza intergrupal, el liderazgo o la coordinación han puesto de relieve la importancia crucial que tienen los aspectos psicológicos en el estudio y desarrollo del campo aeronáutico en sus diferentes vertientes, tales como los procesos de selección del personal, el desarrollo ergonómico de las cabinas de vuelo y los simuladores, el entrenamiento de las tripulaciones y personal aeronáutico o la prevención de los accidentes aéreos. Pero es justo reconocer que este gran desarrollo de la ciencia psicológica no habría sido posible sin la aparición del concepto de C.R.M. Desde sus comienzos, el término C.R.M. “está asociado al proceso de entrenar tripulaciones para reducir el error a través de una mejor utilización del recurso humano en las cabinas de vuelo” (Acuña, 2013, p. 1). El C.R.M. fue introducido como un modo de entrenar a las tripulaciones en la utilización de todos los recursos disponibles para comunicarse y coordinarse como equipo (Salas, Burke, Bowers y Wilson, 2001). El término C.R.M. pretende exponer un sistema de trabajo en equipo, cuyo objetivo no es otro que el de lograr niveles de seguridad, calidad y eficiencia óptimos en las operaciones, basándose para ello en una cultura de mejora, desarrollo personal y organizacional a través del aprendizaje continuo (Acuña, 2013). Con el paso de los años ha supuesto una de las historias de éxito de la psicología moderna (Cooke y Durso, 2007), constituyéndose en herramienta esencial de prevención en el actual mundo de la aviación (Maurino, 1999).

2.4. Organismos reguladores

Los avances descritos en cuanto a recursos tecnológicos y humanos se refiere han ido acompañados por otros en el desarrollo normativo del sector. La expansión y empleo del espacio aéreo a escala mundial provocó que, en un momento determinado de la historia, un número importante de países plantearan la necesidad de crear un marco legislativo que permitiera un tráfico aéreo eficiente y seguro. Podemos afirmar que la reglamentación sobre seguridad aérea en el ámbito internacional tuvo su primer hito de importancia en la Convención de París celebrada en 1919. Sin embargo, sería poco antes de finalizar la II Guerra Mundial cuando, ante la necesidad de actualizar los acuerdos internacionales sobre aviación civil, que habían quedado estancados desde París, el sector adoptara posiblemente su decisión más significativa. En 1944, los Estados Unidos (EE.UU.) promovieron la celebración de una Conferencia en Chicago de la que surgiría la firma del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 7 de diciembre de 1944)¹⁵, que aún en la actualidad constituye el tratado normativo más importante en relación con el Derecho Público Internacional Aeronáutico, además de suponer la creación de la O.A.C.I.¹⁶.

En ese mismo año, y con la finalidad de facilitar las operaciones entre diferentes países, se aprobaron el Acuerdo de Tránsito y el Acuerdo de Transporte, acuerdos iniciales que poco a poco nos han conducido a la que hoy conocemos como política de Cielos Abiertos y que se ha convertido en factor fundamental para un desarrollo sin igual del sector aeronáutico.

La gran profusión que se ha producido en el campo de la aviación durante el siglo XX y los comienzos del XXI (de los 52 Estados que firmaron la Convención de 1944 hemos pasado a 191 en poco más de 60 años) ha hecho necesaria la aparición de una reglamentación paralela a dicho desarrollo en todos y cada uno de los países del mundo. Pero, sobre todo, ha sido imprescindible una armonización de dicha legislación a escala mundial para hacer posible la operación eficaz de las aeronaves de todas y cada

¹⁵ Conocido a partir de entonces como Convenio de Chicago (1944).

¹⁶ Inicialmente se constituyó la denominada Organización Provisional de Aviación Civil Internacional (O.P.A.C.I.), que en el año 1947 pasó a denominarse Organización de Aviación Civil Internacional (O.A.C.I.) al ser refrendado el Convenio por los estados miembros.

una de las aerolíneas a lo largo y ancho del planeta. No podemos olvidar que la aviación no es simplemente el movimiento de los aviones de un lugar a otro, sino que lleva aparejado un sinnúmero de aspectos como la gestión aeroportuaria, las licencias de pilotos y tripulantes, o la seguridad en las operaciones aéreas. Con el objetivo de alcanzar altas cotas en lo que respecta a la seguridad de las operaciones en aviación, se ha generado una normativa que trata de fijar aquellos aspectos de obligado cumplimiento para todos los operadores, primero a nivel internacional, gracias a las organizaciones a las que los países miembros han dotado de capacidad legal mediante la firma de convenios y acuerdos, y posteriormente a nivel nacional, para lo que cada nación genera su propia normativa, siempre respetando e incluyendo las directrices marcadas por los citados organismos supranacionales.

Para analizar la situación actual en que se encuentra la regulación de la navegación aérea y su legislación, nos vamos a centrar en los tres organismos (dos de carácter internacional y uno nacional) responsables de todo aquello relacionado con la operación aérea y su seguridad en el mundo, Europa y España, y cuya competencia afecta, como no puede ser de otro modo, a cualquier avión que opere en nuestro territorio nacional.

2.4.1. Organización de Aviación Civil Internacional (O.A.C.I.)

La Organización de Aviación Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization* [I.C.A.O. por sus siglas en inglés]) es una agencia especializada de las Naciones Unidas. Creadas sus bases en 1944, por el Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Convenio de Chicago), comenzó a operar como tal el 4 de abril de 1947. Tiene por objeto el estudio de los problemas de la aviación civil internacional, así como la promoción de reglamentos y normas para la aeronáutica mundial. La O.A.C.I. es el órgano permanente encargado de la administración de los principios establecidos en el Convenio que establece los privilegios y restricciones de todos los estados contratantes. Su misión es la de fomentar un sistema de aviación civil global, que funcione de manera permanente y uniforme con la máxima eficiencia, garantizando las condiciones óptimas de seguridad, protección, sostenibilidad, eficiencia y regularidad del transporte aéreo (O.A.C.I., 2018).

Entre los objetivos de la O.A.C.I. definidos en el artículo 44 del Convenio (Boletín Oficial del Estado [B.O.E.], 1969), está el de mejorar la seguridad de la aviación civil mundial, más concretamente “lograr un desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil internacional en todo el mundo” (art. 44.a), “satisfacer las necesidades de los pueblos del mundo respecto a un transporte aéreo seguro, regular, eficaz y económico” (art. 44.d) y “promover la seguridad de vuelo en la navegación aérea internacional” (art. 44.h).

La O.A.C.I. insiste en la necesidad de cooperación y coordinación entre los diferentes agentes, esto es, estados, aeropuertos, industria, organizaciones de seguridad operacional de la aviación internacionales y regionales. Todos y cada uno de ellos deben llevar a cabo un trabajo permanente conjunto que logre la implementación de políticas de seguridad, actividades de vigilancia, programas de seguridad de las naciones y sistemas de gestión de la seguridad, que contribuyan a la expansión y progreso de todo el sector. La O.A.C.I. está fuertemente comprometida con la mejora de la seguridad operacional de la aviación y la facilitación de la cooperación y la comunicación fluida entre las partes interesadas (O.A.C.I., 2018). La Organización dirige sus políticas hacia la elaboración de nuevas iniciativas de seguridad y la implementación de las mismas, y continúa colaborando con organizaciones regionales, como los Grupos Regionales de Seguridad Operacional de la Aviación (*Regional Aviation Safety Groups* [R.A.S.G.]) o las Organizaciones Regionales de Vigilancia de la Seguridad Operacional (*Regional Safety Oversight Organizations* [R.S.O.O.]) y promoviendo la instrucción y asistencia necesarias para abordar los problemas de seguridad emergentes (O.A.C.I., 2013).

El Convenio de Chicago fue ratificado por España, entrando en vigor en nuestro país en octubre de 1968 (B.O.E., 1969). Actualmente, la O.A.C.I. trabaja con los 192 estados miembros firmantes del Convenio, así como con las grandes organizaciones de aviación, para lograr un desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil internacional, para lo cual desarrolla los conocidos como *Standards and Recommended Practices* (S.A.R.P.) internacionales, que sirven de referencia a los diferentes países a la hora de elaborar sus propias regulaciones nacionales de aviación civil (O.A.C.I., 2018). Hoy en día existen más de 10000 S.A.R.P. recogidas en los 19 anexos al Convenio de Chicago.

2.4.2. Agencia Europea de Seguridad Aérea (E.A.S.A.)

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (*European Aviation Safety Agency*) es la agencia de la Unión Europea (U.E.) responsable de garantizar y regularizar la seguridad aérea en Europa. Creada a partir de las antiguas Autoridades Conjuntas de Aviación (*Joint Aviation Authorities* [J.A.A.]), comenzó a operar en el año 2003 a partir de la Regulación Europea 1592/2002. Su función es unificar los estándares comunes de aeronavegabilidad en los países miembros de la U.E., así como velar por la protección medioambiental en la aviación civil. Todos los miembros de la E.A.S.A. pertenecen a la U.E., lo que dota a la Agencia de autoridad legal dentro de las fronteras de la propia U.E., y sus publicaciones son de obligado cumplimiento para todos sus miembros (lo que supone un importante avance, ya que las regulaciones publicadas por la antigua J.A.A. tenían sólo carácter de recomendación). E.A.S.A. es el organismo encargado de desarrollar la normativa común para la aviación civil, velando por su cumplimiento a través de la realización de las inspecciones correspondientes. Sin embargo, y como no podía ser de otro modo, deja en manos de las Autoridades Nacionales de Aviación Civil de cada país miembro la mayoría de tareas operativas, tales como los temas referentes a licencias o certificación de aeronaves. Entre algunas de sus responsabilidades podemos citar:

- Elaboración de la normativa de Aviación Civil.
- Emisión de los Certificados Tipo de todos los modelos de aeronave, motor o parte diseñada en los centros de fabricación y diseño autorizados.
- Dotación del soporte técnico a la Comisión Europea y a los estados miembros.
- Realización de inspecciones, formación y programas de estandarización para asegurar la implementación uniforme de la legislación.

En Europa, la U.E. ha articulado la seguridad operacional de la aviación civil en tres ejes (E.A.S.A., 2015):

1. Estrategia Europea de Seguridad Operacional: es el conjunto de políticas y objetivos establecidos por la Comisión Europea. Se publicó como “*Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Setting up an Aviation Safety Management System for Europe*”.

2. Programa Europeo de Seguridad Operacional para la Aviación (*European Aviation Safety Programme* [E.A.S.P.]). Conjunto integrado de reglamentos y actividades encaminadas a gestionar la seguridad operacional en Europa dentro del marco del Reglamento Base de E.A.S.A. El E.A.S.P. ha sido elaborado por la Comisión Europea con la colaboración de E.A.S.A. y estructurado siguiendo el marco establecido en el Anexo 19 de O.A.C.I.

3. Plan Europeo de Seguridad Operacional para la Aviación (*European Aviation Safety Plan* [E.A.S.p.]), que identifica las áreas críticas de seguridad operacional en Europa junto con las medidas de mitigación o control necesarias. Aunque el plan, elaborado por E.A.S.A., tiene un alcance de 4 años (2014-2017), es revisado anualmente.

E.A.S.A. colabora con otras organizaciones internacionales de aviación, tales como la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (*Federal Aviation Administration* [F.A.A.]) o la Agencia Federal de Transporte Aéreo de Rusia (*Federal Air Transport Agency* [F.A.T.A.]), que tienen asignada una misión semejante en sus respectivos territorios.

2.4.3. Agencia Estatal de Seguridad Aérea (A.E.S.A.)

Como hemos visto, las autoridades nacionales de aviación civil de cada país miembro de la U.E. siguen teniendo a su cargo la mayoría de las tareas operativas, pero poco a poco han ido dejando las tareas legislativas en manos de los organismos comunes europeos, como la citada O.A.C.I., lo que no evita que la nación en cuestión incorpore, en muchas ocasiones, a su legislación propia aquellas normas que considera más relevantes.

Según lo expuesto anteriormente, E.A.S.A. es el organismo encargado de desarrollar las normas para todos los estados miembros en lo referente a la aviación civil en territorio europeo, así como de asegurar su cumplimiento; sin embargo, es el Ministerio de Fomento el responsable de regular el sector aéreo en nuestro país. Para ello, trabaja en colaboración con distintos organismos internacionales, adaptando e

incorporando la normativa internacional a la nacional y velando por su cumplimiento a través de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (A.E.S.A.), autoridad de Aviación Civil en España, dependiente de la Dirección General de Aviación Civil. La Dirección General de Aviación Civil es el órgano de la Administración General del Estado mediante el cual el Ministerio de Fomento diseña la estrategia, dirige la política aeronáutica y ejerce de regulador en el sector aéreo. Corresponde a dicho órgano directivo, entre otras funciones, “la elaboración y propuesta de la normativa reguladora en el ámbito de la aviación” (Real Decreto [R.D.] 452/2012, p. 18826).

A.E.S.A. es, por lo tanto, el organismo público, de carácter nacional, encargado de la seguridad de la aviación civil en el ámbito territorial de España. Su fundación data del año 2008, a raíz de la aprobación, el 8 de febrero, del Estatuto de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (R.D. 184/2008) y está regulada por la Ley 28/2006 de Agencias Estatales para la mejora de los servicios públicos (Ley 28/2006) en materia de seguridad aérea. Se encuentra adscrita al Ministerio de Fomento, a través de la Dirección General de Aviación Civil. Es la autoridad encargada de la supervisión en materia de seguridad aérea en España, y tiene, como se recoge en el artículo 9k del citado Estatuto, entre una de sus competencias, “la iniciativa de la normativa reguladora en los ámbitos de la aviación civil atribuidos a su responsabilidad, para su elevación a los órganos competentes del Ministerio de Fomento” (R.D. 184/2008, p. 8052).

2.4.4. Actuaciones globales por parte de organizaciones e instituciones

Actualmente, existen innumerables programas encaminados a mejorar la seguridad aérea. La mayoría de ellos son diseñados por los organismos internacionales competentes en la materia expuestos anteriormente, habitualmente como recomendaciones a seguir por las autoridades reguladoras o bien para que los diferentes operadores y gestores los pongan en práctica. La O.A.C.I., como organismo principal de carácter mundial, dirige sus esfuerzos en esta dirección, elaborando sus “planes mundiales”, que definen los medios y objetivos a través de los cuales la propia organización, los diferentes estados y las partes interesadas pueden prever y manejar de un modo eficiente el desarrollo del tráfico aéreo y aumentar al mismo tiempo la seguridad de un modo proactivo. De igual modo, publica las S.A.R.P. internacionales, mediante las que prescribe las políticas, procedimientos y sistemas para que la aviación

civil cumpla estos objetivos de seguridad y eficiencia, a los que añade el de sostenibilidad ambiental.

Si nos centramos en la seguridad de las operaciones, y con el objetivo de mejorar sus resultados, la O.A.C.I. tiene en marcha diversos proyectos que abordan una amplia gama de problemas en diferentes áreas (O.A.C.I., 2013), tales como:

- Observación de los principales indicadores y tendencias de la seguridad.
- Análisis de seguridad.
- Iniciativas de políticas y estandarización.
- Implementación de programas para abordar problemas de seguridad.

Algunos de estos programas en los que la O.A.C.I. está trabajando con las partes interesadas, para identificar, manejar y eliminar peligros, y que suponen una observación, análisis y mejora proactiva de la seguridad son:

- Programa Universal de Auditoría de la Vigilancia de la Seguridad Operacional (*Universal Safety Oversight Audit Programme* [U.S.O.A.P.]). Acción dirigida a proporcionar información detallada sobre el grado de implementación efectiva por parte de una nación de las S.A.R.P. La información recogida se considera de gran importancia de cara a la planificación de alto nivel dentro de la Organización, puesto que la O.A.C.I. la considera un indicador fundamental de la seguridad operacional (O.A.C.I., 2013; 2018).
- Programa de Seguridad Operacional en la Pista. Debido al importante porcentaje de accidentes e incidentes ocurridos en los últimos años que guardan relación con las fases críticas de despegue y aterrizaje de los vuelos, la importancia de reforzar la seguridad operacional en las pistas se ha convertido en elemento imprescindible de la seguridad de vuelo (O.A.C.I., 2018). El Programa de seguridad operacional en la pista aborda el objetivo de reducir progresivamente el índice mundial de accidentes de las categorías de eventos relacionadas con las pistas desde un enfoque multidisciplinar que incluye a autoridades normativas, responsables de la gestión del tráfico aéreo, de las operaciones aeroportuarias, los operadores de vuelos e incluso los responsables del diseño y fabricación de las aeronaves, con el fin de compartir prácticas y otros elementos innovadores

para reducir los riesgos asociados a las operaciones de despegue y aterrizaje. Como componente fundamental de este programa encontramos el apoyo a la creación de los denominados Equipos de Seguridad Operacional en la Pista (*Runway Safety Teams* [R.S.T.]), equipos de trabajo compuestos por expertos en la materia y que están asociados a cada aeropuerto (O.A.C.I., 2013).

- Red de Colaboración y Asistencia en Seguridad Operacional o *Safety Collaborative Assistance Network* (S.C.A.N.), que sirve de facilitadora y coordinadora de la información referida a actividades y proyectos relacionados con la seguridad aérea. La S.C.A.N. constituye un nuevo canal abierto de comunicación que hace más ágiles las conversaciones entre donantes y proveedores de asistencia en relación con todo tipo de proyectos en curso, así como en la planificación de proyectos futuros (O.A.C.I., 2018).

- Intercambio Global de Información sobre Seguridad Operacional (G.S.I.E.). Con la intención de promover la seguridad operacional de la aviación, el Departamento de Transporte de los EE.UU., la Comisión de la U.E., la I.A.T.A. y la O.A.C.I. firmaron, el 28 de septiembre de 2010 (en el transcurso de la 37ª Sesión de la Asamblea de la O.A.C.I.), un Memorando de acuerdo sobre G.S.I.E. El objetivo del G.S.I.E. es identificar la información susceptible de ser compartida por las partes interesadas con el fin de mejorar las iniciativas encaminadas a la reducción de riesgos, aumentando con ello la seguridad operacional de la aviación (O.A.C.I., 2013).

Centrándonos en nuestro país, y fruto de estas iniciativas de trabajo de la O.A.C.I., podemos encontrar, como ejemplo de los avances en seguridad de vuelo, el Programa Estatal de Seguridad Operacional (P.E.S.O.) o *State Safety Program* (S.S.P. por sus siglas en inglés). Aprobado por el Gobierno de España para la Aviación Civil, tiene como objetivo fortalecer la seguridad aérea desde un nuevo enfoque basado en la prevención. Este programa se crea a partir de la recomendación de la O.A.C.I. de seguir modelos de gestión de seguridad orientados a la prevención, contando con la participación de los principales agentes del sector (compañías aéreas, gestores aeroportuarios, proveedores de servicios de navegación aérea...). El P.E.S.O. es un conjunto integrado de reglamentos y actividades destinado a mejorar la gestión de la

seguridad operacional en nuestro país. Constituye un sistema integrado de gestión para la administración de la seguridad operacional que, desde el punto de vista de la prevención, proporciona una visión conjunta de todo el sector aéreo civil español permitiendo identificar y evaluar los riesgos relativos a la seguridad operacional, así como facilitar la toma de decisiones para mantenerlos bajo control. (A.E.S.A., 2015).

Como vemos, las acciones institucionales son cada vez más numerosas e implican a un número mayor de participantes. Sin embargo, la mayor parte de estas y otras iniciativas que las organizaciones de aviación ponen en práctica cada día no tienen otro objetivo que el de utilizar de un modo más eficaz los avances tecnológicos que se van produciendo y, fundamentalmente, eliminar el error humano hasta donde los márgenes lo permitan. Es cierto que son muchos los avances conseguidos en estos ámbitos, aunque aún es posible ir más allá.

2.5. La seguridad de vuelo en el ámbito militar

En contra de lo que *a priori* puede parecer, por estar hablando de operaciones militares, en las que en muchos casos su propio desarrollo lleva asociado un riesgo, la seguridad aérea está muy presente en los ejércitos de la mayor parte de las Fuerzas Armadas (F.A.S.) en todo el planeta. Y como es lógico, esto ocurre de forma similar en España, donde la normativa también regula ampliamente este sector. Ya la Ley Orgánica 9/2011, de 27 de julio, de derechos y deberes de los miembros de las F.A.S., en el Artículo 27¹⁷ recoge: “Los militares tienen derecho a recibir protección eficaz en materia de seguridad y salud en el ejercicio de su actividad, con las peculiaridades propias de las funciones que tienen encomendadas (...). El Estado promoverá las medidas necesarias para garantizar, en lo posible, la seguridad y salud del personal de las F.A.S. al utilizar los medios y equipos puestos a su disposición, con especial atención a los riesgos específicos que se deriven de sus funciones. A tal fin se desarrollará una política activa de prevención de riesgos laborales y vigilancia de la salud y se proporcionarán los equipos de protección individual necesarios para el cumplimiento de su misión, facilitando la formación e información suficientes en materia de prevención.” (Ley Orgánica [L.O.] 9/2011, p. 11).

¹⁷ Título II. De los derechos y deberes de carácter profesional y social; Capítulo I. De los derechos y deberes de carácter profesional; Artículo 27. Prevención de riesgos y protección de la salud.

Ahondando en lo que a seguridad aérea se refiere, el Real Decreto 1099/94, en su Capítulo III (*De la seguridad de vuelo*), declara que “la seguridad de vuelo de las aeronaves militares tiene por objeto mantener el nivel de operatividad de las unidades aéreas, salvaguardando las vidas humanas y el material mediante un adecuado programa de prevención de accidentes aéreos” (R.D. 1099/94, p. 18893). La seguridad de vuelo en el ámbito militar es responsabilidad de cada uno de los tres Ejércitos (Ejército de Tierra [E.T.], Armada y Ejército del Aire [E.A.]) y de la Guardia Civil: “en cada uno de los tres Ejércitos y en la Guardia Civil existirá una organización de seguridad de vuelo que desarrollará las funciones de elaboración y ejecución de los programas de prevención de accidentes aéreos (PROPAA)”¹⁸ (R.D. 1099/94, p. 18893). El máximo responsable de la seguridad de vuelo en cada uno de los Ejércitos es el Jefe del Estado Mayor respectivo (Jefe del Estado Mayor del Ejército de Tierra [J.E.M.E.], Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada [A.J.E.M.A.] y Jefe del Estado Mayor del Ejército del Aire [J.E.M.A.]), que ejercerá dicha responsabilidad a través de la estructura de Mando.

Sin embargo, el Real Decreto 995/2013, por el que se desarrolla la regulación del Programa Estatal de Seguridad Operacional para la Aviación Civil, considera al Estado Mayor del E.A. como organismo público supervisor responsable de la aplicación del mencionado programa en el ámbito militar (R.D. 995/2013). Y con las atribuciones que le corresponde, el Estado Mayor del E.A. establece, como mecanismo equivalente al sistema de gestión de la seguridad operacional civil, el sistema de seguridad de vuelo del E.A. (Resolución 702/38185/2015, p.121571). Este sistema se implanta mediante el cumplimiento de lo establecido en la Instrucción General (I.G.) 10-9 del Jefe de Estado Mayor del E.A., que lleva por título «Organización y funciones de la seguridad de vuelo en el Ejército del Aire» (Resolución 702/38185/2015, p. 121571). La I.G. 10-9 se constituye en la norma fundamental que regula la seguridad de vuelo, y tiene por objeto “establecer la organización, funciones y responsabilidades de la seguridad de vuelo en el Ejército del Aire” (I.G. 10-9, p. 1). Originada por la División de Operaciones del Estado Mayor del E.A., fue emitida en marzo de 1980, y su versión actual supone la 2ª Revisión (con fecha de 26 de diciembre de 2006).

“La Seguridad de Vuelo en el Ejército del Aire tiene por finalidad potenciar al

¹⁸ Real Decreto 1099/94, Capítulo III. De la seguridad de vuelo; Artículo 16. Objeto y funciones, punto 2.

máximo la capacidad operativa de las Unidades Aéreas evitando la pérdida de vidas humanas y de material” (I.G. 10-9, p. 2). Es decir, y como no podía ser de otro modo, pretende preservar al máximo la capacidad operativa, en la consecución de la misión, intentando alcanzar el objetivo utópico de “cero accidentes” (I.G. 10-9, p. 2) trabajando por su cumplimiento mediante la identificación, evaluación y gestión de todos los riesgos inherentes al desarrollo de las operaciones aéreas en todas sus fases, adoptando medidas de prevención que garanticen que el riesgo de las operaciones aéreas y el apoyo a las mismas es conocido, controlado y aceptado. La seguridad de vuelo en el E.A. se sustenta en tres principios básicos:

- En la mayoría de los casos todo accidente es previsible y, por lo tanto, evitable. Las causas potenciales de producir daños están bajo control humano y, con mucha frecuencia, pueden y deben prevenirse en la búsqueda del objetivo de evitar cualquier accidente, preservando el cumplimiento de la misión.
- La seguridad de vuelo es parte integrante de la misión y como tal supone un elemento más de las operaciones aéreas militares en todas sus fases. El E.A. y sus tripulaciones deben identificar los elementos de peligro asociados a las mismas, para controlarlos y eliminarlos, mediante la aplicación de medidas correctoras, que posibiliten el cumplimiento de la misión en cualquier situación que sea requerida.
- De cualquier suceso se pueden extraer enseñanzas, que deben ser aprovechadas para trabajar en el marco de la prevención. Para desarrollar de un modo eficaz la labor preventiva es fundamental poseer información fiable relativa a situaciones de riesgo, incidentes y accidentes ocurridos, para así extraer las enseñanzas necesarias y evitar que se desencadene otro hecho cuyas causas fuesen similares a uno anterior. Esto no puede lograrse sin la confianza y colaboración del personal (que es quien la conoce y vive en primera persona) que debe ser consciente de la importancia que tiene comunicar dicha información.

La búsqueda de la prevención de los accidentes aéreos se basa en los llamados Planes y Programas de Prevención de Accidentes, “cuya finalidad será la de preservar al máximo la capacidad operativa de las Unidades Aéreas” (I.G. 10-9, p. 6), que recogen

las acciones que van a llevarse a cabo.

El Plan de Prevención de Accidentes del E.A. (P.P.A.) es el conjunto legislativo que regula el funcionamiento de la seguridad de vuelo en el E.A. Incluye toda la documentación, normativa e información de referencia, relativa a este ámbito.

En un nivel inferior, se encuentran los Programas de Prevención de Accidentes, que establecen las actuaciones y actividades previstas en el ámbito de la seguridad de vuelo. Son elaborados a partir de las evaluaciones, los estudios de accidentes e incidentes y otros datos recogidos a partir del sistema de detección y seguimiento de peligros y riesgos. Estos programas se elaboran a tres niveles:

1. Estado Mayor del Aire. Es responsable de elaborar y actualizar el Programa de Prevención de Accidentes del E.A.
2. Mandos. Elaboran y actualizan los Programas de Prevención de Accidentes de los Mandos.
3. Unidades. Son las encargadas de elaborar los Programas de Prevención de Accidentes de las Unidades, Bases Aéreas y Aeródromos Militares para remitirlos a su Mando.

Estos Programas de Prevención estarán adaptados a las condiciones propias de cada Unidad, Base, Aeródromo Militar o Mando.

La I.G. 10-09 establece una estructura preventiva dividida en dos áreas de responsabilidad bien definidas, un “área ejecutiva” y un “área asesora”. “La responsabilidad ejecutiva recae en la cadena de Mando, incluidos todos los niveles de la misma, mientras que la responsabilidad asesora recae en las secciones y negociados de seguridad de vuelo y en el personal encuadrado en las mismas” (I.G. 10-9, p. 3).

Una figura fundamental en la estructura de la seguridad de vuelo del E.A., dentro de su área asesora, es el Oficial de Seguridad de Vuelo (O.S.V.). Existen O.S.V.

tanto a nivel de Bases Aéreas o Aeródromos Militares, como a nivel de Unidades de Fuerzas Aéreas. El O.S.V. de una Base Aérea o Aeródromo Militar es un oficial del E.A., con formación específica en seguridad de vuelo, designado por el Jefe de dicha Base, que es responsable de la elaboración del Plan de Reacción ante accidente o emergencia aérea, de la propuesta del Programa de Prevención de Accidentes de la Base o Aeródromo, así como de realizar las inspecciones de seguridad de vuelo en su Base. El O.S.V. de una Unidad de Fuerzas Aéreas es el profesional responsable de elaborar la propuesta del Programa de Prevención de Accidentes Aéreos de su Unidad (siguiendo las directrices dadas por el Jefe de Unidad), cuyo contenido se deriva del resultado de las evaluaciones, el estudio de accidentes e incidentes y el sistema de detección y seguimiento de peligros y riesgos de seguridad de vuelo llevados a cabo. La función principal de todo O.S.V. es el asesoramiento al Jefe de la Unidad en materia de seguridad de vuelo.

La importancia que se le otorga a la seguridad de vuelo en el E.A. es tal que todos los elementos orgánicos dentro de las Unidades “tienen la obligación de conocer y aplicar la doctrina de seguridad de vuelo mediante la detección y notificación de las condiciones de peligro que afecten o puedan afectar a las operaciones aéreas y la gestión de su riesgo asociado” (I.G. 10-9, p. 18). De este modo, todos los componentes de cualquier Unidad que tengan relación directa con las operaciones aéreas forman parte de la estructura de seguridad de vuelo y contribuyen a la consecución de sus objetivos.

Para facilitar el alcance de estos objetivos, se ha creado un sistema de reportes (similar al Sistema de Reportes de Seguridad Aérea [A.S.R.S.] implementado en la aviación civil) que se considera fundamental en el proceso de prevención, y que está basado en la necesidad de disponer de información fiable relativa a las situaciones de riesgo, incidentes y accidentes ocurridos, así como en la generación de confianza y colaboración por parte del personal. Se parte de la base de que la comunicación es vital para lograr la prevención, por lo que un incidente que no se comunica es, simplemente, un incidente que no ha ocurrido. Se realizan diferentes tipos de informes y estudios sobre incidentes de vuelo, descritos en el apartado 13 de la I.G. 10-9 (p. 22-26) y, con el fin de asegurar el funcionamiento eficaz de dicho sistema de detección y notificación de condiciones de peligro, se pretende que los informes sean accesibles, voluntarios y de carácter no punitivo, aspectos que no siempre llegan a conseguirse plenamente.

Además, periódicamente se realizan Juntas de Seguridad de Vuelo (J.S.V.) en diferentes niveles orgánicos. Estas Juntas se constituyen en el órgano asesor del Mando en materia de seguridad de vuelo. En las mismas se analizan y proponen medidas encaminadas a lograr un óptimo desarrollo en aquellos aspectos relacionados con la seguridad de vuelo, se analizan los informes de accidentes e incidentes acaecidos, así como la viabilidad para la implantación de las posibles medidas correctoras, al tiempo que se elabora la propuesta del Programa de Prevención de Accidentes. Las J.S.V. se celebran en los tres niveles orgánicos:

- Junta de Seguridad de Vuelo de los Mandos de la Fuerza y del Apoyo a la Fuerza.
- Junta de Seguridad de Vuelo de la Base Aérea o Aeródromo Militar.
- Junta de Seguridad de Vuelo de la Unidad de Fuerzas Aéreas.

2.6. Situación actual

Haciendo un resumen de la situación que caracteriza a la aviación en la actualidad, en cuanto a los aspectos relacionados con la seguridad de vuelo, y que se convierte en punto de partida de la presente investigación, tenemos:

Aspectos técnicos:

1. Mejoras tecnológicas notables que redundan en una reducción de los accidentes (Hawkins, 1987). Dichas mejoras aplicadas a la fabricación de las aeronaves (materiales y procesos), procuran una mayor fiabilidad al tiempo que garantizan el buen funcionamiento de los aparatos.
2. Existencia de unos protocolos pormenorizados de revisión de los aviones, que aseguran una adecuada preparación de los aparatos para volar, lo que lleva consigo un descenso en el número de accidentes debidos a fallos técnicos.

Factores humanos:

3. Alto nivel de automatización de los trabajos de pilotos, tripulantes aéreos, controladores de tránsito aéreo, etc. lo que reduce la probabilidad de ocurrencia del error humano.
4. Gran rigidez a la hora de realizar los cometidos dentro de la cabina de vuelo (Muñoz-Marrón et al., 2018). Cada componente de la tripulación tiene asignada la ejecución de una serie de actuaciones concretas, tanto para las situaciones de carácter cotidiano como para todas aquellas situaciones de emergencia que están previstas en los manuales de operación del avión.
5. Entrenamiento cada vez más completo en programas de coordinación y gestión de la tripulación, como los de C.R.M. El objetivo no es otro que el de conseguir optimizar la utilización de todos los recursos de comunicación y coordinación al alcance de la tripulación (Salas et al., 2001).
6. Excesiva confianza, por parte de la tripulación, de que en el vuelo no van a ocurrir incidencias, y menos de carácter excepcional no previstas en los manuales, lo que se traduce en una tendencia a la complacencia y la habituación.
7. Falta de preparación de la tripulación para actuar ante situaciones de emergencia no previstas en los manuales de entrenamiento (Muñoz-Marrón et al., 2018).
8. Dificultad para que las tripulaciones actúen de manera coordinada de un modo eficaz frente a estas situaciones imprevistas, lo que conlleva un alto riesgo de que ocurra un accidente.
9. Evidencia de que ante las situaciones inesperadas e imprevistas, es la experiencia de los pilotos la que permite que estas se resuelvan de un modo satisfactorio.

Otros procesos:

10. Imposibilidad de prever todas las situaciones excepcionales, ya que, dada la complejidad y amplio espectro que presentan los fenómenos que provocan los

accidentes, estos no pueden estar en su totalidad recogidos en una *checklist* (Muñoz-Marrón et al., 2018).

En resumen, son numerosos los avances que se han producido en las últimas décadas, tanto en el marco del avance tecnológico, como en el normativo o en el del factor humano. A pesar de ello, los accidentes siguen sucediendo y ni la visión normativa (Aslanides y Poy, 2001), ni la individual de la seguridad y la fiabilidad humana son suficientes para lograr comprenderlos y erradicarlos. Desde el punto de vista de la psicología, se hace necesaria una nueva visión de conjunto, que englobe desde el marco operativo hasta el organizacional para comprender y transformar las situaciones de trabajo y conseguir con ello reducir los accidentes provocados por el factor humano (Sebastián, 2009). Los programas de entrenamiento en C.R.M. (que se describen con detalle en el capítulo siguiente) han supuesto un gran avance en la materia, pero sigue siendo necesaria una evolución de los mismos, paralela a los avances del sector, así como a los descubrimientos que las diferentes investigaciones en factores humanos van poniendo de manifiesto, fundamentalmente en lo que a trabajo y coordinación de equipos se refiere.

3. C.R.M. (CREW RESOURCE MANAGEMENT - GESTIÓN DE RECURSOS DE LA TRIPULACIÓN)

3.1. ¿Qué es el C.R.M.?

El C.R.M. es una de las historias de éxito de la psicología moderna y la ingeniería cognitiva (Cooke y Durso, 2007) y una herramienta de prevención esencial en el actual mundo de la aviación (Maurino, 1999). Podemos definir el C.R.M. (*Crew Resource Management* o Gestión de Recursos de la Tripulación, en su traducción al español) como el conjunto de comportamientos y estrategias que se han de seguir por los equipos que integran la tripulación en cabina de vuelo en aras de la seguridad (Helmreich y Foushee, 1993). Las estrategias de C.R.M. se utilizan con el objetivo de reducir el error humano y los accidentes, tanto en la aviación militar como en la aviación comercial, proporcionando a los equipos el entrenamiento necesario que les capacite para hacer uso de todos los recursos que tengan a su alcance (Salas y Cannon-Bowers, 2001). De forma más detallada, Marshall (2010) lo define como:

- Un método creado para optimizar el rendimiento humano y de la tripulación al reducir el efecto de los errores humanos a través del uso de todos los recursos para resolver los problemas, incluyendo personas, tecnología y procesos.
- Un enfoque de sistemas para la seguridad, que hace hincapié en la naturaleza inherente del error, promueve una cultura no punitiva, y se centra en procedimientos concretos y normalizados de trabajo.
- Un sistema integral, basado en la práctica y operacionalmente dirigido a la aplicación proactiva de los factores humanos para mejorar el rendimiento del equipo.
- Un sistema que incluye los siguientes elementos críticos: (1) define a la tripulación en su conjunto, en lugar de al individuo, como la unidad de formación estándar; (2) se centra en cómo las actitudes de los miembros de la tripulación y sus comportamientos afectan a la seguridad; (3) emplea una metodología de formación activa y práctica, basada en la participación y el aprendizaje mutuo; (4) incluye técnicas de liderazgo y habilidades de trabajo y manejo de equipos; (5) promueve la creación de equipos de trabajo participativos, al tiempo que preserva la autoridad y la cadena de mando; y, (6)

proporciona a individuos y equipos la oportunidad de revisar y analizar su propio desempeño e introducir las mejoras apropiadas.

Para la *Federal Aviation Administration* (F.A.A.), el C.R.M. supone un intento por incrementar la habilidad humana en la realización de un trabajo en el que se utiliza maquinaria compleja y al mismo tiempo crear un ambiente de seguridad de vuelo (F.A.A., 2012).

En resumen, el C.R.M. es un conjunto de estrategias diseñadas para lograr el objetivo de mejorar la seguridad y la eficiencia de los equipos de trabajo, al tiempo que se convierte en un programa global de formación orientado a lograr dicho objetivo. El C.R.M. es un programa de entrenamiento en capacidades, basado en evidencias, diseñado para mejorar la comunicación, la toma de decisiones y la adaptación entre miembros de un equipo en situaciones críticas (Salas, Burke, Bowers y Wilson, 2001; Shuffler, DiazGranados y Salas, 2011), cuya aparición debemos agradecer al mundo de la aviación. El objetivo del entrenamiento es incrementar las habilidades y capacidades de gestión de cada uno de los miembros de la tripulación para trabajar al unísono con el resto de componentes de la misma (Alkov, 1989).

El entrenamiento en C.R.M. ha sido utilizado desde hace más de 25 años como una herramienta para combatir aquellos accidentes en los cuales un deficitario trabajo en equipo en la cabina de vuelo podría suponer un factor precipitante de los mismos (Salas, Wilson y Edens, 2009). La aparición del C.R.M. constituyó un hito clave en la relación psicología-aviación. El C.R.M. provocó un cambio radical en el estudio de la seguridad aérea gracias al cual la ciencia psicológica se convierte en pilar esencial en la búsqueda de la seguridad de vuelo y un aliado de la industria de la aviación en el desarrollo de los programas de capacitación dirigidos a reducir los errores humanos y aumentar la eficacia de las tripulaciones de vuelo. El objetivo del entrenamiento en C.R.M. no es otro que el de combinar habilidades técnicas y humanas para lograr operaciones aéreas más seguras y eficaces (F.A.A., 2012).

Según la F.A.A. (2012), el C.R.M. incluye diferentes conceptos que se distribuyen en un diseño que contempla tres grandes áreas de trabajo: mando o

dirección (*command*), liderazgo (*leadership*) y gestión de recursos (*resource management*):

1. *Command*: mando, dirección, procesos de comunicación y toma de decisiones:
 - *Briefings* y *debriefings*.
 - Órdenes y consultas.
 - Resolución de conflictos.
2. *Leadership*: liderazgo, construcción y gestión del equipo de trabajo.
 - Liderazgo.
 - Aspectos operacionales.
 - Clima de trabajo (relaciones interpersonales).
3. *Resource management*: Gestión de recursos, carga de trabajo y análisis de la situación.
 - Planeamiento y preparación.
 - Atención.
 - Distribución de la carga de trabajo.

Un curso introductorio de C.R.M. generalmente tiene una duración de entre dos y cinco días. Se desarrolla en un aula con varios formadores especializados. Los métodos de enseñanza incluyen lecturas, ejercicios prácticos, *role playing*, estudio de casos y videos de recreación de accidentes (O'Connor y Flin, 2003) entre otros recursos didácticos. Aunque no hay una metodología estandarizada para el desarrollo del entrenamiento en C.R.M. (Salas, Fowlkes, Scout, Milanovich y Prince, 1999), un curso de este tipo habitualmente trabaja seis temáticas: trabajo en equipo, liderazgo, conciencia situacional, toma de decisiones, comunicación y limitaciones personales (Flin y Martin, 2001).

3.2. Origen del C.R.M.

Una serie de accidentes ocurridos en aviación en la década de 1970¹⁹ (Helmreich, Merritt y Wilhelm, 1999), así como la alta incidencia de casos en que tales

¹⁹ Entre los que se encuentran: el accidente sucedido en 1972 al Vuelo 401 de Eastern Air Lines que se estrelló en Florida (EE.UU.); el accidente ocurrido en el Aeropuerto de Los Rodeos (Islas Canarias, España) en 1977 (ver Capítulo 1, apartado 1.2. *¿Por qué se producen los accidentes aéreos?*); el del Boeing 737 que en 1972 se estrelló en el Aeropuerto Midway (Chicago) claro ejemplo de la pérdida de conciencia situacional por parte de la tripulación; o el Vuelo 173 de United Airlines, que se estrelló en un

desastres fueran debidos a errores por parte de los pilotos, provocaron el cambio innovador que condujo a la implantación de los programas de entrenamiento en C.R.M. Ya la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (*National Aeronautics and Space Administration* [N.A.S.A.]) había sido pionera desde su *Ames Research Center*, en California, en el estudio de los factores humanos en la aeronáutica y astronáutica. Su programa en factores humanos para la seguridad aérea dio comienzo en 1973 (Marshall, 2010). Los investigadores médicos, Charles K. Billings y John K. Lauber, y el piloto de pruebas, capitán George E. Cooper, quién ocupaba el cargo de Jefe del Centro AMEC de la N.A.S.A. en Moffett Field, California, comenzaron a investigar preguntando directamente a los pilotos que se habían visto involucrados en algún accidente, intentando obtener información detallada de su versión de los acontecimientos. El objetivo era elaborar un programa de investigación encaminado a analizar los fallos 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). Este programa de entrevistas condujo a la creación del Sistema de Reportes de Seguridad Aérea (*Aviation Safety Reporting System* [A.S.R.S.]) de la N.A.S.A. (Alkov, 1989; Amézcuca González, Lareo y Amézcuca Pacheco, 2001). Los pilotos dejaban claro en sus declaraciones que los programas de entrenamiento no estaban a la altura de sus necesidades, pero su disconformidad no se refería a las técnicas específicas de entrenamiento de vuelo, sino fundamentalmente a aspectos del comportamiento humano, haciendo especial hincapié en la toma de decisiones, el liderazgo y las comunicaciones interpersonales.

Los investigadores, teniendo como referencia el modelo S.H.E.L.L.²⁰ (Edwards, 1972) expuesto en el capítulo anterior, comprobaron que para ser un buen piloto no bastaba con poseer una buena destreza a los mandos de una aeronave. Ruffel-Smith analizó en un simulador de vuelo el comportamiento de diferentes tripulaciones tanto en situaciones rutinarias como en situaciones de emergencia, y demostró que cuanto mejor era la utilización de los recursos por parte de la tripulación y más eficaz la comunicación entre sus miembros, mejor era la ejecución (Ruffel-Smith, 1979). Las

área residencial cercana al Aeropuerto Internacional de Portland (Oregón, EE.UU.) en diciembre de 1978 y que se convirtió en detonante de que la industria aeronáutica se sumergiera de lleno en el mundo del C.R.M.

²⁰ Ver apartado 2.2. *Factores de los que depende la seguridad de vuelo.*

conclusiones de diversas investigaciones permitieron identificar algunos indicios para elaborar posteriormente lo que hoy conocemos como entrenamiento en C.R.M.

El entrenamiento en C.R.M. que realizan actualmente gran parte de las compañías aéreas de todo el mundo tiene su origen en junio de 1979 (Helmreich et al., 1999; Marshall, 2010; McKeel, 2012), concretamente en un encuentro realizado bajo el patrocinio de la N.A.S.A. (Alkov, 1989) y titulado *Resource Management on the Flightdeck* (Cooper, White y Lauber, 1980; Helmreich, 2006). Este evento se organizó, en parte, provocado por el accidente sufrido por el vuelo 173 de la compañía United Airlines, el 28 de diciembre de 1978 (Ranter 2015), que la Junta Nacional de Seguridad en el Transporte (*National Transportation Safety Board* [N.T.S.B.]) de los Estados Unidos (EE.UU.) atribuyó fundamentalmente a un error del comandante de la aeronave al no atender las indicaciones de su tripulación, así como a la falta de asertividad por parte de la misma. El accidente constituye un claro ejemplo de gestión deficiente de los recursos humanos de cabina y de pésimo trabajo en equipo ante una situación de mal funcionamiento de los sistemas de la aeronave. Este encuentro es considerado como el momento del nacimiento del C.R.M. dentro de la psicología de la aviación (F.A.A., 2012).

Durante esta conferencia, la N.A.S.A. presentó los resultados de la investigación que había realizado sobre las causas que subyacían a los accidentes en el transporte aéreo. Dichos resultados incluían la identificación de aquellos aspectos del error humano que estaban presentes en la mayoría de los accidentes aéreos, tales como fallos en la comunicación interpersonal o errores en la toma de decisiones y la gestión del liderazgo. Fue en ese momento cuando se acuñó el término de C.R.M. para definir el programa de entrenamiento encaminado a reducir el error del piloto a partir de un mejor uso de los recursos humanos en la cabina de vuelo. También fue entonces cuando muchos de los operadores aéreos allí presentes se comprometieron a desarrollar nuevos programas de entrenamiento con el fin de mejorar los aspectos de relación interpersonal en las operaciones aéreas. En este primer momento, las siglas C.R.M. hacían referencia a *Cockpit Resource Management*, que poco después (finales de los años 80) pasarían a denominar *Crew Resource Management* sustituyendo el término *Cockpit* (cabina) por el de *Crew* (tripulación) y haciendo que el foco de atención se trasladase desde el piloto

como elemento individual al de tripulación como elemento grupal o de equipo de trabajo.

A comienzos de los años ochenta la investigación sobre las causas de los accidentes de aviación permitió la introducción de programas estructurados de entrenamiento en C.R.M. en la aviación civil (Helmreich, 2006), con tanta fuerza que la F.A.A. incorporó el programa C.R.M. dentro de su reglamentación. En enero de 1981, en el *Aviation Industry Workshop*, otro encuentro para la industria de la aviación organizado por la N.A.S.A., Charles Huettner, de la F.A.A, afirmó: “Nos estamos embarcando en una aventura dentro de las técnicas de entrenamiento de vuelo del futuro. En los últimos años se ha producido un consenso cada vez mayor en la industria y el gobierno de que la capacitación debe enfatizar la coordinación de la tripulación y la gestión de recursos de la tripulación”.

Ese mismo año, la compañía United Airlines marca un hito importante en la búsqueda de la seguridad aérea, creando el primer entrenamiento en C.R.M. Después serían KLM en Europa y Ansett en Oceanía (Helmreich, 2006). Desde entonces, las aerolíneas más importantes, la Fuerza Aérea, el Ejército, la Armada y la Guardia Costera de los EE.UU. han desarrollado y utilizado programas de C.R.M., si bien en algunos casos con otra nomenclatura (Alkov, 1989). Los programas de entrenamiento en C.R.M. no han dejado de extenderse, primero por los EE.UU. y posteriormente 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 (Taylor y Thomas, 2003) o el control del tráfico aéreo, como ajenos a ella, como son la medicina (Gordon, Mendenhall y O'Connor, 2013) o la cirugía (Helmreich, 2006), las plataformas petrolíferas (O'Connor y Flin, 2003), el sector ferroviario (Sebastián, 2002, 2009), el de la fuerza submarina (Acuña, 2013) o el de los buceadores militares (O'Connor y Muller, 2006).

3.3. Importancia histórica y desarrollo del C.R.M.

Desde sus comienzos, el estudio del factor humano en aviación se ha desarrollado en diferentes vertientes, tales como el análisis de la personalidad de los

componentes de las tripulaciones, la resistencia a la fatiga, la gestión del estrés o el estudio de diferentes variables fisiológicas de los pilotos y tripulantes. Sin embargo, y fundamentalmente en las últimas décadas, el foco de interés ha estado en el desarrollo del C.R.M. Podemos afirmar, sin lugar a dudas, que se ha pasado de un estudio de los factores humanos dentro del ámbito de la medicina aeronáutica (fundamentalmente, de aquellos aspectos ligados a la fisiología humana) a otro centrado en aquellas variables más relacionadas con el comportamiento y la cognición humana, especialmente en su vertiente grupal (liderazgo, trabajo en equipo, gestión de recursos, confianza intragrupo, dirección de *briefings*, modelos mentales de equipo y de tarea, coordinación implícita y explícita, comunicación interpersonal, etc.). Este conjunto de técnicas que se han ido agrupando en programas globales de entrenamiento (que han ido evolucionando con el paso de los años) fueron diseñadas para influir y desarrollar tanto los procesos cognitivos como las relaciones interpersonales (Gregorich y Wilhelm, 1993).

El más famoso de estos programas y que mayor profusión ha tenido, tanto dentro como fuera de los EE.UU., es el que ha llegado a nuestros días como C.R.M. Los programas de entrenamiento en C.R.M. desde su aparición en 1981 han sufrido una evolución que les ha hecho pasar por diferentes etapas con características propias. Siguiendo a Helmreich (2006) y Marshall (2010) podemos distinguir seis grandes etapas en el desarrollo de los programas de formación en C.R.M., cada de ellas basada en los éxitos y lecciones aprendidas de la anterior.

3.3.1. Primera generación: Gestión de Recursos de Cabina (*Cockpit Resource Management*)

El primer programa exhaustivo de C.R.M. fue iniciado por United Airlines en el año 1981. Denominado Gestión de Recursos de Mando y Liderazgo (*Command-Leadership-Resource Management* [C.L.R.]) (Helmreich, 2006), el entrenamiento consistía en una serie de seminarios intensivos que incluían un diagnóstico por parte de los participantes sobre sus propios estilos de gestión. Pronto otras compañías aéreas realizaron programas similares centrados en modificar dichos estilos y corregir deficiencias asociadas a comportamientos individuales, como podía ser la falta de asertividad que presentaban los pilotos con menor experiencia frente al comportamiento

autoritario de los comandantes de aeronave²¹. No debemos pasar por alto que en esta época los comandantes al mando de un avión en cualquier compañía aérea del mundo eran considerados “dioses”, y sus decisiones y actuaciones estaban fuera de todo posible cuestionamiento, hecho provocado fundamentalmente por el gran poder que poseían dentro de las aerolíneas (poder que ejercían, la mayor parte de las veces a través de sindicatos muy potentes). Esto hacía que los pilotos estuvieran rodeados de un halo de infalibilidad que, como se ha visto después, atentaba en gran medida contra la seguridad de vuelo.

En estos comienzos ya quedó claro que el entrenamiento en C.R.M. no debía ser un componente aislado en la formación del piloto, sino que debía convertirse en componente de un programa de entrenamiento más complejo que los pilotos debían realizar de forma periódica. Además, algunos de los programas de entrenamiento en C.R.M. de esta primera etapa, teniendo presentes los resultados de investigación proporcionados por la N.A.S.A., combinaban la formación teórica con sesiones prácticas en simulador de vuelo, denominadas L.O.F.T.²² (*Line Oriented Flight Training*) (Helmreich et al., 1999) en las que se entrenaban las habilidades interpersonales abordadas en el aula. También el Mando de Aerotransporte Militar (*Military Airlift Command* [M.A.C.]) de los EE.UU. utilizó su Mission Oriented Simulator Training (M.O.S.T.) para entrenar la coordinación en cabina, la toma de decisiones, el liderazgo y la gestión de destrezas y habilidades (Alkov, 1989). United Airlines puso su programa de C.R.M. a disposición de otras compañías y, aunque la respuesta fue más bien lenta, la aerolínea continuó desarrollándolo, convirtiéndose, poco a poco, en parte integral de la formación oficial de su personal de vuelo. El programa, en consonancia con las recomendaciones de la F.A.A., se definía como:

- Un sistema integral para mejorar el rendimiento del equipo.

²¹ No olvidemos el accidente del vuelo 173 de United Airlines y la conclusión de la N.T.S.B. (1978) que apuntó a la falta de asertividad de la tripulación frente al “poder supremo” y comportamiento autoritario del comandante de aeronave como aspectos fundamentales que condujeron al fatal desenlace .

²² El concepto de Entrenamiento Orientado a la Línea de Vuelo (L.O.F.T.) se expuso por primera vez en la Circular de la Organización de Aviación Civil Internacional (O.A.C.I.) 217-AN/132 *Human Factors Digest n° 2* (O.A.C.I., 1989b). Consiste en un entrenamiento que se realiza en un simulador de vuelo como parte de la formación inicial o periódica de las tripulaciones. Se trata de una práctica realizada en tiempo real, que presenta a las tripulaciones escenarios de las operaciones diarias típicas sobre un tramo del vuelo representativo de una operación habitual en ruta, pero que pone un énfasis especial en situaciones anormales (dificultades y emergencias razonables y realistas no informadas previamente) que llevan consigo la necesidad de trabajar aspectos tales como las comunicaciones interpersonales, la gestión de la cabina de vuelo o el liderazgo.

- Un enfoque operativo para lograr mejoras en la seguridad.
- Un estudio de cómo las actitudes y comportamientos de los miembros del equipo afectan a la seguridad de vuelo.
- Un método de entrenamiento centrado en el equipo como unidad de entrenamiento (evolucionando desde una visión individual a otra grupal).
- Formación activa y práctica, donde los diferentes profesionales experimentan, participan e interactúan.

Los programas de la primera generación se centraron en intentar cambiar estilos de actuación y corregir comportamientos individuales deficientes (Salas, et al., 2001). El enfoque de estos primeros programas (que fueron fundamentalmente de naturaleza psicológica), en lo referente a gestión empresarial, resultó excesivamente pobre, precisamente por centrarse en la evaluación psicológica de conceptos de tipo general, como, por ejemplo, la ya mencionada asertividad o el liderazgo. Aunque también incluyeron estrategias comportamentales de relación interpersonal, casi todas ellas eran de carácter general, y no definían con claridad cuáles debían ser los comportamientos más adecuados que debían ponerse en práctica en la cabina de vuelo.

Las reacciones a estos programas de primera generación de C.R.M. fueron razonablemente positivas (Helmreich, 2006), y su aceptación por parte de los pilotos razonable, aunque muchos de ellos ofrecieron ciertas reticencias a los mismos, acusando a dichos programas de intentar manipular sus personalidades (Helmreich et al., 1999) y mostrando, fundamentalmente, cierto miedo potencial a perder el control de las cabinas de vuelo por la intromisión de otros profesionales externos, hasta entonces, a la aviación.

3.3.2. Segunda generación: Gestión de Recursos de la Tripulación (*Crew Resource Management*)

Durante la segunda mitad de la década de los años ochenta, muchas compañías aéreas desarrollaron e implementaron sus propios programas de C.R.M. En mayo de 1986, la N.A.S.A. vuelve a organizar otro encuentro para la industria aeronáutica (Helmreich, 2006; Orlady y Foushee, 1987), cuando ya un gran número de operadores aéreos de todo el mundo había desarrollado y estaba utilizando programas de

entrenamiento en C.R.M., por lo que la convención se convirtió en el lugar ideal para la comunicación y posterior análisis de los mismos. Una de las conclusiones a las que llegaron los grupos de trabajo fue que dichos programas debían modificarse, dejando de ser un elemento aislado en el entrenamiento de las tripulaciones para pasar a convertirse en un componente más de un programa global de entrenamiento de vuelo cuyas enseñanzas estuvieran presentes en las operaciones aéreas cotidianas de las compañías (Helmreich, et al., 1999).

Los programas de esta segunda generación se caracterizaron por centrarse en la aplicación práctica de diferentes conceptos a la dinámica de trabajo que se produce entre los componentes de la tripulación. Es en este momento cuando se sustituye el término de *Cockpit* por el de *Crew* (Helmreich et al., 1999; Helmreich, 2006), que sigue vigente actualmente “tras varias generaciones de estudios” (Sebastián, 2009, p. 45). En sus inicios, el concepto de *Cockpit Resource Management* consistía en el estudio de diferentes aspectos del piloto, como componente unitario, en la cabina de vuelo. Ahora, atendiendo al componente de *Liveware*, del modelo S.H.E.L.L. (Edwards, 1972), el concepto de C.R.M. se amplía incluyendo a todos los miembros de la tripulación. Los nuevos cursos, que siguen el patrón definido por vez primera en el programa que desarrolló Delta Airlines (Byrnes y Black, 1993), van en la dirección de sus antecesores de la primera generación, pero dan algunos pasos más. En efecto, se centran en las dinámicas de grupo en cabina (Salas et al., 2001). También se vuelven más modulares (se diseñan, por ejemplo, módulos específicos de entrenamiento en estrategias de toma de decisiones o de cómo romper la cadena del error), incluyen más conceptos específicos relacionados con las operaciones de vuelo y, fundamentalmente, se orientan hacia el trabajo de la tripulación como equipo, incluyendo aspectos novedosos en la formación, tales como la construcción de equipos, estrategias de información, conciencia situacional o gestión del estrés. Además, se hace un importante esfuerzo por concretar conceptos algo abstractos haciéndolos más operativos, acercando de este modo los entrenamientos a las operaciones aéreas reales. Gracias, en parte, a esto último, la aceptación de estos programas por parte de las tripulaciones fue mayor que la que tuvieron los programas de la primera generación. A pesar de ello, las críticas continuaron apareciendo, fundamentalmente unidas a que muchos aspectos de la formación (dinámicas, conceptos, terminología, etc.) pertenecían al mundo de la

psicología y no eran sentidos como propios por los pilotos, a los que dicho mundo les resultaba extraño y poco relacionado con el suyo.

3.3.3. Tercera generación: los programas de entrenamiento en C.R.M. extienden su alcance

Los programas de entrenamiento en C.R.M. adquieren tal relevancia que su utilización se extiende de un modo imparable. A comienzos de los años noventa, su diseño comienza a incorporar características propias del mundo de la aviación, superando así una de las críticas más significativas de los modelos de la generación anterior. El entrenamiento C.R.M. comienza a tener en cuenta los sistemas utilizados en aviación (Salas et al., 2001), con lo que se produce un gran avance en el entrenamiento específico de las tripulaciones de vuelo. Los esfuerzos se dirigen ahora hacia la integración del C.R.M. con el entrenamiento técnico, poniendo especial atención en aquellas habilidades y comportamientos específicos que los pilotos podrían tener la necesidad de realizar en cualquier vuelo real para conseguir una ejecución más eficaz.

Durante estos años la industria aeronáutica evoluciona a pasos agigantados. Con los avances en el diseño de las aeronaves, los procedimientos de mantenimiento y la estandarización de las operaciones los aviones aumentan su fiabilidad (Alkov, 1989). Las cabinas de vuelo de los aviones sufren grandes modernizaciones con la inclusión de sistemas cada vez más seguros a la vez que complejos, con lo que la necesidad de lograr un correcto acoplamiento de las tripulaciones a las cabinas se vuelve fundamental. Por esta razón, muchas aerolíneas comienzan a incluir módulos de C.R.M. diseñados de un modo específico para la correcta utilización de los diferentes elementos de las cabinas de vuelo de estos modernos aparatos. Los programas globales de entrenamiento también comienzan a adentrarse en otros aspectos directamente relacionados con el mundo de la aviación, tales como la identificación y evaluación de cuestiones críticas sobre factores humanos o el análisis de aquellos elementos de la cultura organizacional que afectan a la seguridad. Se diseñan programas de entrenamiento en C.R.M. específicos para los comandantes de aeronave, centrados en el papel del liderazgo inherente a dicho puesto dentro de la tripulación, al tiempo que comienzan a llevarse a cabo entrenamientos avanzados en C.R.M. dirigidos a aquellos profesionales responsables de la formación y evaluación de factores técnicos y humanos en las compañías aéreas.

Este último aspecto resulta característico de esta tercera etapa, durante la cual comienza a extenderse el entrenamiento en C.R.M. a otros colectivos de profesionales de la aviación (Helmreich, 2006), como los citados anteriormente, azafatas de vuelo, personal de mantenimiento (por ejemplo, Taylor y Thomas, 2003), etc. Además, los operadores aéreos comienzan a realizar entrenamientos conjuntos de C.R.M. para tripulantes de cabina de vuelo y tripulantes de cabina de pasajeros, de modo que esta tercera generación amplía el concepto de *tripulación de vuelo*, cubriendo las lagunas de los programas de la segunda generación en este sentido. Sin embargo, esta extensión del concepto pudo provocar la consecuencia no deseada de diluir el enfoque original sobre la reducción del error humano (Helmreich et al., 1999).

3.3.4. Cuarta generación: integración del C.R.M. en las operaciones de vuelo

En el año 1990, la F.A.A. da un paso más y convierte el C.R.M. en requisito reglamentario para todas las líneas aéreas de los EE.UU. Además, inicia su Programa de Capacitación Avanzada (*Advanced Qualification Program* [A.Q.P.]) (Birnbach y Longridge, 1993; Helmreich, 2006), que supondrá uno de los mayores cambios en lo referente al entrenamiento de las tripulaciones de vuelo. El A.Q.P. es un programa voluntario que permite a los operadores aéreos desarrollar un entrenamiento innovador en C.R.M., y que integra las características y necesidades específicas propias de cada organización (Helmreich et al., 1999). El A.Q.P. permite crear entrenamientos C.R.M. a la medida, que posibilitan a cada una de las compañías aéreas hacer frente a sus necesidades específicas (Salas et al., 2001). Gracias al mismo, los planes de formación se hacen más flexibles para poder adaptarse con más facilidad, al tiempo que se exige a las aerolíneas cumplir ciertos requisitos en materia de formación:

- Proporcionar tanto entrenamiento en C.R.M. como en L.O.F.T. a todas sus tripulaciones de vuelo.
- Integrar el entrenamiento en C.R.M. con el entrenamiento técnico.

Para realizar el cambio del modelo anterior al A.Q.P., las diferentes aerolíneas realizaron un análisis pormenorizado de las necesidades formativas específicas requeridas para cada compañía, y dentro de estas, para cada tipo de aeronave, pasando a desarrollar programas que dieran respuesta a aquellos problemas, relacionados con los

factores humanos, que podían presentarse. A este cambio se unieron otros, como los entrenamientos especiales con certificación de las tripulaciones, así como las evaluaciones formales de las mismas en misiones completas de simulador conocidas como *Line Operational Evaluation* (L.O.E.) (Helmreich et al., 1999).

La inmensa mayoría de las principales compañías aéreas de los EE.UU. se adhieren entonces al A.Q.P. Además, como parte de la integración del C.R.M. en las operaciones de vuelo, muchas compañías comienzan a proceduralizar conceptos, introduciendo comportamientos específicos a sus listas de verificación (*checklists*) (Helmreich, 2006). Con ello se pretendía que la actuación de cada uno de los miembros de la tripulación estuviese fijada de antemano, de modo que cada profesional tuviese claramente definido qué hacer y cómo hacerlo ante cada una de las maniobras a realizar, o incluso ante aquellos eventos de emergencia que pudiesen presentarse. El objetivo no era otro que el de asegurar que las decisiones fueran tomadas y las acciones realizadas teniendo en cuenta una línea maestra, haciendo que los fundamentos del C.R.M. estuvieran siempre presentes, particularmente en situaciones no habituales (Helmreich et al, 1999; Marshall, 2010). La creación de procedimientos de actuación, listas de verificación o *checklists* y su introducción en el mundo de la aviación supondrá un gran avance en cuanto a la estandarización de los comportamientos. Si bien su utilización es enormemente útil y eficaz para situaciones rutinarias, su empleo en situaciones de extrema peligrosidad caracterizadas por su novedad, escasa aparición y carácter imprevisible ha sido cuestionada por la pérdida de iniciativa que puede llevar asociada por parte de la tripulación en cuanto a toma de decisiones eficaces se refiere (Muñoz-Marrón, Gil y Lanero, 2018).

En esta cuarta etapa, el C.R.M. se convierte en parte integral de la formación de vuelo, constituyendo un avance en la búsqueda de soluciones a los problemas asociados con el error humano. De hecho, existe un consenso generalizado entre las compañías aéreas americanas de que el A.Q.P. supuso un incremento del rendimiento en el entrenamiento y cualificación de las tripulaciones aéreas (Helmreich et al., 1999).

3.3.5. Quinta generación: gestión y normalización del error

La formación en C.R.M. tiene, en este periodo, como objetivo la normalización del error y el desarrollo de estrategias para la gestión del mismo (Helmreich, 1997). Se parte de la idea de que el error es inevitable (Kohn, Corrigan y Donaldson, 2000; Salas et al., 2001), por lo que es fundamental poner barreras para combatir la aparición del mismo, así como disponer de las herramientas necesarias para gestionarlo de un modo correcto si se presenta. Durante esta época, el C.R.M. se centra en el entrenamiento formal con el fin de superar las limitaciones de la ejecución humana (Helmreich et al., 1999), así como en el entrenamiento en habilidades de trabajo en equipo como herramienta para conseguir una gestión eficaz del error (Salas et al., 2001).

La quinta generación representa el regreso al origen del C.R.M. entendido como estrategia de gestión y reducción del error (Helmreich, 2006). Se vuelve al concepto original de C.R.M., como programa de entrenamiento para evitar el error, concluyendo que el fundamento universal para el desarrollo de los programas de C.R.M. debe ser la gestión del mismo (Helmreich y Merritt, 1998). La evitación del error humano ya estaba presente en los primeros programas de entrenamiento en C.R.M., sin embargo, la fundamentación de su puesta en práctica no había sido la deseada. Incluso cuando la formación intentó centrarse en comportamientos más específicos, la justificación de su utilización no siempre fue clara y no quedaba recogida de un modo explícito, razón por la cual Helmreich y sus colaboradores defendían una mayor claridad en los fundamentos de su aplicación, al tiempo que requerían que estuviese acompañada de un apoyo organizacional proactivo (Helmreich et al., 1999). Se trataba de defender que una gestión del error eficaz es el sello distintivo de una ejecución eficaz por parte de la tripulación, y que un error bien gestionado es indicador de un desempeño eficaz.

Esta quinta etapa del C.R.M. se fundamenta en la premisa de que el error humano es ubicuo, al tiempo que inevitable, y que hay que convivir con él, pero que, además, constituye una valiosa fuente de información. Si el error es inevitable, el C.R.M. se define como un conjunto de contramedidas capaces de frenar dicho error, con tres líneas fundamentales de defensa. La primera, por supuesto, es la evitación misma del error; la segunda es la anticipación o búsqueda de errores incipientes antes de que se cometan; y la tercera y última es la mitigación de las consecuencias asociadas a los errores que se han producido y que no hemos sido capaces de evitar (ver Figura 7). El

C.R.M. se convierte así en el método para poner en práctica el conjunto de contramedidas o estrategias para todas las situaciones; la diferencia radica simplemente en el momento en que se detecta el error.

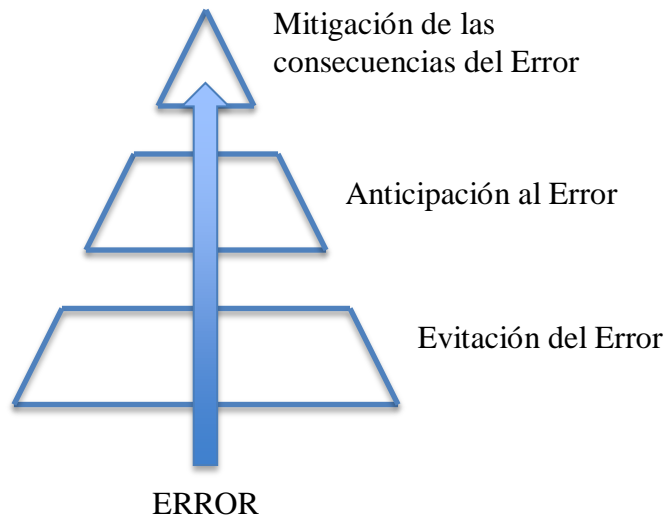


Figura 7. “Árbol” de gestión del error.

Fuente: Elaboración propia a partir de Helmreich, Merritt y Wilhelm, 1999.

Para conseguir que este enfoque de gestión del error tuviera éxito, las organizaciones debían poner en práctica diversas acciones dentro de sus políticas corporativas, encaminadas, fundamentalmente, a la normalización del error:

1. Reconocer formalmente que se producen errores.
2. Adoptar un enfoque no punitivo hacia el error (distinguiéndolo de la violación deliberada de reglas o procedimientos) para facilitar su conocimiento y minimizar la ocultación.
3. Tomar las medidas necesarias para identificar la naturaleza y las fuentes del error en las operaciones.

Para lograrlo, los operadores debían incidir en aspectos tan críticos y delicados como la comunicación de la naturaleza de los errores cognitivos y los descuidos, así como el análisis pormenorizado de los datos empíricos que muestran los efectos nocivos de ciertos factores que afectan y degradan el rendimiento, tales como la fatiga, la sobrecarga de trabajo o las emergencias. Todos estos temas, por supuesto, requieren de un entrenamiento formal, lo que indica que el C.R.M. debe seguir teniendo su propio lugar tanto en la formación inicial de las tripulaciones como en aquella que se realiza de forma periódica.

Atendiendo al segundo de los puntos citado anteriormente, el C.R.M. de quinta generación hizo hincapié en la recopilación y análisis de datos como método para avanzar en la comprensión de los errores y lograr así el éxito del programa. Con el fin de allanar este camino, la F.A.A. de los Estados Unidos puso en marcha una nueva iniciativa, los Programas de Acción de Seguridad en Aviación (*Aviation Safety Action Programs* [A.S.A.P.]), al objeto de fomentar la notificación de incidentes (derivados de problemas de seguridad y errores) dentro de las compañías aéreas, con el fin de abordar los problemas de seguridad de una manera proactiva (F.A.A., 1997). La iniciativa demostró ser un éxito rotundo (Helmrich et al, 1999).

3.4. Situación actual del C.R.M. en la aviación comercial

Los programas de entrenamiento en *Crew Resource Management* han continuado su evolución condicionados, entre otros aspectos, por los sucesos que han ocurrido en el mundo de la aviación en los últimos años. La relevancia de los entrenamientos en C.R.M. en el contexto operacional es esencial (Maurino, 1999) y, actualmente, la evidencia sobre la efectividad del entrenamiento en C.R.M., aunque imperfecta, es impresionante (Salas et al., 2001). Siguiendo a Helmreich (2006) y Marshall (2010), podemos afirmar que nos encontramos dentro de lo que ya se conoce como sexta generación de los programas de entrenamiento en C.R.M.

3.4.1. Sexta generación: gestión del error y la amenaza propia del ámbito de operación

El entrenamiento C.R.M. de sexta generación surge como lógica continuación de la generación anterior y refleja el hecho de que las tripulaciones aéreas ya no sólo deben enfrentarse al error humano dentro de la cabina de vuelo, sino también gestionar las amenazas externas que provienen del ámbito de operación (Helmreich, 2006). Se parte de la premisa de que lo más adecuado es centrarse en la gestión del error humano, pero intentando ir un poco más allá. La característica fundamental de esta etapa es que en ella se tiene una conciencia mayor de aquellos riesgos contextuales que deben ser manejados. Las tripulaciones de vuelo no sólo deben hacer frente a un error humano en el interior de la cabina, sino que también deben enfrentarse a las amenazas a la

seguridad de vuelo que surgen del entorno de trabajo en su conjunto, aquellas que provienen del entorno operativo (por ejemplo, el olvido de una herramienta en el interior de la aeronave al realizar una reparación rutinaria, un cálculo erróneo de combustible a la hora de repostar el avión por parte del personal de la aerolínea o un error de comunicación por parte del controlador de tráfico aéreo). Como consecuencia de esto, el punto de atención ya no está puesto de forma unitaria en el piloto (como en los entrenamientos de primera generación), ni incluso en la tripulación (propio de las generaciones segunda y posteriores), sino que la gestión de la amenaza, y con ello de la seguridad, abarca un campo mucho más amplio, el de todo el ámbito en el que se desarrollan las operaciones aéreas.

Tenemos entonces que, en nuestros días, la metodología del C.R.M. tiene como objetivo no sólo eliminar, frenar o mitigar los errores, sino también identificar y hacer frente a las amenazas sistémicas a la seguridad que se presentan en un mundo tan complejo como es el de la aviación. El gran salto que se ha producido entre la quinta y la sexta generación del C.R.M. ha sido la toma de conciencia de un nuevo aspecto, la amenaza externa, que supone nuevos retos y desafíos para la ciencia psicológica aplicada a la aviación y amplía aún más su campo de acción.

La sexta generación de C.R.M. es compatible con las generaciones anteriores por el hecho que el análisis de la actuación humana es común a todas las generaciones de entrenamiento en C.R.M. El entrenamiento específico en el uso de la automatización y el papel del liderazgo de los comandantes de aeronave, que se destacaba en la tercera generación, puede ser perfectamente integrado bajo este nuevo modelo. El enfoque de gestión del error de la quinta generación reforzaba el enfoque A.Q.P. a la formación de la cuarta generación, proporcionando una demostración de suma importancia de las razones para subrayar el C.R.M. en todos los aspectos de entrenamiento de vuelo. En el mismo sentido, la integración del C.R.M. en la formación técnica y la procedimentalización de los entrenamientos también caben bajo este paraguas, y es probable que sean mejor comprendidos y aceptados cuando los objetivos quedan claramente definidos y forman parte de la cultura organizacional. La división en módulos encaminada a mejorar los procesos de formación pueden ser vistos como técnicas básicas en la gestión del error. Del mismo modo, la formación conjunta de tripulaciones de cabina de vuelo y cabina de pasajeros suponen una ampliación del

ámbito de la gestión de errores a todos los empleados en una cultura de la seguridad (Merritt y Helmreich, 1997b). Por último, la clarificación de los objetivos básicos del entrenamiento C.R.M. puede ser la mejor forma de llegar a aquellos profesionales más reticentes, que poco a poco se van convenciendo de la gran importancia que tiene la gestión del error como método de disminución de la siniestralidad en aviación.

En el año 1998 el entrenamiento en C.R.M. se convierte en obligatorio para todas las compañías aéreas del mundo (O.A.C.I., 1998). Como hemos visto, los programas de entrenamiento en C.R.M. ya eran recomendados por los principales reguladores de la aviación civil y llevados a la práctica por la mayor parte de las grandes compañías aéreas nacionales e internacionales (Helmreich, 2006), así como por las Unidades de Fuerzas Aéreas de los países más avanzados. Actualmente la mayor parte de estas compañías realizan cursos de Gestión de Recursos de la Tripulación en la formación de sus tripulaciones de forma recurrente en cualquier parte del mundo. Aún así, queda mucho por hacer, ya que existen diferencias en la formación de unas compañías a otras, y no todas las tripulaciones de aviación reciben realmente dicha formación (F.A.A., 2012). A esto hay que añadir que existen puntos importantes que el C.R.M. no incluye y que pueden resultar básicos para ayudar a las tripulaciones en su trabajo y con ello reducir aún más los accidentes aéreos (Muñoz-Marrón et al., 2018). A pesar de los avances, la relación entre el C.R.M. y el aumento de la seguridad resulta tenue (Maurino, 1999). A esto se debe añadir que existe falta de evidencia para apoyar la idea de que el entrenamiento C.R.M. está teniendo un efecto directo sobre la tasa de accidentes (O'Connor, Jones, McCauley y Buttrey, 2012), provocado en gran medida por el reducido tamaño muestral de los diferentes estudios realizados y la pequeña tasa de accidentes que, afortunadamente, se produce en aviación en la actualidad y que hace imposible establecer una relación directa entre el desarrollo de entrenamientos en C.R.M. y la disminución de los mismos.

Con el paso de los años y la entrada en el nuevo siglo, el C.R.M. ha continuado su evolución, haciéndose más sofisticado, integrando aspectos de una industria que avanza con rapidez y se hace cada vez más compleja. Sin embargo, no hay ninguna duda en que los programas de entrenamiento en C.R.M. actualmente suponen un conjunto de contramedidas que contribuyen al reconocimiento del error humano y la amenaza del entorno operativo, convirtiéndose en una herramienta fundamental en la

gestión eficaz de los mismos.

3.5. El C.R.M. en el Ejército del Aire

Al igual que existen en la actualidad numerosos y muy diferentes operadores aéreos con características propias, nos encontramos con distintos y variados programas de entrenamiento en C.R.M., cuyos contenidos dependen fundamentalmente de factores tales como el tipo de tripulación, el modelo de avión a operar, las restricciones económicas, la cultura organizacional que posee el propio operador o incluso el organismo encargado de la planificación del programa formativo (F.A.A., 2012). También, el entrenamiento en C.R.M. en el ámbito militar se ha definido con su propia idiosincrasia, siguiendo su propio camino (Alkov, 1989; Helmreich et al., 1999) y diferenciándose del C.R.M. civil. La investigación militar en C.R.M. tiene una historia relativamente breve (Prince y Salas, 1993). En un estudio llevado a cabo en la *Navy* de los EE.UU., O'Connor y sus colaboradores encontraron que sus pilotos tenían una opinión positiva de los programas de entrenamiento en C.R.M., defendían que estos eran útiles y mostraban una actitud positiva hacia los conceptos trabajados en dicha formación (O'Connor et al., 2012). Sin embargo, esto no siempre fue así y los comienzos del C.R.M. en la aviación militar también siguieron un camino tortuoso.

El entrenamiento en C.R.M. fue introducido en el ejército de los EE.UU. a finales de los años ochenta (Prince y Salas, 1993), y ya en 1994 la *Air Force* obligaba a todos los componentes de tripulaciones de vuelo a recibir entrenamiento y evaluación en C.R.M. (O'Connor, Hahn y Nullemeier, 2010). La introducción del entrenamiento en C.R.M. en el ejército estadounidense proviene directamente de la gran profusión que este había tenido en la aviación comercial (O'Connor et al., 2010). Como puede suponerse, el diseño de dichos programas de entrenamiento estaba basado en el modelo generado para la aviación civil. Este hecho provocó que los primeros cursos de C.R.M. en el ámbito militar, al igual que ocurriera al comienzo de su implantación en la aviación comercial, no fueran bien recibidos por los pilotos militares. A pesar de la oposición inicial, a comienzos de los años noventa las Fuerzas Armadas estadounidenses comienzan a apoyar económicamente la investigación encaminada a desarrollar un modelo de entrenamiento eficaz en C.R.M. militar (Prince y Salas, 1993), trabajando, en el caso de la *Navy*, habilidades tales como: toma de decisiones,

adaptabilidad/flexibilidad, conciencia situacional, análisis de la misión, comunicación, asertividad y liderazgo (Oser, Salas, Merket y Bowers, 2001); o en la *Air Force* otras como: coordinación de la tripulación, comunicación, gestión del riesgo/toma de decisiones, gestión de la tarea y planificación de la misión. Este modelo será posteriormente utilizado tanto en el ejército de los EE.UU., como en otros muchos ejércitos de todo el mundo, a los que servirá de base para desarrollar diferentes programas de entrenamiento en C.R.M. (O'Connor et al., 2010). La importancia que ha alcanzado ha sido tal que el entrenamiento C.R.M. se encuentra actualmente incorporado, de forma obligatoria, a los planes de instrucción de las principales Fuerzas Aéreas de nuestro entorno (Ejército del Aire [E.A.], 2017).

Existen diferencias entre los programas de C.R.M. civiles y militares, provocadas fundamentalmente por las diferentes características que presenta cualquier misión de carácter militar frente a otra de carácter civil. De hecho, la investigación militar en C.R.M. se inició por la necesidad de atender los requerimientos específicos de la aviación militar (Prince y Salas, 1993). Las operaciones de vuelo militar pueden llegar a ser muy complejas (O'Connor et al., 2010) por la gran cantidad de factores a tener en cuenta (operación en zonas de riesgo, tiempo limitado, posibles acciones hostiles, condiciones meteorológicas adversas, gran carga de trabajo, etc.). O'Connor y colaboradores (2010) describieron tres aspectos fundamentales que diferencian la aviación militar de la aviación civil. En primer lugar, es fundamental tener en cuenta que *el cumplimiento de la misión* es el objetivo prioritario de la aviación militar, pasando a segundo lugar la seguridad en la operación. A pesar que en los últimos tiempos la seguridad se ha convertido en factor primordial a tener en cuenta (E.A., 2015) y todos los esfuerzos se dirigen hacia la consecución de la siniestralidad cero (Muñoz-Marrón et al., 2018), las Fuerzas Armadas fueron creadas para proporcionar un servicio al ciudadano, un servicio que implica la asunción de ciertos riesgos a los cuales son ajenos las tripulaciones civiles. En segundo lugar, el personal militar presenta una alta rotación en cuanto a sus destinos, mucho mayor que la de sus colegas civiles. Un piloto o tripulante de vuelo militar está sujeto al funcionamiento de su ejército y una dinámica de ascensos y cambios de destino que hacen que su tiempo en cualquier escuadrón de vuelo no sea demasiado largo. En tercer lugar, hay que tener en consideración que el ejército es una organización muy heterogénea, en la que existen muchos y muy diferentes tipos de aeronaves, diferentes tipos de misiones, ambientes

operacionales, tipos de tripulación, niveles de automatización de las cabinas... En cuarto lugar, encontramos las tradiciones y cultura propia del ámbito militar, a la que habría que añadir la específica de cada una de las Unidades de vuelo de los ejércitos. Esta cultura organizacional suele ser más fuerte que la que poseen las compañías civiles, y en algunos casos hace que ciertos comportamientos sean muy difíciles de cambiar y necesiten de mucho tiempo para ser modificados.

Si nos centramos en nuestro país y, más concretamente, en el Ejército del Aire, que es el organismo que opera la mayor parte de las aeronaves militares en España²³, nos encontramos con que el concepto de C.R.M. ha sido introducido apenas hace unos años en las diferentes Unidades. En sus comienzos, el tratamiento del mismo, además, no dejaba de hacerse de un modo que podríamos considerar *amateur*, esto es, sin unas directrices claras del Mando para su implantación como herramienta fundamental en el entrenamiento de las tripulaciones aéreas, sino más bien como el intento de algunos pilotos, tripulantes y otros profesionales con diferentes puestos dentro de la estructura militar de trasladar aquellos conocimientos que poseían en este ámbito a las operaciones aéreas cotidianas del E.A.

Siguiendo las directrices de la O.A.C.I. y de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (A.E.S.A.), que recogen en su normativa la necesidad de implantar, por parte de los operadores, programas de entrenamiento en C.R.M. y que definen los contenidos a tratar en los mismos, el 19 de diciembre del año 2014 veintinueve oficiales del Ejército del Aire finalizaron la primera formación oficial que se ha impartido sobre C.R.M. dentro del ámbito militar español. Las I Jornadas Informativas de Formación de Instructores de Gestión de Recursos de la Tripulación (C.R.M.) se llevaron a cabo en la Escuela de Técnicas Aeronáuticas (ESTAER) situada en la Base Aérea de Torrejón, abordando un amplio campo de conocimientos, habilidades y actitudes para preparar a los futuros instructores en aspectos tales como la comunicación, la conciencia situacional, la gestión del error, el trabajo en equipo o la toma de decisiones. Con este inicio formal de la formación en C.R.M. dentro del E.A. se marca un antes y un después en la introducción de este concepto en las Fuerzas Armadas (F.A.S.) españolas. El E.A. pretende conseguir con ello que todas las Unidades tengan en su plantilla personal

²³ No debemos olvidar que, en España, también el Ejército de Tierra, la Armada y la Guardia Civil poseen y operan aeronaves, aunque, como es lógico, el peso del “arma aérea” recae en el Ejército del Aire.

preparado para formar a los tripulantes en este campo de conocimiento (Saura, 2015), para poco a poco convertir estos programas de entrenamiento en parte integral de la preparación de sus tripulaciones.

Fruto de esta primera iniciativa, se ha ido generando un grupo de especialistas en la materia que, a través de la realización de cursos de formación de Facilitadores en C.R.M., han ido transmitiendo a cierto personal de las diferentes Unidades del E.A. los conocimientos necesarios para poder implementar programas de entrenamiento adaptados a las necesidades propias de cada Unidad. Al tiempo, estos cursos de formación han servido para crear una cultura organizacional muy adecuada para que los conceptos del C.R.M. tengan el calado necesario en la organización. Símbolo relevante de esta cultura organizacional es la publicación, por parte de la División de Operaciones del Estado Mayor, del *Manual C.R.M. del E.A.* Dicho manual se constituye en herramienta fundamental para su utilización, por parte de las Unidades, a la hora de desarrollar entrenamientos C.R.M. específicos y adaptados a cada una de ellas (E.A., 2017).

Como puede apreciarse, los programas de entrenamiento en C.R.M. se han introducido en la aviación militar española, de modo que su aceptación en esta etapa inicial ha sido muy favorable, y su implementación y desarrollo posterior por parte de todas las Unidades de vuelo es sólo una cuestión de tiempo. Todas estas iniciativas son fruto de la firma por parte del Jefe del Estado Mayor del E.A. (J.E.M.A.) de la Directiva 07/2015 que recoge las directrices del proceso de implantación del programa C.R.M. específico para el Ejército del Aire. La implantación de dicho programa supone una apuesta firme por el desarrollo del entrenamiento C.R.M. en nuestra Fuerza Aérea y “pretende dar un salto de calidad en todos los aspectos relacionados con las operaciones aéreas y su seguridad” (E.A., 2017, p. i).

Es un hecho que las tripulaciones militares continuarán recibiendo, cada vez más, entrenamiento en C.R.M., si bien es cierto que, tal y como defienden diferentes autores (O’Connor et al., 2010, 2012) este tiene que adaptarse a las demandas propias de la aviación militar. A esto hay que añadir el desarrollo que, muy probablemente, presentarán en un futuro cercano los programas de entrenamiento en C.R.M. en aquellos ámbitos militares no directamente relacionados con las operaciones de vuelo, ya que a

pesar de que no hay constancia de que el C.R.M. se haya utilizado en España de forma generalizada en el ámbito militar fuera de lo que son las operaciones de vuelo, ya existen experiencias al respecto en la *Navy* de los EE.UU. en la que programas de C.R.M. se han implantado en la medicina naval y los métodos de trabajo de los buceadores de la marina estadounidense (O'Connor y Muller, 2006).

3.5.1. Luces y sombras de los programas de entrenamiento en C.R.M.

Si bien la eficacia de los programas de entrenamiento en C.R.M. ha sido certificada por las organizaciones internacionales y nacionales de aviación civil e incorporados por la mayor parte de los operadores aéreos de todo el mundo, no son pocos los problemas que nos encontramos para su total implantación en un sistema tan complejo como es el de la aviación. Diferentes trabajos (Helmreich et al., 1999; Maurino, 1999; O'Connor et al., 2012; Salas et al., 2001) recogen algunos de los aspectos que pueden poner en tela de juicio la validez de los entrenamientos en factores humanos de gestión de recursos de la tripulación, a los que se han añadido algunos otros que consideramos relevantes.

1. Dificultad en la validación del C.R.M. La pregunta fundamental de si el entrenamiento C.R.M. cumple correctamente el propósito para el que fue diseñado de aumentar la seguridad y eficacia de un vuelo no tiene una respuesta simple, fundamentalmente por la ausencia de una única y totalmente fiable medida de criterio. El criterio de validación que, *a priori*, parece más obvio sería la tasa de accidentes por número de vuelos o número de pasajeros, pero esta ha descendido de un modo tan considerable desde el comienzo de la aviación (F.A.A., 2012) que en la actualidad es increíblemente baja y no es posible utilizarla. A esto hay que añadir que los programas de entrenamiento en C.R.M. son tan variados y diferentes, que nunca será posible extraer conclusiones sólidas sobre el impacto que dicha formación presenta durante un período de tiempo finito (Helmreich, Chidester, Foushee, Gregorich y Wilhelm, 1990) mediante la utilización de estos criterios. Los informes que reportan incidentes y que no han terminado en accidentes podrían ser utilizados como otra posible medida; sin embargo, y a pesar del gran avance que ha supuesto la implementación de programas como el A.S.A.P. (citado anteriormente), la notificación de incidentes es voluntaria y no se puede conocer la verdadera tasa de ocurrencias, que sería necesaria para la

validación. Los investigadores se ven entonces obligados a utilizar criterios de sustitución para sacar conclusiones de un modo más indirecto (Helmreich y Foushee, 1993; Helmreich y Wilhelm, 1991).

Los dos criterios más accesibles y lógicos utilizados habitualmente son el comportamiento en la cabina de vuelo y las actitudes que muestran la aceptación o el rechazo de los conceptos de C.R.M. por parte de aquellos profesionales que deben ponerlos en práctica. La evaluación formal durante la simulación de una misión completa (L.O.E.) supone un buen comienzo; sin embargo, el hecho de que las tripulaciones puedan demostrar una coordinación eficaz mientras están siendo evaluadas en condiciones de peligro no significa que practiquen estos conceptos durante las operaciones normales de vuelo. Algunos investigadores defienden que los datos más útiles deben ser obtenidos de las evaluaciones llevadas a cabo durante la realización de cualquier ruta de vuelo, donde se puede observar a las tripulaciones en condiciones normales (Helmreich y Merritt, 1998), si bien es cierto, que los datos de diversos estudios han demostrado que el entrenamiento C.R.M. que incluye este tipo de entrenamiento conocido como L.O.F.T., así como el adiestramiento periódico, producen cambios deseados en el comportamiento (Helmreich y Foushee, 1993). Este hallazgo es congruente con las evaluaciones que los propios participantes realizan de los programas de entrenamiento en C.R.M., y que ponen de manifiesto su importancia y eficacia (Helmreich y Foushee, 1993; O'Connor et al., 2012).

Las actitudes de los diferentes componentes de las tripulaciones en la gestión de la cabina de vuelo son otro indicador, ya que reflejan los aspectos psicológicos de los conceptos analizados en este tipo de entrenamientos. Por ello, se ha evaluado también el impacto de los programas de C.R.M. teniendo en cuenta aquellas actitudes que juegan un papel importante en los accidentes e incidentes aéreos (Helmreich y Foushee, 1993; Helmreich, Merritt, Sherman, Gregorich y Wiener, 1993) y los datos procedentes de un gran número de organizaciones muestran que estas también han cambiado en una dirección positiva (Helmreich y Wilhelm, 1991).

2. El C.R.M. no es aceptado de igual modo por todos los profesionales. Desde los primeros programas de entrenamiento en gestión de la tripulación hasta ahora, siempre ha habido un pequeño número de pilotos que ha sido crítico y ha rechazado los

conceptos inherentes a este tipo de programas (Helmreich y Wilhelm, 1991). Estas reticencias hacia la formación en C.R.M. se han presentado en profesionales de todas las aerolíneas y es un tema ampliamente conocido por todos los estamentos en el mundo de la aviación. Incluso se han llegado a acuñar gran variedad de términos para definir a estos profesionales, tales como *boomerangs*, *cowboys* o *drongos*²⁴ (Helmreich et al., 1999). Los esfuerzos por “convencer” a estos pilotos de la importancia vital que el entrenamiento en C.R.M. tiene para la seguridad no han demostrado ser especialmente eficaces, por lo que existen pilotos en muchas compañías, e incluso en mayor número dentro de las Unidades de Fuerzas Aéreas de los Ejércitos de todas las naciones, que consideran que el C.R.M. “no va con ellos”. A este problema debemos añadir el de que muchos de los conceptos teóricos del C.R.M. no se han trasladado a la práctica, esto es, desde el aula hasta el vuelo (recordemos que este era uno de los objetivos prioritarios de los programas de cuarta generación), provocando que algunos de los constructos trabajados no se lleguen a materializar del modo deseado durante el desarrollo de una operación de vuelo real. Por ejemplo, respecto a la automatización de las cabinas, algunas compañías aéreas han introducido módulos específicos de C.R.M. para abordarlo. Durante el entrenamiento insisten en la importancia de la verificación previa y el reconocimiento de los cambios en la programación, en lugar de la reprogramación de equipos de administración de vuelo en situaciones de alta carga de trabajo o espacio aéreo congestionado. Sin embargo, un porcentaje significativo de los pilotos observados en las operaciones reales de vuelo no siguen estos preceptos (Helmreich, Hines y Wilhelm, 1996).

3. La asimilación de los conceptos básicos puede verse afectada por el paso del tiempo. En un estudio realizado con pilotos pertenecientes a diferentes organizaciones años después de que hubiesen realizado su entrenamiento inicial en C.R.M., se encontró que existe una desviación importante en la aceptación de los conceptos básicos, incluso manteniendo el entrenamiento periódico (Helmreich y Taggart, 1995). Las razones del porqué de esta decadencia en las actitudes hacia el C.R.M. no están claras, pero podemos hablar de posibles causas, tales como (Helmreich, 1999):

- La falta de apoyo a la gestión del C.R.M. por parte de las organizaciones implicadas.

²⁴ La palabra *drongo* se utiliza en inglés australiano como un pequeño insulto que significa *compañero estúpido*. El término se comenzó a utilizar en el mundo anglosajón para definir a aquellos pilotos que se mostraban críticos con este tipo de entrenamientos.

- El fracaso por parte de los evaluadores en vuelo como pilotos responsables de verificar y reforzar su práctica.
- La ampliación de la formación a otros colectivos, como tripulantes de vuelo y resto de personal (es posible que un programa que se crea para adaptarse a todos los grupos profesionales pueda carecer de la especificidad necesaria para modificar comportamientos).
- La procedimentalización del C.R.M. (es decir, la obligación formal a seguir los preceptos del C.R.M.), que puede oscurecer el objetivo de la modificación del comportamiento.

4. Los programas de C.R.M. no se han exportado correctamente. Como los programas de formación de la primera y segunda generación de C.R.M. comenzaron a proliferar con gran rapidez, muchas aerolíneas (inicialmente en los EE.UU. y después en todo el mundo) empezaron a comprar los cursos de otras compañías aéreas o de organizaciones especializadas en formación. Incluso en los EE.UU., los cursos diseñados por otras organizaciones para ciertas aerolíneas tuvieron un impacto menor que aquellos que fueron desarrollados por las propias compañías aéreas, ya que no eran capaces de reflejar la cultura de la organización y las cuestiones operativas de la compañía receptora. La situación fue incluso peor cuando el entrenamiento fue exportado de los EE.UU. para ser desarrollado en otras naciones, ya que en muchos casos los conceptos presentados eran incongruentes con la cultura nacional de los pilotos.

Algunos estudios (por ejemplo, Hofstede, 1980) encontraron que ciertas reticencias de las mostradas por parte de algunas tripulaciones aéreas hacia los entrenamientos en C.R.M. podían venir provocadas por las diferencias culturales existentes entre los países a los que pertenece cada tripulación. La cultura de pertenencia parece influir de un modo directo en la aceptación de algunos de los componentes esenciales del programa de entrenamiento en C.R.M., de tal modo que encontramos profesionales más identificados con los preceptos de este tipo de programas como pueden ser aquellos pertenecientes a culturas colectivistas, donde la prioridad son los objetivos del grupo y el concepto de trabajo en equipo, por lo que la formación basada en generar comportamientos que promuevan la eficacia grupal es fácilmente aceptada. Al mismo tiempo, encontramos otros profesionales más reticentes

a la aceptación de los mismos, debido a que los valores que imperan en su cultura y bajo los que cada persona ha sido educada durante muchos años hacen que estos programas se vean bajo un prisma diferente. Es el caso de aquellos pertenecientes a culturas altamente individualistas como la occidental, que subrayan la independencia del grupo y la prioridad de los objetivos personales. También tenemos culturas como la China, o América Latina, que hacen hincapié en la autoridad absoluta de los líderes y cuyos profesionales serán reticentes a cuestionar las decisiones y acciones de sus superiores por considerarlo una falta de respeto, provocando que las exhortaciones a los tripulantes jóvenes a ser más asertivos y cuestionar ciertas acciones de sus comandantes de aeronave, como parte del entrenamiento en C.R.M., no resulten del todo eficaces (Helmreich et al., 1999). Y otras culturas, como las mediterráneas, que poseen un alto control de la incertidumbre en el que se hace necesario introducir una conducta gobernada por el cumplimiento de reglas y procedimientos claramente definidos (Merritt, 1996), y cuyos profesionales presentarán una menor adherencia al cumplimiento de procedimientos operativos estándar, y por el contrario, una mayor flexibilidad operativa de comportamiento (Helmreich et al., 1996).

Todos estos aspectos culturales provocaron que se trabajara en la búsqueda de un entrenamiento C.R.M. que fuera aceptado con agrado por los pilotos de todas las naciones, incluyendo los más reticentes.

5. El entrenamiento en C.R.M. es caro. En muchas ocasiones escuchamos que los programas de entrenamiento en factores humanos, y concretamente en C.R.M., tienen un coste elevado en tiempo, esfuerzo y medios humanos y económicos. Si bien esto no deja de ser cierto, no lo es menos que, si analizamos su eficacia, parece que esta no deja lugar a dudas. Si además tenemos en cuenta, por ejemplo, el precio de un avión moderno, o el coste de la formación de vuelo de un piloto, o incluso la repercusión que puede tener para la industria un accidente aéreo de gran magnitud (todo esto sin abordar el tema de la pérdida de vidas humanas), llegamos a la misma conclusión que llegaron O'Connor y colaboradores (2010) al afirmar que un programa eficaz de entrenamiento en C.R.M. supone una inversión realmente rentable, en términos de costes-beneficios, tanto para la seguridad como para la ejecución de cualquier misión.

6. El halo de invulnerabilidad de algunos pilotos. La mayoría de los pilotos, de todas las aerolíneas del mundo, sienten, por citar algunos ejemplos, que su toma de decisiones es tan buena en situaciones de emergencia como en situaciones normales, o que su ejecución no se ve afectada por problemas personales, o que su experiencia les proporciona la capacidad para poder resolver cualquier evento inesperado sin ayuda del resto de la tripulación. Esta actitud de invulnerabilidad personal es un componente realmente negativo de la cultura profesional de los pilotos (Helmreich y Merritt, 1998). De igual modo, existen pilotos pertenecientes a todas las regiones del mundo que mantienen actitudes poco realistas sobre los efectos que ciertos factores relacionados con el estrés tienen en su rendimiento y creen que no cometen más errores en aquellas situaciones en las que los niveles de estrés son elevados. La sensación de la mayoría de ellos es que un piloto verdaderamente profesional puede dejar sus problemas personales de lado durante el vuelo y que su capacidad en el proceso de toma de decisiones es la misma en situaciones de emergencia que en operaciones normales (Helmreich y Merritt, 1998; Merritt y Helmreich, 1997a). Un entrenamiento que demuestre que estas creencias son erróneas y que son fruto de un exceso de confianza puede conducir al reconocimiento de la degradación del rendimiento asociado con el estrés y fomentar actitudes más realistas que hagan que las tripulaciones acepten más fácilmente el entrenamiento C.R.M. como una contramedida esencial (Helmreich et al., 1999) en pro de la seguridad.

7. ¿Capacita el C.R.M. a los profesionales para situaciones no previstas y no procedimentalizadas? La tesis de Helmreich y sus colaboradores (1999), que nosotros (por nuestro conocimiento de la realidad in situ) compartimos plenamente, es que actualmente los pilotos están más capacitados que en épocas anteriores para desarrollar estrategias eficaces en la gestión del error al enfrentarse a situaciones en que se carece de procedimientos, esto es, frente a la ocurrencia de eventos novedosos, no habituales, de carácter imprevisible y que no son susceptibles de procedimentalización (Muñoz-Marrón et al., 2018). Sin embargo, al igual que en otros aspectos, el desarrollo espectacular de los recursos humanos en aviación adolece de ciertas lagunas en aspectos en los que un análisis en profundidad resulta necesario. La tendencia de las últimas generaciones de C.R.M. a incluir en los procedimientos operacionales de cada modelo de avión conductas o comportamientos concretos que cada miembro de la tripulación debe realizar ante la aparición de un suceso durante el vuelo, ha mejorado la

distribución y asignación de tareas dentro de las cabinas de vuelo, pero ha tenido como consecuencia directa una limitación en cuanto al entrenamiento de los tripulantes aéreos, fundamentalmente los pilotos, frente a situaciones no esperadas (Muñoz-Marrón et al., 2018). Las listas de procedimientos (*checklist*) incluyen conductas específicas cuando se presenta una emergencia, pero no todas las situaciones de emergencia pueden ser recogidas por las *checklists* (Muñoz-Marrón et al., 2018). Entonces, ¿qué ocurre cuando la emergencia no está recogida en dichos procedimientos, ¿estarán entonces los pilotos, habituados y entrenados para seguir simplemente sus *checklist*?, ¿estarán preparados para responder de manera eficaz a dicho suceso? No podemos olvidar que una gran parte de los sucesos que provocan los accidentes aéreos no son susceptibles de estar protocolizados (Muñoz-Marrón et al., 2018) y que aún siendo así, un conjunto de procedimientos de memorización no conduce a un rendimiento óptimo (Pettitt y Dunlap, 1997).

Por todas estas razones, cuando hablamos de los programas de C.R.M. dentro del contexto de la aviación, es fácil entender tanto sus contribuciones como sus limitaciones. Lo que está claro es que la razón fundamental para la formación en factores humanos es tan fuerte ahora como lo era cuando el término C.R.M. fue acuñado por primera vez (Helmreich, 1999). “El C.R.M. no es y nunca será el mecanismo que elimine el error y garantice la seguridad en un entorno de riesgo como la aviación. El error es el resultado inevitable de las limitaciones naturales de la ejecución humana y del funcionamiento de sistemas complejos” (Helmreich, et al., 1999, p. 30). Lo que sí constituye una evidencia es que el entrenamiento en C.R.M. es una de las herramientas que las organizaciones pueden utilizar para gestionar el error (Helmreich, et al., 1999), “una de las muchas herramientas con que la tripulación de vuelo cuenta para gestionar el error y la amenaza” (Helmreich, 2006, p.29), en el interminable intento de avanzar en el camino de la reducción de los accidentes aéreos.

4. LA FORMACIÓN DE LOS PROFESIONALES DE VUELO EN ESPAÑA

Ante el gran desarrollo que ha sufrido la aviación a lo largo del siglo XX y comienzos del XXI ²⁵ (Muñoz-Marrón, Gil y Lanero, 2018), actualmente, los profesionales de vuelo desarrollan su trabajo en todo tipo de países a lo largo y ancho del planeta. Estos profesionales pertenecen fundamentalmente a países de la órbita occidental, que trabajan tanto en sus propias naciones como en otras cuyas economías emergentes han propiciado un avance tan rápido de la aviación que carecen de personal con la formación requerida para cubrir la gran demanda existente. Es el caso de los Emiratos Árabes Unidos (E.A.U.), Qatar, Arabia Saudí, Estados Unidos (EE.UU.) o China, por citar algunos de los países más representativos. Sin embargo, y quizás provocado por esta gran dispersión de aquellos que ejercen alguna de las profesiones relacionadas con la aviación, su formación está lejos de estar unificada y varía dependiendo de la nación en que cada uno de ellos lleve a cabo sus estudios. En líneas generales, los requisitos académicos y carreras profesionales son similares, pero, a pesar incluso de que la globalización hace que profesionales de unos países trabajen en otros muy lejanos, la estandarización total no existe. A esto hay que añadir el hecho de que las Fuerzas Armadas (F.A.S.) de las diferentes naciones necesitan de este tipo de profesionales. La ciencia psicológica ha contribuido enormemente a su selección (Jones, 1991), especialmente en lo que respecta a pilotos (ver e.g. Corroto, 2012; Hilton y Dolgin, 1991) y controladores de tránsito aéreo (ver e.g. Hättig, 1991), y posterior formación (Navas, 2012), que realizan, junto a sus compañeros mecánicos de a bordo, en las diferentes Academias y Escuelas militares. Este grupo de profesionales de la aviación componen, junto a sus colegas con recorrido académico civil, un colectivo complejo en cuanto a carrera profesional se refiere, fundamentalmente por la existencia de una permeabilidad entre ambos mundos, militar y civil, realmente elevada y que se ve enormemente acrecentada en aquellos momentos en los que la aviación civil se desarrolla con rapidez, como está ocurriendo actualmente. Si bien es cierto que dicha permeabilidad entre ambos mundos se produce, en mayor medida, cuando los

²⁵ Ver Capítulo 1, apartado 1. *El avión como medio de transporte.*

profesionales del ámbito militar son contratados por compañías de aviación y civiles, dándose en pocos casos el proceso en sentido contrario.

Con la intención de no hacer demasiado complejo su análisis, y con el objetivo de, a partir de la descripción de las carreras formativas, encontrar aquellos aspectos que pueden resultar mejorables, el presente trabajo se centra en el estudio de la situación en España y en cómo se desarrollan los diferentes programas de formación de los profesionales de vuelo implicados en esta investigación: pilotos, controladores de tránsito aéreo y mecánicos de a bordo (también denominados mecánicos de vuelo).

4.1. La formación de los pilotos

Los pilotos que desarrollan su trabajo en cualquiera de las compañías aéreas que operan en el mundo provienen fundamentalmente de dos carreras formativas. La primera corresponde a aquellos profesionales que, habiendo recibido una formación como pilotos militares deciden trasladar su carrera al ámbito civil y, después de realizar los trámites administrativos y académicos necesarios, son seleccionados por alguna compañía aérea para formar parte de sus tripulaciones. La segunda hace referencia a los pilotos que han recibido toda su formación en escuelas de aviación civiles y que, una vez que poseen la licencia de piloto en vigor, son seleccionados por una compañía para formar parte de sus tripulaciones. Existe, o más bien existió (al menos en España), una tercera vía de acceso a la profesión, totalmente desaparecida en la actualidad y que fue aquella en la que una gran compañía aérea, con necesidad de pilotos convocaba un programa de becas para seleccionar, entre jóvenes con ciertos requisitos en cuanto a formación se refiere y elevado potencial, alumnos a los que formaba la propia compañía para integrarlos, una vez terminado el correspondiente curso, como personal de su aerolínea (fue el caso, por ejemplo, de Iberia en España en los años 80).

Centrándonos en nuestro país, podemos afirmar que existen fundamentalmente tres vías de acceso a la profesión de piloto, que son las siguientes (si bien es cierto que la permeabilidad entre ellas ha sido y sigue siendo muy alta):

- Academia General del Aire (Universidad de la Defensa): piloto militar.

- Escuelas de vuelo (A.T.O.²⁶/F.T.O.²⁷): piloto civil.
- Selección por parte de la propia compañía aérea: piloto civil.

4.1.1. Academia General del Aire (A.G.A.): piloto militar

Los pilotos militares son alumnos que terminan sus cinco años de formación (350 créditos *European Credit Transfer System* [E.C.T.S.]) en la A.G.A., centro educativo encargado de formar a todos los oficiales del Ejército del Aire (E.A.). La A.G.A. está situada en la población de San Javier (Murcia) y en ella se imparte la formación inicial (cuatro primeros cursos) a los futuros pilotos militares (tanto de aviones de caza, como de aviones de transporte y helicópteros).

Una vez que los alumnos han superado en este centro académico los cuatro primeros cursos, en los que se incluye la fase inicial de vuelo (que tiene lugar durante el tercer y cuarto curso), pasan a realizar el quinto curso en las diferentes escuelas aéreas militares, dependiendo de la especialidad elegida: piloto de transporte en la Escuela de Transporte Aéreo Militar del GRUEMA (Grupo de Escuelas de Matacán, ubicado en la Base Aérea de Matacán, Salamanca); piloto de caza en la Escuela de Reactores (Ala 23) de la Base Aérea de Talavera la Real (Badajoz); o piloto de helicópteros en la Escuela de Helicópteros (Ala 78) en la Base Aérea de Armilla (Granada). Una vez finalizado con éxito el quinto curso, los alumnos se convierten en oficiales del Cuerpo General del E.A. con la especialidad de *Vuelo* (Real Decreto [R.D.] 711/2010)²⁸, siendo destinados a las diferentes Unidades de vuelo que el E.A. tiene repartidas por todo el territorio nacional. Los alumnos que no superan las pruebas iniciales de vuelo siguen otro camino en su currículo académico (ver Figura 8), cambiando su especialidad por la de *Defensa y Control Aéreo (DCA)*.

²⁶ Organización de Formación Aprobada (*Approved Training Organization* [A.T.O.]): organización calificada para obtener o mantener una aprobación que le permite impartir formación relacionada con las licencias de piloto y las habilitaciones y certificados correspondientes (Reglamento UE 290/2012 Subparte GEN, Requisitos Generales, Sección I Disposiciones Generales, ARA.GEN.105 Definiciones).

²⁷ Organización para Entrenamiento de Vuelo (*Flight Training Organization* [F.T.O.]): organización dirigida y equipada para ofrecer enseñanza teórica e instrucción, tanto en vuelo como en entrenador sintético, de acuerdo con programas de formación específicos.

²⁸ Artículo 20 del Reglamento de Especialidades Fundamentales de las Fuerzas Armadas (R.D. 711/2010, de 28 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de especialidades fundamentales de las F.A.S.).

En la actualidad, el sistema de enseñanza militar está integrado dentro del Sistema Educativo General y proporciona a los alumnos de la enseñanza militar de formación de oficiales del Cuerpo General los conocimientos y habilidades para que al finalizar sus estudios se integren en su escala correspondiente con el empleo de teniente del E.A., además de obtener un título de Grado válido en el Espacio Europeo de Educación Superior (conocido como “Plan Bolonia”). Dicha integración fue propiciada por la aprobación de la Ley 39/2007 de la Carrera Militar, que supuso un cambio importante en este sentido, ya que estableció, mediante la creación de los Centros Universitarios de la Defensa (C.U.D.), un nuevo modelo de Enseñanza Militar, creando la posibilidad de impartir en las hasta entonces Academias Militares las enseñanzas de las titulaciones universitarias de grado (Ley 39/2007). En el caso del C.U.D. ubicado en la A.G.A., se proporcionan las enseñanzas necesarias para la obtención del título de Grado de Ingeniería en Organización Industrial por su universidad de adscripción, la Universidad de Cartagena.

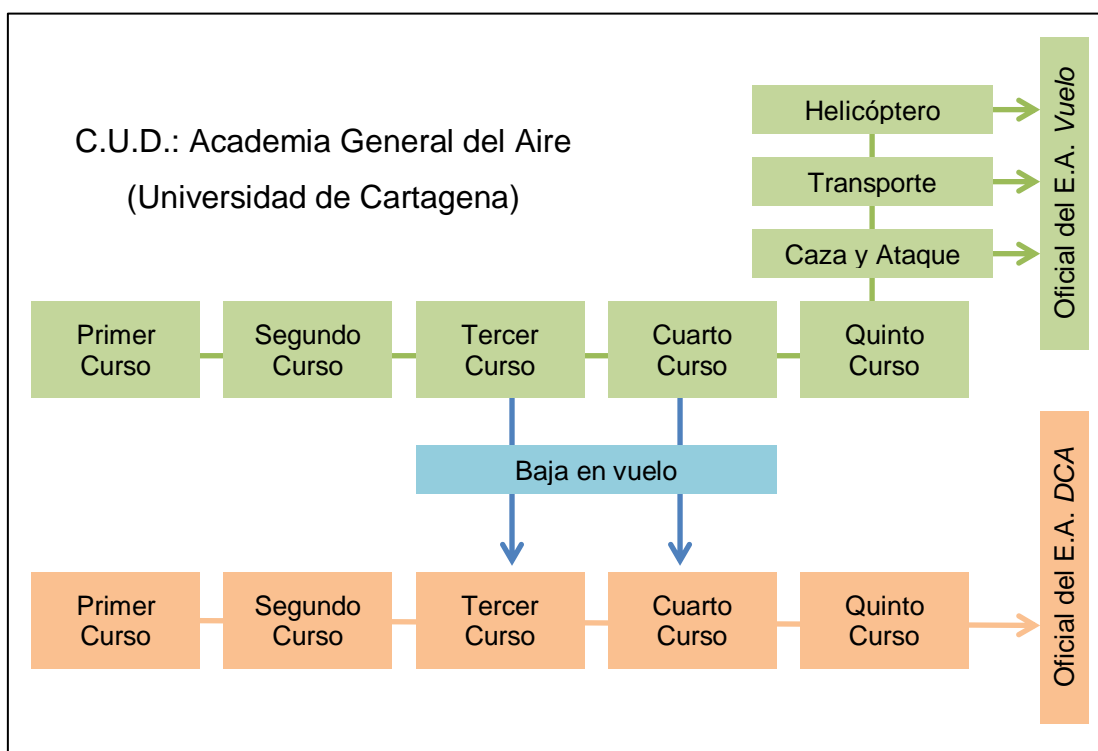


Figura 8. Recorridos formativos que pueden seguir los aspirantes a oficiales del Cuerpo General del Ejército del Aire.

Fuente: Elaboración propia

Además, existe otro importante colectivo de pilotos militares, compuesto por los denominados militares de complemento. Los militares de complemento, constituyen un colectivo que ha sufrido diferentes cambios legislativos según se han ido aprobando nuevos textos legales en el ámbito del Ministerio de Defensa. Conforman un gran número de los oficiales, pilotos y no pilotos, integrados dentro de la estructura del E.A. En los diferentes procesos selectivos que el Ministerio ha convocado en los últimos años, las condiciones de acceso a las F.A.S. han ido variando, aunque, a grandes rasgos, en este colectivo podemos encontrar dos perfiles fundamentalmente:

- Selección de candidatos con titulación universitaria que, tras superar el proceso de selección, deben completar nueve meses de formación militar y de vuelo para pasar a formar parte de las Unidades de transporte y helicópteros del E.A.
- Selección de candidatos con titulación de piloto civil, que reciben en las Academias y Escuelas Militares seis meses, aproximadamente, de formación militar y de vuelo para ocupar destinos en las diferentes Unidades de transporte del E.A.²⁹

Posteriormente, algunos de ellos se integran mediante diferentes caminos (procesos de promoción interna, oposiciones a militar de complemento de carácter permanente, etc.) a engrosar el conjunto de militares de carrera del E.A. descrito anteriormente.

Tal y como se expuso al comienzo del capítulo, transcurridos unos años de servicio volando diferentes tipos de aeronaves del E.A., son numerosos los pilotos militares que cambian de vida solicitando las convalidaciones pertinentes, realizando los exámenes teóricos regulados por la Dirección General de Aviación Civil (Ministerio de Fomento) y optando a las diferentes pruebas de selección que las compañías de transporte aéreo civil realizan con cierta periodicidad para ampliar sus plantillas. Aquellos que superan dichas pruebas pasan a formar parte del personal de las aerolíneas, abandonando así su carrera militar, en unos casos pasando a una situación de

²⁹ En épocas anteriores, hasta el año 2000, se convocaron procesos de selección de pilotos de complemento a través de una tercera vía. A los aspirantes se les exigía tener aprobada la prueba de Selectividad (prueba de acceso a los estudios universitarios) para, mediante un proceso de oposición, acceder al E.A. con el empleo militar de alférez.

excedencia de la Administración General del Estado y en otros perdiendo su condición de militar³⁰.

4.1.1. Escuelas de vuelo (A.T.O./F.T.O.): piloto civil

La licencia de vuelo de mayor nivel necesaria para pilotar aviones comerciales de pasajeros es la Licencia de Piloto de Transporte de Línea Aérea o *Airline Transport Pilot License* (A.T.P.L./P.T.L.A.) por sus siglas en inglés. Esta licencia es la que poseen los pilotos que operan aviones de compañía, ya que autoriza para ejercer como piloto al mando (*Pilot In Command* [P.I.C.])³¹ en cualquier tipo de aeronave civil.

En Europa, es la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (*European Air Safety Agency* [E.A.S.A.])³² quien establece los requisitos necesarios para portar cualquier licencia de aviación. Para el caso de una licencia A.T.P.L., los requisitos mínimos suponen:

- Haber aprobado todas las asignaturas teóricas del curso correspondiente.
- Poseer 1.500 horas de vuelo en aeronaves.
- Ser titular de un certificado médico de clase 1 válido.

Para conseguir la licencia A.T.P.L., el alumno debe matricularse en alguna de las Escuelas de Vuelo o Centros de Formación (A.T.O. o F.T.O.) certificados en nuestro país³³, aprobados según el apéndice 1(a) del JAR-FCL 1.055 por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (A.E.S.A.) e incorporados al ordenamiento jurídico español mediante la Orden FOM/3376/2009. La licencia A.T.P.L. se puede obtener mediante la realización de un curso modular (obtención de las diferentes licencias nivel a nivel) o mediante un curso integrado que proporciona la formación de todas las licencias de forma consecutiva (Reglamento UE 1178/2011). La formación y titulación termina

³⁰ La ORDEN PRE/921/2004, de 6 de abril, regula la valoración de la formación teórica y práctica y la experiencia como piloto adquiridas al servicio de las Fuerzas Armadas españolas para la obtención de los títulos y licencias requeridos a los pilotos de aviones civiles.

³¹ Piloto al mando (*Pilot in Command* [P.I.C.]): piloto designado para el mando y a cargo del desarrollo seguro del vuelo (Reglamento UE 1178/2011, Anexo I, Parte FCL, Subparte A Requisitos Generales, FCL.010 Definiciones).

³² Ver apartado 2.4. *Organismos reguladores*.

³³ Según la norma JAR-FCL 1.055 *Escuelas de vuelo y Centros de formación registrados*.

siendo muy similar, aunque con recorridos diferentes³⁴.

El temario que debe aprender un estudiante de A.T.P.L. comprende diferentes asignaturas que son evaluadas mediante exámenes oficiales realizados por la Dirección General de Aviación Civil. La legislación de la Unión Europea (U.E.). establece los requisitos técnicos y los procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil (Reglamento UE 1178/2011). Dicha reglamentación reconoce las diferentes habilitaciones que pueden ir asociadas a las distintas licencias de piloto, las condiciones para expedir, mantener, modificar, limitar, suspender o revocar las licencias, las atribuciones y responsabilidades de los titulares de licencias, las condiciones para la conversión de licencias de piloto militar y las licencias de mecánico de a bordo nacionales en vigor, así como las condiciones para la aceptación de las licencias de terceros países. La Subparte F, Sección 1 de este reglamento establece los requisitos comunes que debe reunir una persona para poseer una licencia A.T.P.L. que permita “actuar como piloto al mando de la aeronave en transporte aéreo comercial” (FCL.505 A.T.P.L.-Atribuciones), incluyendo en el FCL.515 la formación y exámenes de conocimientos teóricos necesarios que los solicitantes de dicha licencia deben obtener y superar en las siguientes materias: derecho aeronáutico; conocimiento general de la aeronave: fuselaje/sistemas/grupos motores; conocimiento general de la aeronave: instrumentación; carga y centrado; performance; planificación y monitorización del vuelo; factores humanos; meteorología; navegación general; radionavegación; procedimientos operacionales; principios de vuelo, comunicaciones *Visual Flight Rules* (V.F.R.); y comunicaciones *Instrumental Flight Rules* (I.F.R.).

4.1.2. Selección por parte de la propia compañía aérea: piloto civil

Procedimiento prácticamente desaparecido en la actualidad y que utilizaron algunas de las compañías más potentes en tiempos pasados en los que los pilotos eran altamente demandados y los centros académicos y escuelas de formación de estos profesionales escaseaban. En España es el caso, por ejemplo, de la Aerolínea Iberia, que en los años ochenta seleccionó estudiantes universitarios con gran potencial con la finalidad de formarles como pilotos y que posteriormente desarrollasen su carrera

³⁴ Dichos recorridos formativos pueden consultarse en el Apéndice 3 del Anexo I del Reglamento UE 1178/2011.

profesional dentro de la misma compañía. Al ser un procedimiento desaparecido en nuestro país no entraremos en su análisis, ya que, actualmente, la posibilidad de que vuelva a reactivarse es prácticamente nula.

4.2. La formación de los controladores de tránsito aéreo³⁵

La selección y gestión de personal se convierte en factor fundamental, a la hora de manejar el aumento progresivo del tráfico de aeronaves, de cara a mantener o aumentar la seguridad aérea (Hättig, 1991). Esta gestión no puede llevarse a cabo sin una planificación de la formación de los profesionales responsables del control de tránsito aéreo. La formación del controlador aéreo es sumamente especializada y, como no podía ser de otro modo, está directamente relacionada con el puesto de trabajo que dicho profesional va a ocupar en el futuro. Existen varios recorridos formativos, los cuales están cada vez más armonizados a nivel internacional, aunque la formación impartida en un país no siempre está reconocida por otro. En el caso de la U.E. ya existe un reconocimiento de las licencias emitidas por cada uno de los países para ejercer la profesión en cualquier otro, pero tanto el recorrido formativo para llegar a obtener dicha licencia como el reconocimiento de la formación por parte de un centro acreditado en otra nación es un proceso al que aún le falta cierto engranaje. Este reconocimiento de las licencias por parte de los países miembros de la U.E. ha sido fruto de reglamentaciones relativamente cercanas en el tiempo.

En España, la regulación de las licencias de controlador de tránsito aéreo están integradas en nuestra normativa mediante el R.D. 1516/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la licencia comunitaria de controlador de tránsito aéreo (R.D. 1516/2009) (para el ámbito civil) y la Orden del Ministerio de Defensa 4/1990, de 9 de enero, sobre las normas generales para la concesión, convalidación, revalidación, renovación, ampliación y anulación de las tarjetas de aptitud del personal con titulación aeronáutica (en el ámbito militar). En nuestro país existen (y están reconocidas por las instituciones europeas) dos autoridades nacionales de supervisión (competentes en sus respectivos

³⁵ El ejercicio profesional para el control de tránsito aéreo fue regulado hasta hace poco, en el ámbito civil, por el R.D. 3/1998, de 9 de enero, sobre el título profesional aeronáutico civil y licencia de controlador de tránsito aéreo, y en el ámbito militar, por la Orden del Ministerio de Defensa número 511/601/1982, de 24 de febrero de 1982, sobre licencia de controlador de circulación aérea para el personal del Ejército del Aire, ambos actualmente derogados.

ámbitos), en función del carácter civil o militar del proveedor de servicios o proveedor de formación en el que realicen sus funciones los controladores o alumnos controladores de tránsito aéreo. A estas autoridades les corresponde el otorgamiento, suspensión, limitación o revocación de las licencias de alumno controlador y de controlador de tránsito aéreo, así como la autorización y suspensión de las habilitaciones y anotaciones asociadas a cada tipo de licencia. También les corresponde la certificación de los proveedores de formación y todas las cuestiones relacionadas con la aprobación de los planes de formación y evaluación de la competencia de los controladores y alumnos controladores, así como la autorización de los centros médicos y profesionales médicos examinadores.

Por lo tanto, y al igual que ocurre en el caso de los pilotos, también existen controladores aéreos formados dentro de las F.A.S. y, aunque la gran mayoría de ellos desarrollan su labor en instalaciones del Ejército (fundamentalmente, del E.A.), muchos de ellos, después de un tiempo de servicio en el ámbito militar, pasan a desarrollar sus funciones como profesionales en el mundo civil³⁶. Nos encontramos, de este modo, con dos grupos de profesionales del control aéreo: los controladores de tránsito aéreo militar y los controladores de tránsito aéreo civil.

4.2.1. El controlador de tránsito aéreo militar

El controlador de tránsito aéreo militar es un profesional del E.A. de la Escala de Suboficiales. La formación de los suboficiales tiene como finalidad la preparación y capacitación para el ejercicio profesional, así como la obtención de las especialidades fundamentales que sean necesarias (Ley 39/2007). Su formación es similar a la de cualquier otro suboficial de los que desarrollan su trabajo en las unidades del E.A., aunque su currículum está diseñado y dirigido (Orden DEF/1626/2015)³⁷ hacia la adquisición de los conocimientos y habilidades necesarios que le capaciten para realizar

³⁶ Esta permeabilidad entre ambos mundos, civil y militar, fue mucho mayor en épocas pasadas, debido fundamentalmente a la permisividad en la normativa al respecto. Se dieron casos, en los inicios del control aéreo en España, en los que algunos de estos profesionales llegaban incluso a simultanear ambos trabajos.

³⁷ A pesar de que la Orden DEF/1626/2015 es la normativa que actualmente establece las directrices para la elaboración de los currículos de la enseñanza de formación para el acceso a las diferentes escalas de suboficiales de los cuerpos de las F.A.S., y a falta de su desarrollo, los planes de estudios analizados en el presente trabajo son los restablecidos por la Orden Ministerial 62/2011.

las tareas de control del tránsito aéreo.

Para llegar a ser suboficial del E.A. el aspirante debe ingresar en la Escala de Suboficiales del E.A. Tras superar un proceso de oposición cursará sus estudios en la Academia Básica del Aire (A.B.A.), situada en la población de la Virgen del Camino (León), en la que realizará un plan de estudios de tres cursos académicos (R.D. 35/2010) y de la que saldrá con el empleo militar de sargento y un título de Técnico Superior en Formación Profesional del Sistema Educativo General, acorde al modelo diseñado por la Ley de la Carrera Militar (Fernández del Vado, 2015).

La Escala de Suboficiales del Cuerpo General del E.A. se estructura, según el artículo 21, del R.D. 711/2010, en tres especialidades³⁸:

- Protección y Apoyo a la Fuerza (P.A.F.). Capacita al profesional para la realización de “actividades relacionadas con la inteligencia, la seguridad de instalaciones y recursos del E.A., la defensa local de bases frente ataques aéreos o terrestres, la ejecución de operaciones especiales, cartografía e imagen y el funcionamiento de los servicios de apoyo directamente relacionados con las operaciones aéreas” (Orden Ministerial 62/2011).
- Mantenimiento Operativo (M.O.P.). Capacita al profesional para la realización de “actividades relacionadas con el mantenimiento de aeronaves y vehículos, armamento y electrónica, incluyendo el manejo de los sistemas y equipos” (Orden Ministerial 62/2011).
- Control Aéreo y Sistemas de Información y Telecomunicaciones (C.A.C.). Capacita al profesional para la realización de “actividades relacionadas con el empleo de los sistemas de control aéreo y guerra electrónica con base en tierra o

³⁸ El artículo 21 del R.D. 711/2010 fue modificado recientemente por el R.D. 595/2016, de 2 de diciembre. Esta modificación afecta directamente a las especialidades de la Escala de Suboficiales del E.A. que pasan, según esta última reglamentación a ser las siguientes: (1) Protección de la Fuerza y Apoyo a las Operaciones; (2) Mantenimiento aeronáutico; (3) Sistemas de Información, Comunicaciones y Ciberdefensa; (4) Mantenimiento de Electrónica; (5) Control Aéreo; y (6) Administración. Su implementación está, a la finalización de este trabajo, aún en proceso, y no existe hasta el momento una reglamentación que desarrolle los planes de estudio correspondientes a lo dispuesto en la modificación propiciada por el R.D. 595/2016, por lo que se ha preferido dejar la estructura actual que es la que aparece en la página web del E.A. (E.A., 2018).

a bordo de aeronaves, para asegurar el desarrollo de las operaciones aéreas y para controlar y coordinar la circulación aérea así como las actividades de ejecución de mantenimiento de los sistemas y equipos de información y comunicaciones asociados” (Orden Ministerial 62/2011).

Las especialidades de M.O.P. y C.A.C. se corresponden, respectivamente, con los títulos de Formación Profesional del Sistema Educativo General de: (1) Mantenimiento Aeromecánico, y (2) Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos, que obtendrán, también por este orden, los alumnos: (1) mecánicos de a bordo, y (2) controladores de tránsito aéreo, al finalizar sus tres años de formación.

El plan de estudios correspondiente a cada una de estas tres especialidades fundamentales del Cuerpo General del E.A. está dividido en diferentes módulos repartidos en los tres cursos de formación. Los dos primeros cursos son comunes para los alumnos de las tres especialidades, mientras el tercer curso es de especialización. Para cursar este último año académico los alumnos se reparten, dependiendo de la especialidad elegida, por los diferentes centros docentes que el E.A. a lo largo y ancho de nuestra geografía.

Concretamente, los controladores aéreos militares pertenecen a la especialidad fundamental de C.A.C. Para alcanzarla, realizan los dos primeros cursos en la A.B.A. (junto al resto de sus compañeros de otras especialidades), cursando la titulación de Formación Profesional de Técnico Superior en Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos (de la Familia Profesional *Electricidad y Electrónica*), para posteriormente realizar el tercer curso de especialización en la Escuela de Técnicas Aeronáuticas (ESTAER), situada en la Base Aérea de Torrejón.

4.2.2. El controlador de tránsito aéreo civil

A pesar de lo expuesto anteriormente, el control del tráfico aéreo no es una tarea típicamente militar (Hättig, 1991), y son muchos los profesionales que realizan este trabajo en el ámbito civil. La aprobación del R.D. 1516/2009, por el que se regula la licencia comunitaria de controlador de tránsito aéreo, marca unas nuevas disposiciones acordes a la normativa dictada tanto por la Organización de Aviación Civil

Internacional (*International Civil Aviation Organization* [O.A.C.I.]), a través de las enmiendas al Anexo I al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, como por el Parlamento Europeo y el Consejo, mediante la publicación de la Directiva 2006/23/CE, de 5 de abril de 2006, relativa a la licencia comunitaria de controlador de tránsito aéreo, que define los requisitos de conocimiento, experiencia y formación que debe cumplir toda persona que efectúe labores de control del tránsito aéreo general (Directiva 2006/23/CE)³⁹.

Con la incorporación de esta directiva al ordenamiento jurídico español, se garantiza el cumplimiento de las nuevas disposiciones introducidas por la O.A.C.I. y se establece un marco común para los países miembros con objeto de garantizar los máximos niveles de responsabilidad y competencia, mejorar la disponibilidad de los controladores de tránsito aéreo y fomentar el reconocimiento mutuo de las licencias, contribuyendo con ello a incrementar la seguridad del sistema de control del tránsito aéreo, sus operaciones y la eficiencia de la organización de las tareas mediante la expedición de una licencia de controlador de tránsito aéreo en el marco de la creciente colaboración a escala regional entre proveedores de servicios de navegación aérea, algo que se considera esencial dentro del entorno del cielo único europeo. En España, es A.E.S.A. quien efectúa el reconocimiento y aceptación de la licencia, siempre que esta haya sido expedida de conformidad con las disposiciones y principios recogidos en la citada Directiva.

Como puede verse, el acceso a la profesión de controlador aéreo ha cambiado significativamente en los últimos años en nuestro país. El Cuerpo Especial de Controladores Aéreos fue creado en 1966 y, hasta el reciente año 2010 la Administración General del Estado había sido el organismo responsable de la formación de este pequeño grupo de profesionales. Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (A.E.N.A.)⁴⁰, como organismo responsable de la gestión de las torres y centros de

³⁹ Esta Directiva se ha publicado en cumplimiento de lo indicado en el artículo 5 del Reglamento (CE) 550/2004, del Parlamento y del Consejo, de 10 de marzo de 2004, relativo a la prestación de servicios de navegación aérea en el cielo único europeo, e incluye las modificaciones contenidas en el Anexo I del Convenio, y adopta los Requisitos Reglamentarios de Seguridad (también conocidos como ESARR 5) de la Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea (EUROCONTROL) para los controladores de tránsito aéreo.

⁴⁰ El 5 de julio de 2014 A.E.N.A. cambió su nombre por el de ENAIRE. Actualmente, ENAIRE, como entidad pública empresarial (adscrita al Ministerio de Fomento), es el organismo gestor de la navegación aérea en España y, como tal, responsable del control de tránsito aéreo en el espacio aéreo español.

control dentro de nuestras fronteras, era el organismo encargado de establecer las necesidades, convocando y ejecutando los procesos selectivos para cubrir las plazas correspondientes a las que se accedía mediante oposición pública. Una vez superado el proceso selectivo, los alumnos recibían una formación teórico-práctica (de aproximadamente 18 meses de duración) impartida por controladores operativos, que se desarrollaba en S.E.N.A.S.A. (Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica). Posteriormente, los futuros controladores eran enviados a las diferentes dependencias de trabajo de A.E.N.A. para obtener su primera habilitación.

La nueva línea formativa, descrita anteriormente, ha cambiado las condiciones para la obtención de una licencia de controlador de tránsito aéreo y los requisitos para el ejercicio de dicha actividad, tanto en relación con la prestación del servicio, como con la formación, entrenamiento y capacidad exigidos a los aspirantes. En los últimos años, se han producido cambios importantes en lo referente a la formación de estos profesionales, provocados por la entrada en vigor del citado R.D. 1516/2009, que ha liberalizado la formación de los controladores aéreos y ha provocado que la Administración, a pesar de seguir realizando convocatorias para cubrir diferentes puestos de control del tráfico aéreo (a través de su nueva denominación ENAIRE), ya no realice dicha formación, dejándola en manos de otras entidades privadas y semipúblicas. Esta liberalización del mercado formativo ha hecho aparecer en nuestro país diferentes centros de formación (escuelas y universidades), que imparten la formación inicial (*básica y de habilitación*) de controladores de tránsito aéreo en un curso de aproximadamente seis meses de duración. Estos centros deben contar con las instalaciones necesarias para recrear fielmente el entorno de trabajo en el que se introducirán los futuros controladores y, lo que es más importante, estar reconocidos por A.E.S.A., autoridad de Aviación Civil en España dependiente del Ministerio de Fomento, que es el órgano responsable de la regulación en la materia.

El curso de formación inicial (definida en el artículo 15 del R.D. 1516/2009), que provee la formación *básica* y de *habilitación* necesaria para la expedición de la licencia de alumno controlador, garantiza que los alumnos controladores de tránsito aéreo satisfagan como mínimo los objetivos definidos por EUROCONTROL (en las “Orientaciones sobre contenidos básicos y objetivos de formación comunes para la formación de controladores de tránsito aéreo”), al objeto de que estén en condiciones de

regular el tráfico aéreo de manera segura, rápida y eficaz. Esta formación *inicial* consta de dos partes diferenciadas:

- Una formación inicial *básica*, teórica (Curso Básico A.T.C.), común para todos los futuros controladores que incluye los siguientes aspectos teóricos: derecho de aviación, gestión de tránsito aéreo (procedimientos de coordinación civil y militar), meteorología, navegación, aeronaves y principios del vuelo, factores humanos, equipos y sistemas, entorno profesional, seguridad y cultura de la seguridad, sistemas de gestión de la seguridad, situaciones inusuales y de emergencia, sistemas degradados y conocimientos lingüísticos (incluida la fraseología radiotelefónica), así como procedimientos nacionales de seguridad para la aviación civil.
- Una formación inicial de *habilitación*, en función del tipo de servicio que se debe prestar, en el que se entrenan habilidades técnicas específicas del controlador.

Una vez superado el curso de formación inicial en cualquiera de estos centros de formación, y siempre que el alumno cumpla con los requisitos médicos y de competencia lingüística especificados (nivel operacional 4 de O.A.C.I.), el aspirante obtiene su licencia de alumno controlador, expedida por A.E.S.A. La licencia de alumno controlador de tránsito aéreo general autoriza a su titular a prestar servicios de control de tránsito aéreo general bajo supervisión de un instructor de formación práctica de trabajo (artículo 6, R.D. 1516/2009).

Posteriormente, debería completar la formación denominada de *unidad* (artículo 18, R.D. 1516/2009), que engloba la formación de transición, previa a la realización de la formación práctica, gestionando tráfico aéreo real, necesaria para la expedición de la licencia de controlador de tránsito aéreo y que consiste en un periodo de prácticas supervisadas en las instalaciones o centros de trabajo de un proveedor de servicios de navegación aérea (debidamente certificado por A.E.S.A.): torres de control o centros de control de ruta. Esta formación de *unidad* supone una formación específica del aeropuerto o centro de control aéreo en el que el profesional desempeñará su función, de tal modo que, si un controlador cambiara de destino, debería someterse a una nueva

formación de *unidad*. Una vez finalizada, el alumno controlador obtendrá su licencia con una habilitación y anotación de las que se describen a continuación.

Las habilitaciones de controlador de tránsito aéreo (artículo 10, R.D. 1516/2009), algunas de las cuales deben incluir *anotaciones de habilitación*⁴¹ (artículo 11, R.D. 1516/2009), son las siguientes:

- Habilitación de *Control de Aeródromo Visual* (A.D.V.): servicio de control de tránsito de aeródromo en un aeródromo que no posee procedimientos publicados de aproximación o de salida por instrumentos.
- Habilitación de *Control de Aeródromo por Instrumentos* (A.D.I.): servicio de control de tránsito de aeródromo en un aeródromo que posee procedimientos publicados de aproximación o de salida por instrumentos.
- Habilitación de *Control de Aproximación por Procedimientos* (A.P.P.): servicio de control de tránsito aéreo a las aeronaves que llegan, salen o se encuentran en tránsito, sin utilizar equipos de vigilancia.
- Habilitación de *Control de Vigilancia de Aproximación* (A.P.S.): servicio de control de tránsito aéreo a las aeronaves que llegan, salen o se encuentran en tránsito utilizando equipos de vigilancia.
- Habilitación de *Control de Area* (A.C.P.): servicio de control de tránsito aéreo a aeronaves sin utilizar equipos de vigilancia.
- Habilitación de *Control de Vigilancia de Área* (A.C.S.): servicio de control de tránsito aéreo a aeronaves utilizando equipos de vigilancia.

La licencia de controlador de tránsito aéreo autoriza al titular para el ejercicio profesional de todas las funciones relacionadas con el control de tránsito aéreo general para las que esté habilitado (artículo 8, R.D. 1516/2009).

⁴¹ Autorización incorporada a una licencia en la que se indican las condiciones específicas, atribuciones o restricciones relacionadas con la habilitación a la que corresponde.

El R.D. 1516/2009 también recoge, en su artículo 18, el proceso de formación continua o periódica a que deben someterse los controladores de tránsito aéreo para mantener sus habilitaciones y anotaciones en vigor, de tal modo que la aptitud de todo controlador de tránsito aéreo se deberá evaluar debidamente, como mínimo, cada tres años.

4.3. La formación de los mecánicos de vuelo

La Orden (del Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente) de 14 de julio de 1995 sobre títulos y licencias aeronáuticos civiles ya establecía en su anexo⁴² las normas y métodos para la obtención de las licencias de mecánico de a bordo. La misma reglamentación define como *miembro de la tripulación de vuelo* a “cualquier persona poseedora de un título y la correspondiente licencia, a quien se asignan funciones en la cabina de pilotaje esenciales para la operación de una aeronave durante el tiempo de vuelo” (Orden de 14 de julio de 1995, Boletín Oficial del Estado [B.O.E.] 176, p. 22725). En el Capítulo III del mismo anexo, relativo a títulos y licencias para miembros de la tripulación de vuelo que no sean pilotos, dice textualmente: “Antes de que se expida al solicitante un título de [...] Mecánico de a bordo, este cumplirá con los requisitos pertinentes en materia de edad, académicos, conocimientos, experiencia, instrucción de vuelo, pericia y aptitud psicofísica estipulados para dichos títulos” (Orden de 14 de julio de 1995, B.O.E. 176, p. 22744).

Al igual que ocurre con pilotos y controladores de tránsito aéreo, a la hora de definir la formación de los mecánicos de a bordo debemos distinguir dos caminos, entre los que también se ha producido cierta permeabilidad, si bien esta no ha sido tan habitual como en el mundo profesional de los pilotos y de los controladores aéreos. Así, tenemos el mecánico de a bordo militar y el mecánico de a bordo civil.

4.3.1. El mecánico de a bordo militar

Conocido popularmente como mecánico de vuelo, el mecánico de a bordo

⁴² Anexo, Capítulo I, punto 1.2. Reglas generales relativas a los títulos y licencias.

militar es un profesional del Ejército del Aire de la Escala de Suboficiales. Su formación es similar a la de cualquier otro suboficial de los que desarrollan su trabajo en las unidades del E.A., pero que ocupa una vacante definida en la plantilla como M.O.P. (R.D. 711/2010) con plaza de tripulante de vuelo.

Al igual que ocurre en el caso de los controladores de tránsito aéreo militares, sus compañeros mecánicos de a bordo militares deben seguir un plan de estudios de tres cursos académicos (R.D. 35/2010). Como vimos anteriormente, la Escala de Suboficiales del E.A. se estructura en tres especialidades (P.A.F., M.O.P. y C.A.C.)⁴³, perteneciendo los mecánicos de a bordo a la de M.O.P.

En este caso, la formación se realiza en su totalidad (los tres cursos) en la A.B.A. (León), cursando, simultáneamente a la formación como suboficial del E.A., la titulación de Técnico Superior en Mantenimiento Aeromecánico (Formación Profesional de Grado Superior). Por ello, a la finalización de su periodo formativo, los alumnos reciben el título de Formación Profesional de Grado Superior correspondiente, al tiempo que son promovidos al empleo de sargento, ingresando en la Escala de Suboficiales del E.A.

4.3.2. El mecánico de a bordo civil

El R.D. 241/2009⁴⁴ recoge en su Artículo 3. *Títulos y licencias aeronáuticos civiles*, punto 1, letra j, el título de Mecánico de a bordo, y en el artículo 4. *Requisitos*, punto 1, letra j, define aquellos requisitos que son necesarios para ejercer como tal (R.D. 241/2009):

- Tener una edad mínima de dieciocho años.
- Poseer los conocimientos teóricos correspondientes al título de Piloto de Transporte de Línea Aérea (A.T.P.L.).
- Haber superado un curso de entrenamiento de técnico de mantenimiento de aviones aprobado a esos efectos, o bien estar en posesión de un título

⁴³ Vease nota al pie nº 38 en la que se describe con detalle la modificación de las mismas propiciada por el R.D. 595/2016, de 2 de diciembre, y la razón de su no inclusión en el presente trabajo.

⁴⁴ El R.D. 241/2009 modifica en parte el R.D. 270/2000, de 25 de febrero, por el que se determinan las condiciones para el ejercicio de las funciones del personal de vuelo de las aeronaves civiles.

universitario de formación aeronáutica y tener una experiencia aceptable para A.E.S.A. en el mantenimiento de aviones, o bien ser titular de una licencia de técnico de mantenimiento de aeronaves en la clase que A.E.S.A. determine.

- Haber superado un curso de familiarización de vuelo.
- Demostrar habilidad suficiente en el uso del idioma inglés.
- Instrucción de vuelo para la habilitación de tipo y prueba de pericia en vuelo.
- Experiencia de cien horas de vuelo bajo supervisión.
- Estar en posesión de un certificado médico de clase 1.

El mismo R.D., en su Artículo 5. *Atribuciones*, letra j, incluye para el mecánico de a bordo la atribución de “actuar como tal en cualquier avión que requiera ser operado por una tripulación de vuelo compuesta por un mínimo de tres miembros” (R.D. 241/2009, B.O.E. 63, p. 25373), lo que no varía en nada, en lo referente a los requisitos y atribuciones del mecánico de a bordo, la reglamentación anteriormente recogida en el R.D. 270/2000 al que modifica parcialmente en otros aspectos.

4.4. Ventajas y deficiencias de la formación de los profesionales de vuelo

Como se desprende de la descripción expuesta en los apartados anteriores sobre los contenidos de la formación de los profesionales de vuelo, nos encontramos ante un campo profesional en el que, debido a su importancia creciente, tanto las organizaciones nacionales e internacionales responsables del sector aeronáutico, como las autoridades políticas, las diferentes empresas y las compañías aéreas, ponen todo su empeño. Todos ellos han estado y están interesados en que los profesionales del sector posean la capacitación que exige un trabajo de tantas y tan grandes repercusiones sociales, tanto por los servicios que presta como por los riesgos de accidentabilidad que implica. Y es muy probable que la previsible y cada vez porcentualmente menos probable accidentabilidad esté en la base de dicho interés.

Como se ha descrito más arriba, las carreras profesionales, y con ellas los currículos académicos de los profesionales que trabajan en el ámbito de la aviación, resultan complejos de comprender a primera vista, debido fundamentalmente al hecho de que se han ido transformando de forma rápida con el paso del tiempo, haciendo que pilotos, controladores aéreos y mecánicos de a bordo cumplan con unos requisitos cada

vez más exigentes, al tiempo que adaptados a la normativa, inicialmente nacional y actualmente internacional. Los planes de estudio son cada vez más completos y con su diseño se intenta lograr que los profesionales adquieran los conocimientos que se consideran necesarios para desarrollar con efectividad su trabajo (ver Orden DEF/1626/2015; Orden DEF/287/2016; Orden DEF/368/2017).

Adentrándonos en el tema objeto del presente estudio, es importante conocer en qué medida el estudio de los factores humanos está recogido en los currículos académicos propios de cada uno de los perfiles profesionales analizados y presentados en los apartados anteriores. Si se realiza un análisis detallado de la carga lectiva de los diferentes planes de estudio, nos encontramos con que la formación referente a factores humanos y psicológicos relacionados con el vuelo es realmente pequeña en la formación de todos y cada uno de estos profesionales. A pesar de que (como se presentó en los Capítulos 2 y 3), dentro del mundo de la aviación, la importancia otorgada al estudio de los factores humanos es cada vez mayor (Muñoz-Marrón, 2018; Muñoz-Marrón et al., 2018). Incluso el propio Estado Mayor del E.A. recoge textualmente en su Manual de C.R.M. (*Crew Resource Management*) que “el estudio continuo de los factores humanos, el propio entrenamiento C.R.M. y los nuevos métodos de investigación con objeto de determinar la presencia de este factor en los incidentes y accidentes, permitirán reforzar nuestras barreras defensivas frente al error y evitarlo, y cuando no sea posible, detectarlo con antelación suficiente para mitigar sus negativas consecuencias” (E.A., 2017). A pesar de ello, aún no se ha introducido una importante carga académica en esta materia en la carrera formativa de pilotos, controladores de tránsito aéreo o mecánicos de a bordo. Como puede observarse en la descripción de los currículos académicos, realizada anteriormente, los aspirantes a piloto y controlador aéreo simplemente cursan algunas asignaturas aisladas con no demasiada importancia ni carga lectiva, que incluso ni aparecen en el currículo de los mecánicos de vuelo.

Aspectos como la coordinación en cabina, la toma de decisiones, el liderazgo, la gestión del estrés, la conciencia situacional, etc. son aspectos muy a tener en cuenta en el mundo de la operación de las aeronaves, y que actualmente los profesionales de la aviación no poseen. Afortunadamente, en algunos casos, se están proporcionando dichos conocimientos y habilidades, como formación de perfeccionamiento, en periodos posteriores a la adquisición de las licencias o títulos, pero no en la formación inicial con

la fuerza que debería. La aparición de conceptos como el de Gestión de Recursos de la Tripulación (C.R.M.) (*Federal Aviation Administration* [F.A.A.], 2012; Helmreich y Foushee, 1993; Marshall, 2010; O.A.C.I., 1989b; Salas, Burke, Bowers y Wilson, 2001; Salas y Cannon-Bowers, 2001; Shuffler, DiazGranados y Salas, 2011) o el de Entrenamiento Orientado a la Línea de Vuelo (*Line Oriented Flight Training* [L.O.F.T.]) (O.A.C.I., 1989b) suponen una aportación muy relevante en esta dirección; sin embargo, aún queda un largo camino por recorrer. Analizando pormenorizadamente cada uno de los perfiles profesionales abordados anteriormente, quedan al descubierto las carencias que sus periodos de formación inicial presentan en cuanto a aspectos psicológicos se refiere.

En primer lugar, en el caso de los pilotos, la formación teórica en aspectos psicológicos necesaria para poseer una licencia A.T.P.L. se limita actualmente a lo recogido en el FCL.515 (*formación y exámenes*) del Reglamento (UE) nº 1178/2011 y que supone simplemente una asignatura de la instrucción teórica, denominada *Factores Humanos*, cuyo contenido proporciona al alumno conocimientos sobre conceptos básicos en factores humanos (competencia, limitaciones, seguridad de vuelo, etc.), aspectos de fisiología básica de aviación y mantenimiento de la salud (sistemas respiratorio, circulatorio, nervioso central y periférico, sensorial, higiene personal, intoxicaciones, etc.), además de aspectos sobre psicología básica de la aviación, tales como atención y vigilancia, percepción, memoria, error humano y fiabilidad, elaboración de decisiones, conciencia de seguridad, personalidad y actitudes, sobrecarga, excitación, estrés, fatiga, ritmos del sueño, complacencia con la automatización...) (Reglamento UE 1178/2011). Como puede observarse, son gran cantidad de conceptos imposibles de adquirir y asimilar con cierta profundidad con una carga lectiva tan pequeña, además de limitarse muchos de ellos a aspectos más directamente relacionados con la medicina aeronáutica clásica, dejando de lado conceptos psicológicos modernos tales como la coordinación de equipos, el liderazgo, la gestión de recursos, del error y la amenaza, la comunicación, etc.

En cuanto a los pilotos que provienen del ámbito militar, su currículo viene recogido en la Orden DEF/287/2016, de 23 de febrero, por la que se aprueba el currículo de la enseñanza de formación de oficiales para la integración en el Cuerpo General del E.A. mediante las formas de ingreso sin titulación previa. En dicho

documento puede apreciarse que los aspirantes a piloto militar reciben algunas nociones más sobre factores humanos que sus colegas del ámbito civil, al tener que superar algunas asignaturas de corte psicológico relacionadas con este tipo de conocimientos. Concretamente tres, con un total de 13,5 E.C.T.S., dos de ellas en el tercer curso académico, *Organización del Trabajo y Recursos Humanos* (4,5 E.C.T.S.) y *Psicología de las Organizaciones* (4,5 E.C.T.S.), y una más durante el cuarto curso, *Capacidades y Limitaciones* (4,5 E.C.T.S.), lo que, aún constituyendo un “extra” en cuanto a conceptos psicológicos se refiere, tampoco supone una formación en profundidad en estos temas. Si bien, hay que reconocer que estas asignaturas se adentran en aquellos conceptos más actuales de la psicología de las organizaciones que reclamábamos para sus colegas civiles en el párrafo anterior.

Por último, respecto a los pilotos, militares de complemento, el resultado no es más alentador. Recordemos que este grupo de profesionales se incorporaba a las F.A.S. de dos modos (Orden DEF/284/2016): con formación aeronáutica previa (una titulación de piloto civil), o con una titulación universitaria. Respecto a los pertenecientes al primer grupo, ya quedó expuesta la mínima carga lectiva en factores humanos en su currículo formativo civil. En cuanto al segundo, es prácticamente inexistente, ya que las titulaciones universitarias que actualmente dan acceso a la condición de piloto de complemento pertenecen al ámbito científico y en los programas de las mismas no hay prácticamente ninguna asignatura de carácter psicológico. El paso de ambos grupos por la A.G.A. (San Javier) y la Escuela de Transporte Aéreo Militar del GRUEMA (Salamanca) es mínimo, y se centra, como parece lógico, en la formación militar y aeronáutica, limitándose su capacitación en lo que respecta a los factores humanos exclusivamente a una asignatura, denominada *Factores Humanos*, con 4 créditos E.C.T.S. para los alumnos con formación aeronáutica previa, y *Capacidades y Limitaciones*, con 4,5 créditos E.C.T.S. para los alumnos en posesión de titulación universitaria. De cualquier modo, en ambos casos, la formación en aspectos psicológicos relacionados con el vuelo es realmente muy pequeña.

En segundo lugar, respecto a los controladores de tránsito aéreo, la carga académica teórica o práctica en aspectos relacionados con la psicología del vuelo o psicología de la aviación es similar o aún menor, resultando realmente escasos. En sus planes de estudio se limita, si hablamos de controladores aéreos civiles, a unas breves

nociones sobre factores humanos relacionados con el control aéreo, que reciben durante el periodo de formación inicial básica. Durante este periodo inicial de formación que reciben mediante la realización del denominado Curso Básico A.T.C. su contacto con los factores humanos se limita a la realización de la asignatura que lleva por nombre *Factores Humanos* que, al igual que ocurría con los pilotos civiles, posee un contenido que proporciona al alumno simplemente conocimientos básicos sobre el tema. Tengamos en cuenta que esta formación inicial básica tiene una duración de 180 horas durante las cuales deben cursarse diferentes asignaturas, por lo que la profundización, a la hora de abordar ciertos temas, resulta del todo imposible.

De forma similar, en el recorrido académico de los suboficiales militares del E.A., ya sean controladores de tránsito aéreo militar, como mecánicos de a bordo, encontramos una escasa representatividad de conceptos psicológicos y de factores humanos. Durante los dos cursos comunes a ambas especialidades (Orden Ministerial 62/2011) el plan de estudios de estos profesionales sólo incluye, en cuanto a factores humanos se refiere, dentro de uno de los módulos de segundo curso, concretamente en el denominado *Instrucción y Adiestramiento*, ciertos contenidos relativos al liderazgo. Contenido que se repite en el tercer curso (en la parte común a todas las especialidades) en el módulo con igual denominación. No hay en los dos primeros cursos ninguna referencia a otros conceptos pertenecientes al campo de la psicología que podrían parecer fundamentales para estos profesionales, tales como el trabajo en equipo, la coordinación, la comunicación, la generación de confianza, la gestión de recursos, el manejo de situaciones límite, el desarrollo de conductas creativas, la optimización del pensamiento divergente, la toma de decisiones o la búsqueda de soluciones eficaces, entre otros.

Una vez los alumnos se encuentran realizando el tercer curso y, concretamente, si nos referimos a los controladores militares, su plan de estudios (Orden Ministerial 62/2011) no posee ningún tipo de carga lectiva en lo que se refiere a asignaturas relacionadas con aspectos psicológicos aplicados a la aviación. Los contenidos de este tercer curso de especialización están dedicados, de forma exclusiva, a cuestiones técnicas.

Analizando, en último lugar, la formación de los mecánicos de vuelo, su bagaje en cuanto a formación psicológica resulta también muy breve. Como hemos expuesto anteriormente, los mecánicos de a bordo civiles deben realizar la misma formación que sus compañeros pilotos titulares de una licencia A.T.P.L., por lo que para poseerla deben adquirir los conocimientos en factores humanos exclusivamente establecidos en el FCL.515 (*formación y exámenes*) y descritos anteriormente. En cuanto a los mecánicos de vuelo militares, su formación psicológica se limita a cursar en la A.B.A. el módulo, anteriormente descrito para sus compañeros de la especialidad de C.A.C., denominado *Instrucción y Adiestramiento*, en el que adquieren ciertos conocimientos sobre liderazgo. Módulo que se cursa tanto en el primero como en el segundo curso según lo estipulado por el plan de estudios (Orden Ministerial 62/2011). Durante el tercer curso, al igual que ocurría para el resto de suboficiales del E.A., los mecánicos de abordaje realizan, por estar encuadrados dentro de la especialidad M.O.P. (R.D. 711/2010), su curso de especialización técnica en el que no hay ninguna referencia a contenidos de carácter psicológico.

Según puede apreciarse, la formación descrita para los diferentes perfiles profesionales en cuanto a aspectos psicológicos relacionados con la aviación dista mucho de ser la ideal. Analizados los tres perfiles profesionales, en sus diferentes “versiones”, la carga académica en aspectos psicológicos resulta pequeña, cuando no mínima, en todos los casos (una asignatura teórica de A.T.P.L. para pilotos y mecánicos de a bordo, y otra para controladores), y sólo se ve complementada si dichos profesionales, antes de desarrollar su trabajo en el ámbito civil, lo hacían en el ámbito de las F.A.S., por algunas asignaturas teóricas recibidas en las Academias Militares o C.U.D.s; o por el bagaje universitario de aquellos que, anteriormente a desarrollar su trabajo como profesionales del mundo aeronáutico, habían cursado carreras universitarias relacionadas con la ciencia psicológica u otras con cierta carga lectiva en factores humanos (como es el caso de algunos pilotos militares de complemento o controladores civiles); o simplemente por el interés de cada uno de los profesionales por haberse formado a título individual en estas materias, ya sea con anterioridad o de forma simultánea al desarrollo de su profesión en el ámbito aeronáutico.

En resumen, desde nuestro punto de vista, esta escasa formación en factores humanos debería verse ampliada, fundamentalmente en lo que atañe a dos aspectos que,

extraídos del análisis de la situación realizado más arriba, pueden presentarse a modo de conclusión:

- La escasa carga lectiva durante el periodo de formación inicial en aspectos tales como la comunicación, la gestión de errores y situaciones críticas, el liderazgo, el trabajo en equipo, la toma de decisiones eficaces y la generación de soluciones creativas, entre otros.
- La formación excesivamente teórica en aspectos clásicos de psicología de vuelo (más propios de la medicina aeronáutica), que deja demasiado de lado la práctica de conceptos y habilidades básicas que deben poseer los diferentes profesionales del sector para la correcta ejecución de aquellas tareas propias de la aviación. Esto es especialmente relevante para aquellas habilidades relacionadas con la gestión de los recursos de cabina que debe realizar cualquier tripulación en aviones politripulados (aspectos cuya importancia se ha puesto de manifiesto en capítulos anteriores y que se incluyen fundamentalmente en los entrenamientos de muchas compañías aéreas).

Muchos de estos aspectos reclamados aquí están siendo abordados por numerosas investigaciones en los últimos años. Ante la imposibilidad de analizar todos aquellos que consideramos deficitarios en la formación de los profesionales de vuelo, el presente trabajo se ha centrado en el trabajo en equipo y en cómo podría influir en el mismo, a la hora de buscar una solución a un problema complejo, la utilización de aquellos conceptos relacionados con la optimización del pensamiento divergente en la búsqueda de soluciones creativas. Esto es, la generación de ideas creativas aplicadas a la resolución de problemas, aspecto que, a partir del planeamiento de entrenamientos específicamente diseñados en aprendizaje de métodos para búsqueda de soluciones a través de la potenciación del pensamiento divergente, defendemos como crucial para el proceso de toma de decisiones que debe producirse por parte de una tripulación ante la aparición de una emergencia aérea, especialmente de aquellas caracterizadas por su elevada peligrosidad⁴⁵ (Muñoz-Marrón et al., 2018).

⁴⁵ En el Capítulo 5, apartado 5.5. *La necesidad de formación y entrenamiento de las tripulaciones en creatividad y flexibilidad* se describe con detalle la necesidad que existe en las tripulaciones aéreas de recibir formación en este área de conocimiento.

5. CREATIVIDAD Y FLEXIBILIDAD

5.1. La búsqueda de soluciones creativas: el papel del pensamiento divergente en la evitación de accidentes

La realidad estable proporciona seguridad en el ser humano, porque todo lo que ocurre en ella tiene una respuesta oportuna. Pero basta que se presente una posibilidad de cambio para que en esa misma realidad aparezca cierta dosis de amenaza, que justifica que nos refugiamos en la seguridad que ofrece la ausencia de cambio. Y eso, que resulta una conducta procedente y adaptativa cuando las circunstancias están caracterizadas por su normatividad, se convierte en un inconveniente cuando tales circunstancias pasan a ser inestables.

En el caso del manejo de aeronaves, por ejemplo, atenerse a lo establecido en los procedimientos o *checklists* supone, *a priori*, la conducta más adecuada para la seguridad aérea, porque lo habitual durante el vuelo es que no ocurra ninguna incidencia, y en caso de ocurrir, la solución de la misma está contemplada en el “libro”, que indica en todo momento lo que ha de hacerse y cómo hacerse. Dichos procedimientos se centran concretamente en regular de manera cada vez más precisa la respuesta a posibles emergencias que puedan surgir en el vuelo, hasta el punto de que no dejar de introducir de manera constante las nuevas incidencias que se van produciendo con el paso del tiempo, consecuencia de diversos incidentes o accidentes.

Pero, dado que es imposible eliminar todos los desastres (McEntire, 2005) y que el riesgo cero es inalcanzable para las limitaciones de la naturaleza humana, tenemos que aceptar que no todo puede preverse (porque la terca realidad siempre presentará problemas imprevistos), y que lo más conveniente y razonable es contar con que aparecerán emergencias con un alto grado de peligrosidad, que pueden desembocar en un grave accidente. De hecho, la mayoría de los estudios estiman que en el futuro los accidentes graves, lejos de disminuir, se verán incrementados, sin contar con que en un mundo globalizado como el nuestro los factores sociales, políticos y económicos indican, además, un probable aumento de ataques terroristas que pueden afectar a la movilidad aérea.

Es en las situaciones de alto riesgo en las que echamos de menos una serie de recursos a los que acudir para resolver el problema de la manera más eficaz posible, lo que no es fácil, dada esa característica de “lo que no ha ocurrido nunca” que tiene todo problema nuevo, que obliga a plantearse dos cuestiones fundamentales:

1. ¿Cómo afrontar las situaciones nuevas para las que no existen unas normas ni una formación adecuada?
2. Dado que lo que nunca ha ocurrido podría ocurrir, ¿cómo nos anticipamos a tales situaciones? O, lo que es lo mismo, ¿las podemos prever?

Para responder a estas dos cuestiones, se hace necesario recurrir al desarrollo de conductas creativas, ya que los enfoques proactivos, necesarios a todas luces, a veces se quedan cortos en lo que a la prevención de desastres se refiere. Siempre que nos encontramos con un problema cuya respuesta, por las razones que fuere, no es obvia, tenemos que echar mano de la creatividad fruto de la utilización del pensamiento divergente. Las situaciones nuevas aconsejan la búsqueda de soluciones creativas que han de ser improvisadas, debido a que la solución no está en el libro de normas protocolarias establecidas y que la respuesta ha de darse sin tiempo material para plantearse un razonamiento al efecto (Muñoz-Marrón, Gil y Lanero, 2018).

Los hechos demuestran que la ejecución de conductas creativas por parte de las tripulaciones aéreas ha evitado graves accidentes⁴⁶ y que la falta de ella ha tenido, en numerosas ocasiones, consecuencias desastrosas. Sin embargo, la razón sugiere que hay que evitar a toda costa que la solución de las emergencias graves quede al albur de la pericia u ocurrencia certera del piloto de turno. Y ello pasa por conseguir que los pilotos y demás miembros de la tripulación estén preparados, esto es, hayan sido formados para reaccionar ante lo imprevisto y aprendan a comportarse eficazmente en situaciones de

⁴⁶ Sirvan de ejemplo el ya citado vuelo 1549 de US Airways (enero 2009) en el que el comandante Chesley Sullenberger tuvo la brillante idea de amerizar el avión sobre las aguas del río Hudson consiguiendo evitar el desastre; el vuelo de la compañía rusa Alrosa (septiembre de 2010), un Tupolev Tu-154, al que volando desde el aeropuerto siberiano de Poliarni a Moscú a una altura de diez mil metros le fallaron todos sus sistemas, y cuyos pilotos, sin comunicación alguna con el exterior, lograron aterrizar en una antigua y estrecha pista militar, rodeada de un espeso bosque de pinos que estaba en desuso, poniendo a salvo a los 72 pasajeros y 9 tripulantes a bordo de la aeronave; o el Vuelo 009 de la aerlínea British Airways (junio de 1982), en el que el Boeing 747 sufrió el apagado de sus cuatro motores por la ingestión de ceniza volcánica, lo que hizo que su comandante, Eric Moody, tomase la decisión de descender con rapidez (1800 metros por minuto) hasta una altitud donde la presión exterior fuera la suficiente para respirar casi con normalidad y, después de diversos sucesos adversos, lograr aterrizar el avión en el aeropuerto de Yakarta (Ranter, 2015).

incertidumbre. Kendra y Wachtendorf (2003a) afirman que la creatividad es un factor importante de respuesta de éxito ante los desastres de todo tipo, precisamente porque aumenta la capacidad de adaptación a las exigencias impuestas por situaciones críticas y permite improvisar en nuevos entornos físicos y sociales.

Quizá no esté de más afirmar que la creatividad, como actitud de búsqueda, no garantiza el éxito en la resolución del problema; a lo más que aspira es a buscar incesantemente y sin cansancio una mejor solución que la que tenemos a mano.

5.2. Los conceptos de creatividad y flexibilidad

Existe consenso entre los investigadores a la hora de definir la creatividad como una actividad diseñada para resolver problemas (Anderson, 2006; Titus, 2000), considerando que el concepto integra dos características fundamentales: la novedad (respuesta nueva, nunca antes vista) u originalidad (respuesta infrecuente, desde el punto de vista estadístico), y la utilidad (respuesta ajustada al problema -adecuación, pertinencia, eficacia-) (Amabile, 1983; Kendra y Wachtendorf, 2003a; Lubart, 1994). Se considera, por tanto, que una respuesta es creativa cuando resuelve un problema difícil de una manera nueva (Amabile, 1983; Isaksen y Treffinger, 1985).

Sin duda, el investigador pionero que se ha ocupado de dar entidad a lo que él mismo denominó pensamiento divergente y que se identifica con el concepto de creatividad, ha sido Guilford (1968). Según este autor, el pensamiento divergente posee tres factores básicos, que siguen siendo aceptados por los investigadores, y que utilizamos para la definición de la conducta creativa: fluidez, originalidad y flexibilidad.

La fluidez alude al flujo de ideas, es decir, a la cantidad de respuestas que se dan frente a un problema, sin tener en cuenta la calidad de las mismas. Y este no tener en cuenta la calidad es su limitación, hasta el punto de que no suele identificarse con facilidad a la fluidez con la creatividad.

La originalidad implica novedad o infrecuencia estadística. La originalidad y la creatividad tienen mucho que ver, pues toda conducta creativa es original. Sin embargo,

existe una originalidad improductiva e ineficaz, mientras que la creatividad añade a la originalidad la utilidad.

La flexibilidad se define como la riqueza de perspectivas, o la predisposición a contemplar la realidad y los problemas desde diferentes ángulos o puntos de vista y a aportar variedad de ideas para la solución de un problema. Es la característica que más se asocia a la conducta creativa, hasta el punto de que, en materia de emergencias y catástrofes, tienden a confundirse ambos términos, e incluso se recurre más a la flexibilidad que a la creatividad para denominar a la conducta más adecuada para resolver los problemas de emergencia con riesgo de accidente grave. Y es esta la postura que adoptamos aquí, salvo cuando se haga la distinción correspondiente.

La flexibilidad se refiere tanto a la capacidad para ofrecer muchas respuestas diferentes a un problema en el preciso momento en que el problema se presenta, como a la capacidad de anticiparse al problema ofreciendo alternativas que permitan prevenir su aparición. Si en el primer caso la flexibilidad comportamental es la clave de la conducta creativa, en el segundo la flexibilidad ideacional e imaginativa es la clave de la flexibilidad anticipatoria. También se habla (Georgsdottir, Lubart y Getz, 2003) de flexibilidad de adaptación y flexibilidad espontánea. La primera se manifiesta cuando los retos están presentes en el ambiente, mientras que la segunda muestra una preferencia para el cambio sin ningún tipo de presión externa.

La flexibilidad, que puede ser definida también como la capacidad de cambiar (Thurston y Runco, 1999), o capacidad de realizar cambios con rapidez para resolver un problema, se contrapone a la rigidez, que es la incapacidad para cambiar, persistiendo en dar una respuesta que se ha demostrado no aporta solución alguna. La rigidez se identifica con rutina, que sugiere la idea de seguir haciendo lo que siempre se ha hecho y de la manera en que se ha hecho, como si no existiera otro modo de comportarse. La flexibilidad, por el contrario, supone no sólo cambiar de pensamiento y de conducta, sino también la posibilidad de pensar en múltiples conceptos de manera simultánea.

La flexibilidad cognitiva es tan vital para el esfuerzo creativo que la investigación sugiere que la mayoría de las personas creativas desarrollan y utilizan con

frecuencia “heurísticas o tácticas creativas” para ayudarse a romper con el pensamiento convencional cuando es necesario (Newell, Shaw y Simon, 1962).

De la misma manera que la flexibilidad se asocia a la creatividad, otros conceptos están ligados a ambos términos y su diferenciación no llega a tener unos límites precisos. Es el caso de constructos tales como improvisación, innovación, cambio, adaptación y resiliencia.

El término *improvisación* se utiliza con mucha frecuencia en la literatura sobre desastres (Kreps y Bosworth, 1993; Kreps, Bosworth, Mooney, Russell y Myers, 1994; Mendonça, Beroggi y Wallace, 2001; Webb, 2004). Kendra y Wachtendorf (2003a) consideran que la creatividad y la improvisación están presentes cuando se dan las respuestas adaptativas a las situaciones de emergencia, y estiman que la improvisación requiere creatividad, entendida como la capacidad para generar nuevas ideas en el momento preciso en que se necesitan para solucionar un problema. Tierney (2002) sostiene que si un evento no requiere improvisación, no puede considerarse como “desastre”. Para Kreps (1991), improvisar es aportar una respuesta de emergencia frente a una situación. La improvisación no es más que la flexibilidad que ofrece la respuesta oportuna ante múltiples alternativas, todas ellas contempladas por nuestra mente sin que nosotros seamos conscientes de ellas.

En la investigación sobre creatividad es normal considerar la *innovación* como estrechamente relacionada con la creatividad, hasta el punto de que los términos se utilizan con frecuencia indistintamente (Georgsdottir et al., 2003; West y Richards, 1999), sobre todo en el mundo de las empresas y organizaciones. Kendra y Wachtendorf (2003a) adoptan una definición bastante amplia de la innovación, afirmando que esta se refiere a cualquier programa nuevo y creativo, a un procedimiento o técnica que, con el fin de satisfacer las demandas del entorno, se pone en práctica en un momento dado.

Cambio y adaptación se consideran también elementos clave de la conducta creativa y la innovación. No conviene dejar de lado el hecho de que el cambio por sí solo no se justifica, porque siempre se puede cambiar a peor; requiere de su complemento necesario, esto es, la adaptación al problema para superarlo. Existe consenso en considerar que la creatividad está presente en el cambio favorable, que el

cambio necesita de la creatividad (Nystrom, 1990; West y Farr, 1990; Zaltman, Duncan y Halbek, 1973).

Kendra y Wachtendorf (2003b) han definido la respuesta flexible en términos de la capacidad de recuperación, que coincide con el concepto de *resiliencia*, transmitiendo la idea de sobreponerse a un contratiempo y de recuperarse tras una interrupción (Dynes, 2003). La psicología positiva afirma que la resiliencia permite a las personas afrontar mejor las situaciones estresantes, porque tienen una mayor capacidad para soportar la presión, lo que les permite tener un mayor control emocional ante eventos conflictivos.

Todos estos términos tienen en común la tendencia al ajuste de medios para lograr un objetivo cuando las circunstancias no son favorables; algo que siempre ocurre en situaciones de emergencia en general y de emergencia aérea en particular.

5.3. La flexibilidad como factor clave de la conducta creativa en situaciones de emergencia

Georgsdottir, Lubart y Getz, (2003) afirman que a veces la supervivencia depende de la flexibilidad y que a menudo la prosperidad también depende de ella. Si hacemos caso a Buck, Trainor y Aguirre (2006) y a Neal y Phillips (1995), en los sistemas de gestión de emergencias se presentan problemas precisamente por falta de flexibilidad. Por si esto fuera poco, la flexibilidad suele ser considerada como una medida de salud mental en todos los aspectos de la vida.

De hecho, la flexibilidad es la constatación de que existen muchas maneras de hacer las cosas para resolver un problema (Kreps, 1991), aparte de ser el factor psicológico que mejor puede representar la capacidad de generar alternativas para afrontar situaciones de emergencia. La gestión eficaz de emergencias requiere de flexibilidad (Waught, 2007), porque ante lo imprevisible no cabe otra actitud.

Hay muchas razones por las cuales se requerirán respuestas flexibles. Para hacer frente a tareas rutinarias, no es necesaria la flexibilidad. Pero resulta imprescindible ante las situaciones de emergencia, que precisan de cierta capacidad para improvisar las

medidas adecuadas ante las características especiales propias de una situación imprevista que amenaza con convertirse en una crisis (Turner, 1994).

En las emergencias y catástrofes la flexibilidad ha de estar presente en todas las fases del proceso de resolución del problema que se presenta, ya que es inevitable un cierto grado de confusión, a veces, muy alto, acerca de las formas de actuación, debido a que las condiciones y necesidades pueden cambiar rápidamente durante el período de emergencia.

Las situaciones de emergencia son a menudo complejas y difíciles de comprender (Turner, 1994), de modo que una respuesta inflexible y rígida contribuye a agravar el problema en lugar de solucionarlo. Cuando se produce una emergencia grave, no puede esperarse que se confíe en los sistemas rutinarios previamente establecidos, y lo conveniente es reconocer la incapacidad de tales sistemas y dejar la solución en manos de la flexibilidad de respuesta. Flexibilidad de respuesta que debe haber sido entrenada previamente.

Una de las características de las situaciones de emergencia es la presión del tiempo. Se necesita improvisar, pero con acierto, porque no hay tiempo para rectificar. Tierney (2002) sostiene que la improvisación es en realidad una característica distintiva de la conducta en los desastres.

Los beneficios que proporcionan las interacciones flexibles en un equipo a la hora de enfrentarse a situaciones críticas fueron expuestos por Stachowski, Kaplan y Waller (2009) en un estudio en que se simulaban crisis nucleares para observar la adherencia, por parte del equipo de gestión de crisis, a los procedimientos estándar, frente a la tendencia a apartarse de ellos al hacer frente a eventos inesperados. El aumento en la frecuencia y gravedad de las situaciones de crisis genera la necesidad de equipos más flexibles y eficaces (Geneviève et al., 2010), que han demostrado ventajas potenciales en las organizaciones que trabajan con ellos (Geneviève et al., 2010).

5.4. Flexibilidad y planificación

Que abogemos por la flexibilidad no quiere decir que no consideremos necesario planificar. Por importantes que sean la flexibilidad y la improvisación, no es menos la realización de planes previos al desarrollo de una tarea. Entre ambos términos, flexibilidad y planificación, existe una relación extraordinariamente compleja, como no dejan de poner de manifiesto todos cuantos trabajan en la gestión de emergencias, y una buena organización estratégica ha de tenerlas en cuenta, sobre todo cuando existe algún tipo de riesgo, por mínimo que sea, de que se presenten situaciones con las que en principio no se contaba.

La planificación, como veremos en el capítulo siguiente⁴⁷, es considerada un componente de la coordinación explícita (Rico, Sánchez-Manzanares, Gil y Gibson, 2008). La planificación opera sobre lo conocido y es muy necesaria para el mejor cumplimiento de cualquier programa, pero nada puede hacer frente a lo desconocido e imprevisible. La planificación tiene sus ventajas. Es un punto de partida para orientar la acción en todos aquellos problemas con una sola opción o con varias opciones claramente diferenciadas, de manera que resulta una obviedad afirmar que conviene planificar todo cuanto pueda ser planificado. Esta es la razón de que se haya puesto mucho énfasis en la idea de que una planificación cuidadosa promueve una respuesta más rápida en situaciones de emergencia. La respuesta rápida es importante, aunque no sea lo más importante.

Pero, frente a estas innegables ventajas, la planificación tiene sus límites, el principal de los cuales consiste en no contar con la posibilidad de que se presenten situaciones no previstas, algo habitual entre quienes se ocupan de planificar. Ante la ocurrencia de situaciones nuevas, una respuesta inflexible o un exceso de confianza en alguna receta preordenada pueden aumentar el peligro en lugar de eliminarlo. Cuando el personal no reconoce que los sistemas existentes son inadecuados o que la adopción de las rutinas resultará insuficiente, existe un grado peligroso de inflexibilidad (Turner, 1994). Dicho con palabras de Waugh (2007), la planificación no es una guía inmutable de acción.

⁴⁷ Ver apartado 6.2.1. *Coordinación explícita*.

Y es aquí donde entra en juego la flexibilidad, que empieza a ser imprescindible en el punto mismo en el que la acción de la planificación no permite responder con eficacia a los problemas, e incluso se corre el riesgo de que resulte perjudicial si se la tiene muy en cuenta. La planificación marca la estrategia, pero las circunstancias imprevistas obligan a la flexibilidad, como única manera de adaptarse a tales circunstancias y responder a las nuevas exigencias que las mismas imponen. La flexibilidad actúa cuando se presenta una situación con la que no se contaba. Esta es la razón que justifica la afirmación de Waugh (2007) de que la gestión de emergencias eficaz requiere flexibilidad.

En resumen, la planificación no debe impedir la flexibilidad. Es más, debe contar con ella. Aparte de las ventajas que supone la facilidad para observar la realidad desde diferentes perspectivas y enfoques, la flexibilidad favorece también lo que Koestler (1964) ha llamado *bilocación*, y que define como la unión de dos ideas o conceptos de una manera inesperada y desconocida hasta entonces, dando lugar a la síntesis creativa o formación de nuevas relaciones y configuraciones (Couger, 1995).

De todo ello se desprende que, si ambas se necesitan, la tarea consiste en armonizarlas, tarea que se presenta extraordinariamente difícil. Los planes son necesarios, pero hay que evitar que su rigidez no permita reaccionar frente a situaciones imprevistas. Los planes rígidos en el manejo de emergencias no hacen otra cosa que limitar la flexibilidad obstaculizando las operaciones de respuesta (Waugh, 2007), razón por la cual es conveniente que la planificación no excluya la flexibilidad.

Si bien la planificación eficaz ha de contemplar acciones concretas ante situaciones conocidas e identificar las acciones con mayor probabilidad de ser apropiadas en caso de emergencia de respuesta, también debería fomentar la improvisación basada en la evaluación continua de la situación de emergencia por parte del equipo encargado de dar la respuesta. La planificación de las emergencias debe hacer hincapié en la flexibilidad, con el fin de que las personas pueden improvisar las respuestas que la situación demanda (Perry y Lindell 2007).

Una buena planificación a menudo mejora la flexibilidad, sobre todo cuando opera con personas con la preparación necesaria. Sin preparación, la gestión de

emergencias es menos eficiente en el cumplimiento de las exigencias necesarias para evitar el desastre, y sin improvisación, la gestión de emergencias pierde la flexibilidad que necesita para afrontar las condiciones cambiantes (Kreps, 1991) que caracterizan a este tipo de sucesos.

Conviene ahondar en la compleja relación que, como vemos, existe entre planificación y flexibilidad y ver la manera en que pueden ser tratadas con el fin de conseguir un efecto sinérgico, esto es, dar con las claves que permitan llevar a cabo acciones complementarias que enriquezcan la preparación de las personas responsables de resolver problemas caracterizados por su complejidad y alto riesgo.

En la problemática de la seguridad aérea, ¿el éxito será fruto del seguimiento estricto de los procedimientos de vuelo (*checklist*) o, por el contrario, dependerá de una mayor flexibilidad a la hora de enfrentarse a las emergencias? No hay una respuesta unívoca. El problema radica en la dificultad de integrar la flexibilidad en la planificación. Así como la planificación ha de contar con la flexibilidad, esta no debe eclipsar a aquella. La cuestión radica en que no deben oponerse. Flexibilidad no significa que no hay reglas que rigen las acciones; más bien, consiste en la integración de vías nuevas que permitan la comprensión de los límites de las situaciones críticas y del contexto en que se producen, algo que sólo se adquiere a través de una combinación adecuada de experiencia y formación (Waugh, 2007).

Y aquí cobra una importancia primordial la formación y experiencia de la persona o del equipo encargados de tomar las decisiones ante eventos críticos inesperados, de gestionar las situaciones de crisis. Por una parte, se exigen niveles elevados de conocimiento de la disciplina o tarea (Titus, 2007); incluso un moderado nivel de preparación permite a los responsables establecer las discriminaciones necesarias y mejorar así cualquier improvisación (Kreps, 1991). Pero es importante también el conocimiento de otros campos dispares, hecho que facilita más el pensamiento creativo que el vasto conocimiento de un solo dominio. Dicho de otra manera, si el conocimiento disciplinario de un dominio es bueno, el aumento de conocimientos disciplinarios desde varios dominios diferentes es aún mejor, proporcionando un ambiente rico para el intercambio de ideas y la síntesis de dichas ideas (Titus, 2007).

5.5. La necesidad de formación y entrenamiento de las tripulaciones en creatividad y flexibilidad

Si la experiencia está demostrando que la formación técnica de las tripulaciones aéreas no basta para afrontar situaciones imprevistas y que se hace necesaria una formación más profunda en factores humanos (Muñoz-Marrón et al., 2018), parece cada vez más evidente que entre estos factores deberían encontrarse aspectos que, dentro de los programas de entrenamiento en gestión de recursos de la tripulación (*Crew Resource Management* [C.R.M.]), potencien la flexibilidad y la generación de conductas creativas en la resolución de aquellas emergencias para las que la metodología habitual no sirve.

En la formación de los pilotos resulta clave la capacidad para discriminar cuándo la actuación rutinaria marcada por el seguimiento de los procedimientos establecidos no será capaz de resolver el problema y conducirá irremisiblemente al desastre. Si un piloto no es capaz de percibir que la situación, lejos de aconsejar la consulta del “libro”, está demandando una actitud flexible para encontrar la respuesta más adecuada, es que algo falla en su formación.

Los datos aportados por el análisis de diferentes sucesos permiten afirmar que la experiencia es un elemento clave en la resolución exitosa de emergencias aéreas. Sin embargo, la experiencia (que será analizada con más detalle en el Capítulo 6⁴⁸) es algo que sólo se adquiere mediante la práctica contnua realizada durante un cierto tiempo. Y es la formación la variable que ha de aportar la preparación necesaria para agilizar la adquisición de las destrezas que sólo la experiencia parece aportar.

Waught (2007) habla de la necesidad de combinar una buena formación y una buena experiencia para gestionar eficazmente las emergencias. Y Kendra y Wachtendorf (2006) afirman que, siendo fundamentales la formación y la preparación, son de importancia vital el pensamiento creativo, la flexibilidad y la capacidad de improvisar en situaciones emergentes graves.

⁴⁸ Ver apartado 6.4. *Experiencia de los miembros de la tripulación.*

El enfoque más práctico aconseja armonizar la necesaria formación para responder ante las situaciones corrientes, para comportarse ante las imprevistas y para ayudar a distinguirlas. Algunos autores consideran que incluso un modesto nivel de preparación permite diferenciar planificación y flexibilidad para actuar en consecuencia (Kreps, 1991). Improvisación y preparación no son opuestos; idealmente, van de la mano (Kreps, 1991). Al entrenar a las tripulaciones aéreas en actuaciones flexibles estaríamos dotando a las compañías comerciales y a las Unidades de Fuerzas Aéreas de una herramienta valiosísima para enfrentarse con aquellas situaciones de crisis que pueden ser fatales en un vuelo.

La formación en planificación, dentro de su complejidad, es fácil de asumir, de impartir y de aprender. La persona sólo tiene que adquirir la formación técnica suficiente para conocer las posibles incidencias y la respuesta que tiene que ofrecer a las mismas. Las ventajas que posee este tipo de formación, que, en términos estrictos, se centra en la solución de problemas cerrados, ya han sido expuestas en el apartado correspondiente sobre la formación de los profesionales de vuelo (pilotos, controladores aéreos y mecánicos de vuelo⁴⁹). Esta formación será cada vez más completa, dado que los sucesos no registrados, debido a su novedad, pasan a estarlo una vez ocurridos, por lo que no deja de avanzarse en la prevención o respuesta eficaz a sucesos que una vez fueron nuevos.

La verdadera dificultad estriba en formar para actuar en situaciones de incertidumbre, lo que implica formar para la creatividad y la flexibilidad, o lo que es lo mismo formar, para provocar la aparición de conductas creativas. Pero esta formación siempre ha contado con la dificultad para reglarla. Ausubel, Novak y Hanesian (1983) afirman que el uso educativo del término “creatividad” es uno de los más ambiguos y confusos de la psicología contemporánea. Insistir en la promoción de la creatividad como objetivo educativo es por ello desafortunado, según estos autores. Porque, si adiestrar en la resolución de problemas es difícil, la creatividad es una capacidad menos adiestrable que la resolución de problemas. Teniendo en cuenta que la creatividad es la expresión suprema de la resolución de problemas (Ausubel et al., 1983), la clave está en encontrar la manera de formar en todo cuanto se refiere a los conceptos que antes hemos considerado claramente relacionados: creatividad, pensamiento divergente, flexibilidad,

⁴⁹ Ver Capítulo 4. *La formación de los profesionales de vuelo en España.*

improvisación, innovación y resiliencia. Estos términos no agotan las posibilidades de temas de este tipo de formación, pero pueden servir como punto de partida para avanzar en esa dirección.

Una formación complementaria a la flexibilidad, puesto que favorece su puesta en práctica, es la formación en lo que podríamos llamar *sensación de alerta*, lo cual es extraordinariamente difícil en cualquier situación que presente ciertas dosis de estabilidad. Dicho de otra manera, es muy difícil, por no decir imposible, estar siempre en situación de alerta. De ahí que una de las características que se han señalado frecuentemente para justificar la ocurrencia de determinados accidentes es la actitud de complacencia de la tripulación. Este es un punto que ha sido profundamente tratado, en especial en fechas recientes, ya que se le atribuyen la mayor cantidad de catástrofes aéreas de los últimos años (Amézcua Pacheco, 2011). El alto grado de automatización y fiabilidad de las aeronaves modernas son factores que pueden afectar a las tareas de la tripulación en el sentido de aumentar la *complacencia*, haciendo esencial el estudio de este fenómeno. Parece que no se ha encontrado una definición clara del significado de este término, pero se puede llegar fácilmente a la conclusión de que la complacencia es la manifestación de una conducta inadecuada que aúna elementos de aburrimiento, permisividad y tolerancia a la monotonía, tanto de las personas como del equipo, con cierta o acusada tendencia a no tomar en serio las normas de seguridad e incluso a hacer dejación de las mismas. Los resultados de una encuesta realizada en 1997 en la compañía Mexicana de Aviación pusieron de manifiesto cómo este fenómeno era, con mucho, el que más preocupaba a las tripulaciones de vuelo (Amézcua Pacheco, 2011).

En esta tesitura, el primer escollo que encontramos en este tema es que, a pesar de que la creatividad y la flexibilidad son consideradas como cualidades importantes para el manejo de emergencias, la ejecución de conductas creativas durante la respuesta es a menudo considerado, paradójicamente, como disfuncional por parte del personal de emergencias (Kendra y Wachtendorf, 2003a), lo que viene a coincidir con lo que sucede en las organizaciones en general, que sugieren la necesidad de instaurar la creatividad al tiempo que, en la práctica, más que aplicarla lo que hacen es aniquilarla (Amabile, 1998).

En las emergencias se suele distinguir entre respuesta rápida (que se aconseja en los manuales al uso) y respuesta adecuada. Ambas posibilidades han de ser contempladas en la formación de los pilotos. La primera se ajusta muy bien a los procedimientos estándar actualmente establecidos de seguimiento de *checklists* y reparto de tareas en cabina; la segunda, alude a la necesidad de la flexibilidad para dar con la opción más adecuada de acuerdo con una lectura y análisis extremadamente rápido de las circunstancias, estando en este último caso muy relacionada con la adecuada utilización del pensamiento divergente aplicado a la resolución de problemas complejos. La adecuación de la respuesta, de acuerdo con Quarantelli (1977), es tan importante como la velocidad de la misma (Lindell, Prater y Perry, 2007).

La formación en creatividad y flexibilidad podría entenderse como aquella que se imparte a partir de una generación de alternativas de resolución de problemas, en donde al sujeto se le entrena para desarrollar diversos modos de enfrentamiento ante los conflictos, para lo cual podrían ser de aplicación las muchas técnicas creativas (Muñoz Adánez, 2006) que han mostrado sus mayores posibilidades para formar personas creativas y flexibles.

Cualquier paso para disminuir el riesgo de accidentes no será ni fácil ni rápido, y las medidas que se adopten en materia de formación han de ir en la dirección de lograr personas alertas, creativas y flexibles capaces de realizar las acciones oportunas cuando se presenten situaciones problemáticas imprevistas.

Para terminar, no podemos dejar de mencionar la necesidad de formar en motivación para la creatividad y la flexibilidad. Muchos profesionales no realizan un trabajo creativo porque rara vez tratan de hacerlo. Producir trabajo verdaderamente creativo requiere tiempo, motivación, energía y esfuerzo, y muchas personas simplemente no poseen la motivación necesaria para hacer frente a tareas de tipo creativo (Titus, 2007). Este punto de vista es consistente con investigaciones según las cuales la motivación parece ser un factor clave en la determinación del éxito o el fracaso creativo (Rowe, 2004).

6. TRABAJO EN EQUIPO

6.1. La cabina de vuelo como modelo de trabajo en equipo

En los últimos años, el aumento de la tecnología ha contribuido a la complejidad de muchas de las tareas laborales realizadas, por lo que es difícil para los profesionales realizar su trabajo de forma independiente. Si hasta hace no muchos años el profesional podía trabajar de una manera individual, actualmente es a menudo necesaria la interacción de dos o más profesionales para alcanzar los resultados deseados (Torrelles, 2011). En respuesta a los avances tecnológicos, muchas organizaciones han adoptado un enfoque de equipo para trabajar (Mathieu, Heffner, Goodwin, Salas y Cannon-Bowers, 2000). En palabras de Torrelles, “en los últimos años las organizaciones han experimentado múltiples cambios y el trabajo en equipo es uno de ellos” (Torrelles, Paris, Sabrià y Alsinet, 2016, p. 1). Un equipo es un grupo de dos o más individuos que comparten un objetivo común, que trabajan de forma interdependiente, y se perciben a sí mismos y son percibidos por los demás como una entidad social (Devine, 2002).

Los equipos son cada vez más frecuentes en las organizaciones debido a su capacidad para resolver problemas complejos, adaptándose a los cambios o nuevas situaciones mediante procesos de aprendizaje (Gil, Rico y Sánchez-Manzanares, 2008; Tushman y Nadler, 1996) y ayudando a las organizaciones a responder y adaptarse rápidamente a entornos dinámicos (Alcover, Rico y Gil, 2011; Mohrman, Cohen y Mohrman, 1995). La utilización de grupos en las organizaciones ha aumentado drásticamente (Ancona, 1990; Guzzo y Dickson, 1996; Wageman, 1995) y este modo de trabajar genera un gran beneficio a las organizaciones (Torrelles et al., 2016). Es más, el trabajo en equipo se ha consagrado como la principal forma de trabajo y proporciona, para una organización, mayores beneficios que el trabajo individual (Alcover et al., 2011). Un equipo eficaz es capaz de superar los obstáculos que se le presentan y reaccionar rápidamente a las condiciones cambiantes que le rodean (Hakanen y Soudunsaari, 2012).

El aumento de la competencia, así como la aparición de nuevos mercados y el rápido desarrollo tecnológico, han propiciado que la generación de respuestas rápidas y precisas se convierta en una necesidad (Blanch, Gil, Antino y Rodríguez-Muñoz, 2016). Organizaciones de todo tipo han sufrido grandes modificaciones, lo que ha conducido a importantes cambios hacia formas de trabajo más colaborativas y cooperativas (Torrelles et al., 2016). Las demandas provocadas por el elevado grado de innovación que exige esta nueva situación tecnológica requieren de una gran variedad de habilidades, así como de altos niveles de conocimiento especializado, respuestas rápidas y adaptabilidad, que sólo pueden ser alcanzadas a través del trabajo en equipo (Kozlowski, y Ilgen, 2006). En muchas organizaciones en las que es necesaria una elevada fiabilidad, exactitud y seguridad, la operación de sistemas cruciales es responsabilidad de un pequeño grupo de personas que controla los diferentes sistemas y toma decisiones relativas al funcionamiento de los mismos (Waller, Gupta y Giambatista, 2004). Los equipos constituyen una estrategia ampliamente utilizada para incrementar la seguridad en las organizaciones (Salas, Wilson y Edens, 2009).

La utilización de equipos de control (*control crews*) se da especialmente en entornos en los que la fiabilidad y precisión de los resultados es crucial, tales como aviación, operaciones navales, industria petroquímica, plantas de energía nuclear, etc. (Waller et al., 2004). El trabajo en equipo debe ser, por lo tanto, considerado un factor clave, así como una fuente de ventaja competitiva (Rousseau, Aubé y Savoie, 2006). Posiblemente, esta mayor incidencia de los grupos o equipos como unidad ideal de operación en ciertos sectores venga provocada por la certeza de que los equipos parecen adecuarse mejor a tareas complejas, ya que permiten a los miembros compartir la carga de trabajo, monitorear las conductas laborales de otros miembros, y desarrollar y aportar experiencia en diferentes tareas (Mathieu et al., 2000).

Las organizaciones que traten de adaptarse a los cambios y a las transformaciones estructurales exigidas por el presente contexto encontrarán en el trabajo en equipo la estrategia esencial para alcanzar sus objetivos (Alcover et al., 2011; Gil et al., 2008). Los equipos, tal y como se entienden actualmente, deben ser considerados entidades complejas, dinámicas y adaptables que trabajan incrustadas en sistemas multinivel, teniendo en cuenta el individuo, el equipo y la organización en general (Torrelles et al., 2016).

La incorporación de personas en la ejecución de tareas representa en sí mismo un elemento de complejidad, y es un hecho que un conjunto de personas juntas puede terminar obstaculizando la ejecución de una tarea (Allen y Hecht, 2004). Es por ello por lo que no es suficiente la creación de equipos de trabajo, sino que debe buscarse la creación de equipos realmente eficientes, de tal modo que el resultado final de la tarea sea mucho mayor que el conseguido por un único individuo, e incluso superior a la suma del trabajo realizado por cada uno de los integrantes del equipo; es decir, que se produzca la tan buscada sinergia. Este hecho no es ajeno a la aviación, que ha fijado su mirada en los últimos años en el factor humano. Uno de los aspectos en los que se ha centrado el sector aeronáutico es en el análisis de las conductas individuales de cada uno de los componentes de un equipo de trabajo. Es imposible negar que el sector aéreo seguirá avanzando, y las máquinas cada vez serán más perfectas, pero el hombre continuará con sus mismas limitaciones físicas, fisiológicas y psicológicas. Precisamente por esta razón es por la que la investigación debe centrarse en conocer esas limitaciones y manejarlas de modo que permitan a las personas resolver cada vez más eficazmente las situaciones imprevistas (Amézcuca Pacheco, 2011). Sin embargo, aunque se ha trabajado intensamente en el entrenamiento de los profesionales de forma individual, tradicionalmente se ha puesto menos énfasis en el entrenamiento de habilidades de trabajo en equipo, especialmente en determinados sectores productivos en los que tal formación es muy necesaria, como, por ejemplo, la aviación o la medicina (Sexton, Thomas y Helmreich, 2000), donde los errores tienen repercusiones de enorme trascendencia

Si nos centramos en el ámbito de la aviación, tanto comercial como militar, los estudios sobre factores humanos y más concretamente sobre el trabajo en equipo se centraron en sus comienzos en el estudio de los comportamientos individuales de cada uno de los componentes de la tripulación. Posteriormente, se pasó al análisis de la tripulación como conjunto (a partir fundamentalmente de la segunda generación de los programas de *Crew Resource Management*)⁵⁰ para, después, extenderse dicho análisis a otros colectivos relacionados directamente con la seguridad de vuelo, e incluso al estudio del ambiente organizacional en el que las operaciones aéreas se desarrollan (Helmreich, 2006; Marshall, 2010). A pesar de la gran lucha que las compañías aéreas llevan a cabo actualmente para reducir costes en la operación de sus líneas comerciales,

⁵⁰ Ver Capítulo 3. *C.R.M. (Crew Resource Management - Gestión de Recursos de la Tripulación)*.

todos y cada uno de los aviones que operan en rutas de transporte aéreo comercial lo hacen con aviones multipiloto y es innegable que la tripulación aérea se ha constituido como la unidad mínima de trabajo para la gestión de las emergencias aéreas. El hecho de que sean equipos de personas los que componen una tripulación que opera un avión de pasajeros no tiene mayor razón que intentar maximizar la seguridad de vuelo.

Siguiendo a la Organización de Aviación Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization* [O.A.C.I.]), los factores humanos tratan sobre las personas en sus entornos laborales y de vida, y sobre sus relaciones con los materiales, los procedimientos y el ambiente. Los factores humanos son cruciales ya que el ser humano se encuentra involucrado absolutamente en el mundo de la aviación (CAE, 2018). La psicología, dentro del enfoque de los factores humanos en aviación (O.A.C.I., 1998; Garland, Wisw y Hopkin, 1999), aporta diversos recursos para comprender y operar desde los niveles organizacionales hasta los individuales, tanto en aviones comerciales o militares, como en naves espaciales. Así, se entrena a los operadores con múltiples programas (*Federal Aviation Administration* [F.A.A.], 2007), por ejemplo, en la gestión total de los recursos humanos y técnicos del equipo (C.R.M.)⁵¹ (Leimann Patt, 1998), en la gestión de errores y amenazas (*Threat and Error Management* [T.E.M.]) y en la organización de un sistema general de gestión de la seguridad (*Safety Management System* [S.M.S.]) (O.A.C.I., 2006).

Muchas de las variables propuestas para influir en los procesos de equipo y, por lo tanto, en el rendimiento del equipo, aún no han recibido el suficiente respaldo empírico (Matthieu et al, 2000). Si las características personales han supuesto un alto grado de preocupación por parte de los investigadores, el interés por los factores que contribuyen a un alto rendimiento del equipo se ha disparado en las últimas décadas (Ancona, 1990; Guzzo y Dickson 1996; Wageman, 1995; para revisiones, véase Gist, Locke, y Taylor, 1987; Salas, Dickinson, Converse y Tannenbaum, 1992).

La interacción del ser humano con los artefactos, y muy especialmente con los sistemas complejos, no es sencilla. La tripulación de vuelo se ha convertido en el equipo de trabajo ideal, compuesto por diferentes profesionales que colaboran y trabajan de

⁵¹ Ver Capítulo 3. *C.R.M. (Crew Resource Management - Gestión de Recursos de la Tripulación)*.

forma conjunta y coordinada dentro de la cabina de vuelo, repartiéndose la carga de trabajo existente y reduciendo con ello el peligro potencial de sufrir un accidente.

La cabina de vuelo es el habitáculo que la tripulación de una aeronave o de una nave espacial utiliza para controlar y dirigir el aparato, y que contiene los instrumentos y controles necesarios para ello. Por *tripulación*, término que tiene su antecedente etimológico en el vocablo latino *interpolatio*, entendemos el “conjunto de personas que van en una embarcación o en un aparato de locomoción aérea, dedicadas a su maniobra y servicio” (Real Academia Española [R.A.E.], 2018). El concepto permite nombrar a los individuos que se encargan de conducir un medio de transporte y de brindar servicio a los pasajeros. Más concretamente, por tripulación de vuelo o tripulación aérea entendemos el personal que opera una aeronave durante el vuelo. Esta tripulación aérea está compuesta por diferentes profesionales, cada uno ellos con unas funciones claramente prefijadas, que varían dependiendo de cada tipo y modelo de avión, así como del propósito del vuelo, siendo de importancia primordial la coordinación de todos y cada uno de sus componentes para el buen funcionamiento de la aeronave, sobre todo cuando acontecen situaciones de emergencia.

Sin embargo, reunir un grupo de personas para realizar una tarea no es suficiente para garantizar un buen funcionamiento (Steiner, 1972); ni siquiera contar con los miembros mejor dotados garantiza el buen funcionamiento de un equipo. Esto es particularmente importante para las tripulaciones aéreas, que se enfrentan a eventos no rutinarios o inesperados, y cuyos fallos de coordinación entre los miembros del equipo pueden arruinar el logro de la misión o poner en alto riesgo la seguridad del personal, el material y las vidas y los bienes de terceros. Por lo tanto, la gestión eficaz del funcionamiento de las tripulaciones dentro de la cabina juega un papel crítico en su capacidad de adaptación, la seguridad de los vuelos y el desempeño de la misión con éxito.

Existe una gran cantidad de investigación sobre los factores que contribuyen a un alto rendimiento del equipo (para revisiones, véase Gist et al., 1987; Salas et al., 1992). Sin embargo, y a pesar de que la investigación sobre la eficacia del equipo ante eventos no rutinarios está creciendo, los estudios empíricos que examinan sus comportamientos durante las crisis son relativamente escasos (Stachowski, Kaplan y

Waller, 2009). La gestión de crisis (*crisis management*) es una faceta de mando y control caracterizada por la complejidad e incertidumbre, además de por una alta presión en el tiempo de realización. La urgencia por tomar decisiones en momentos críticos impide la generación de soluciones rápidas mediante mecanismos cognitivos simples (Sebastian, 2009). Con el fin de afrontar los retos de este tipo de situaciones de crisis impredecibles, los equipos deben ser capaces de adaptarse y coordinarse de manera eficaz (Geneviève et al., 2010). Las tripulaciones aéreas han sido uno de los grupos más utilizados en este tipo de estudios.

Estas cuestiones ponen de manifiesto la necesidad de que en la formación de las tripulaciones se encuentren vías para entrenar a las personas a responder ante situaciones imprevistas (Muñoz-Marrón, Gil y Lanero, 2018), en las que la coordinación en cabina por parte de todos los actores (piloto, copiloto y tripulantes) resulta de especial relevancia. Se ha demostrado que en un elevado porcentaje de casos los accidentes son debidos precisamente a esa falta de coordinación a la que aludimos. Los programas de entrenamiento en C.R.M., expuestos en el capítulo 3, están precisamente centrados, fundamentalmente, en desarrollar estrategias de trabajo en equipo, mejorando los procesos de coordinación, generando un clima de confianza y utilizando todo tipo de medidas basadas en la experiencia y el entrenamiento continuo de las tripulaciones aéreas. Son precisamente estos constructos (coordinación, confianza, experiencia y entrenamiento) los que consideramos cruciales para la eficacia del trabajo en equipo y, por tanto, los que se analizan en el presente estudio.

6.2. La coordinación en los equipos de trabajo

La coordinación entre los componentes de los equipos de trabajo es un tema ampliamente estudiado en diferentes ámbitos del conocimiento en los que el trabajo en equipo resulta indispensable a la hora de alcanzar una ejecución óptima. Los avances tecnológicos por sí solos no son capaces de lograr un resultado óptimo y, en el caso de la aviación, de lograr la “siniestralidad 0” (Sherman, Helmreich, y Merritt, 1997; Wiener, 1993). La coordinación y la comunicación son temas planteados por numerosos autores como aspectos clave del rendimiento (Salas et al., 2008; Stout, Cannon-Bowers, Salas, y Milanovich, 1999). La coordinación asegura que un equipo funciona como un todo unificado (Brannick y Prince, 1997; Van de Ven, Delbecq y Koenig, 1976).

La mayoría de los modelos teóricos basados en las relaciones input-proceso-output (I-P-O) abordan la coordinación como un proceso clave para la eficacia del equipo (Cohen y Bailey, 1997; McGrath y Argote, 2001; Tannenbaum, Beard, y Salas, 1992). Estudios empíricos de los modelos I-P-O (por ejemplo, Campion, Medsker y Higgs, 1993; Gladstein, 1984; Guzzo y Dickson, 1996) han demostrado su utilidad (Mathieu et al, 2000). Sin embargo, el gran número de factores que influyen en los resultados ha imposibilitado un examen exhaustivo del modelo (Mathieu et al, 2000).

Pero lo que está claro es que, en la actualidad, el estudio de los problemas de coordinación y gestión de los recursos en tripulaciones aéreas es básico a la hora de abordar el tema de la siniestralidad. Nuestro interés en ahondar en el estudio de la coordinación de las tripulaciones aéreas se basa en la firme creencia de que un buen entrenamiento y ciertas directrices pueden ayudar a reducir la siniestralidad en el que ya se considera el medio de transporte más seguro.

Simplemente con fijarnos en alguno de los accidentes más significativos sufridos por las compañías aéreas a lo largo y ancho del planeta (como los expuestos en capítulos anteriores) podemos encontrar que los errores humanos en lo que respecta a coordinación de las tripulaciones aéreas son, aún hoy en día, una de las principales causas de los accidentes de aviación⁵².

Para abordar el concepto de coordinación, lo analizamos como el resultado de dos constructos diferentes: la coordinación explícita y la coordinación implícita.

6.2.1. Coordinación explícita

Existe coordinación explícita cuando los miembros del equipo utilizan de forma intencionada procesos tales como planificación y coordinación en la gestión de múltiples tareas (Espinosa, Lerch, y Kraut, 2004; Malone y Crowston, 1994). En el

⁵² Sirva de trágico ejemplo el Vuelo 447 de Air France entre Río de Janeiro y París, que el 1 de junio de 2009 terminó con un balance de 228 muertos (Ranter, 2015). El 6 de diciembre de 2011, *Popular Mechanics* publicó un análisis del accidente incluyendo la traducción de la conversación filtrada, en la que se puso de manifiesto que los tripulantes habían fallado totalmente, a la hora de cooperar, esencialmente en lo referente a coordinación y gestión de recursos de la tripulación (C.R.M.). No estaba claro para ninguno de los dos quién era responsable de qué, y quién estaba haciendo qué (Wise, 2011).

presente estudio se aborda a partir de dos constructos que forman parte de los procesos de dicha coordinación, y que son la *planificación* y la *comunicación*.

- a) **Planificación.** La coordinación a través de la planificación, también conocida como programación (March y Simon, 1958), coordinación impersonal (Van de Ven et al., 1976), o coordinación administrativa (Faraj y Sproull, 2000), se refiere al conjunto de prácticas y dispositivos utilizados por un equipo para gestionar los aspectos más estables y predecibles de su trabajo, tales como plazos, planes, horarios y programas (Rico, Sánchez-Manzanares, Gil y Gibson, 2008).

- b) **Comunicación.** Según Ioerger (2003), la comunicación está presente en casi la totalidad de los procesos de equipo. La coordinación a través de la comunicación incluye procesos de retroalimentación (March y Simon, 1958), así como coordinación personal (Van de Ven et al., 1976), y abarca el intercambio de información entre dos o más miembros del equipo a través de transacciones formales o informales, orales o escritas, con el fin de integrar sus respectivas contribuciones (Kraut y Streeter, 1995). Annet, Cunningham y Mathias-Jones (2000) abordan la comunicación y la coordinación como dos procesos fundamentales del trabajo en equipo. La comunicación, entendida como intercambio de información entre miembros del equipo, es un elemento clave en el funcionamiento del mismo, ya que proporciona información, favorece las relaciones interpersonales y está presente en la tarea de supervisión

La comunicación, como concepto inmerso en los procesos de coordinación, ha sido uno de los aspectos tradicionalmente presentes en los programas de prevención de accidentes aéreos. Según la F.A.A., hay tres factores inherentes al programa de entrenamiento en C.R.M.: comunicación, establecimiento de prioridades y gestión de la carga de trabajo. Estos tres factores pueden aparecer en diferentes tipos de empresas de cualquier ámbito de negocio, si bien la gran diferencia que nos encontramos al aplicarlos a la aviación es que en esta última tenemos que tener en cuenta el factor “tiempo”, aspecto que resulta crítico a la hora de mezclarlo con los tres factores anteriores en la resolución de una emergencia aérea (F.A.A., 2012).

No podemos olvidar que muchas de las carencias en factores humanos que presentaban las tripulaciones en los años setenta del pasado siglo XX, y que provocaron la aparición del C.R.M., continúan siendo el caballo de batalla de los programas de entrenamiento en la actualidad (estilos de liderazgo inadecuados, errores en la comunicación de planes e intenciones o fallos a la hora de establecer prioridades).

6.2.2. Coordinación implícita

La coordinación implícita explica cómo los miembros de un equipo integran dinámicamente sus contribuciones durante la interacción basándose en estructuras de conocimiento compartido. La coordinación implícita aborda los aspectos más dinámicos y sutiles que se ponen en marcha en el proceso de coordinación entre los miembros del equipo durante el desempeño, a través de la anticipación y las conductas de ajuste dinámico (Rico et al., 2008). La coordinación implícita ha recibido numerosa atención por parte de los investigadores en los últimos años. Las explicaciones tradicionales estaban basadas fundamentalmente en mecanismos de coordinación explícitos (Rico et al., 2008) que, por sí solos, no eran capaces de dar una explicación completa y global a los procesos de coordinación. Además, el ámbito de las emergencias o gestión de crisis requiere de un elevado nivel de coordinación implícita y entendimiento mutuo entre los miembros del equipo para maximizar el rendimiento, aspecto que ya pusieron de relevancia Undre y sus colaboradores al abordar la naturaleza interdependiente del rendimiento en el ámbito de las emergencias médicas (Undre, Sevdalis, Healey, Darzi y Vincent, 2006).

La coordinación implícita se enmarca dentro de los procesos sobre cognición de equipo, y explica, en parte, la forma en que los miembros del mismo coordinan sus contribuciones durante el proceso de interacción grupal. La coordinación implícita tiene lugar cuando los miembros del equipo anticipan las acciones y necesidades de sus colegas y las demandas de la tarea y ajustan dinámicamente su propia conducta de un modo consecuente, sin tener que comunicarse directamente entre sí o planificando la actividad (Cannon-Bowers, Salas y Converse, 1993; Espinosa et al., 2004). Dos son los

aspectos que, en consecuencia, han de ser tenidos en cuenta a la hora de abordar este concepto: la *anticipación* y el *ajuste dinámico*.

- a) **Anticipación.** Gracias al conociendo de las habilidades, el comportamiento pasado y los intereses de los otros, los componentes de un equipo pueden hacer suposiciones acerca del tipo de información a la que otros miembros atenderán (Rico et al., 2008). Con el fin de adaptarse eficazmente, los integrantes del equipo deben predecir lo que sus compañeros van a hacer y lo que van a necesitar para poder hacerlo (Mathieu et al., 2000). De este modo, anticipando la probable conducta del resto, cada miembro del equipo puede adaptar su propio comportamiento para facilitar la realización de tareas grupales sin que exista una comunicación explícita de quién debe ejecutar cada tarea (Rico et al., 2008), lo que nos introduce en el siguiente constructo.

- b) **Ajuste Dinámico.** Proceso que tiene lugar cuando los diferentes componentes de un equipo adaptan, sin existir una planificación previa, su comportamiento a una situación concreta. Es decir, la adaptación de la conducta a la situación se produce sin que se dé ningún tipo de comunicación explícita entre ellos, sino que se basa en estructuras mentales de conocimiento sobre las demandas de la tarea y las necesidades del resto de miembros del equipo (Cannon-Bowers et al., 1993; Espinosa et al., 2004; Wittembaum, Stasser y Merry, 1996).

Varias corrientes de investigación proporcionan apoyo general al fenómeno de la coordinación implícita (Rico et al., 2008). Estas incluyen conclusiones respecto de la propensión de los equipos a utilizar rutinas habituales (Gersick y Hackman, 1990), el rápido desarrollo y la permanencia de los patrones de distribución de trabajo y de interrelación entre los miembros del equipo (Gersick, 1988; Weick y Roberts, 1993), y la baja frecuencia de debates del grupo sobre las estrategias necesarias para resolver una tarea conjunta (Hackman y Morris, 1975). Además, la coordinación implícita parece ser más fácil y más eficiente en situaciones impredecibles y complejas (Geneviève et al., 2010), e influye en mayor medida en el rendimiento de los equipos cuando existe un elevado nivel de interdependencia de tarea entre sus miembros (Sánchez-Manzanares, 2007).

6.3. La confianza en los equipos de trabajo

6.3.1. El concepto de confianza y su relevancia en el funcionamiento de los equipos de trabajo

Realmente, un equipo sin confianza no es un equipo. El concepto de confianza (*trust*) ha sido definido en la literatura de muchas maneras (Dirks, 2000). Podríamos quedarnos con que la confianza es la fiabilidad en la capacidad, la fuerza o la verdad de alguien o algo. Siguiendo a diferentes autores, podemos hablar de la creencia en la buena voluntad de los otros (Ring y Van de Ven, 1992), la intención de aceptar la vulnerabilidad sobre la base de las expectativas positivas en los comportamientos e intenciones de los otros (Rousseau, Sitkin, Burt y Camerer, 1998), el compromiso de cooperar sin tener la certeza de cómo actuarán las personas en las que confías (Coleman, 1990), o la fe en el comportamiento y la buena voluntad de otros, que puede aumentar o desaparecer debido a la interacción y las experiencias vividas (Hakanen y Soudunsaari, 2012). Lo que es evidente es que se trata de un concepto para cuya definición es necesaria la existencia de al menos dos actores, y que se trata de un constructo clave en la dinámica de grupos o equipos de trabajo.

Pero, ¿podemos hablar de un equipo cuando no existe confianza entre sus miembros? La confianza es uno de los aspectos esenciales a la hora de construir equipos (Hakanen y Soudunsaari, 2012). La gente confía en las personas que se comportan de un modo fiable y competente, y se preocupan por el bienestar de los demás (Greenberg, Greenberg y Antonucci, 2007). La sabiduría tradicional entiende que la confianza se desarrolla a partir de una historia de interacciones interpersonales y de comunicación, a través de la cual la gente “conoce y confía” en los otros (Greenberg et al., 2007). El desarrollo de la confianza de unos individuos en otros dentro de un equipo es lo que conocemos con el término de confianza interna del equipo (*intrateam trust*). Langfred (2004) lo define como el grado de confianza que cada uno de los miembros de un equipo tiene en sus colegas de trabajo. El desarrollo de este clima de confianza entre los componentes de un equipo de trabajo es un camino lento, que necesita tiempo y se nutre en su generación de diferentes experiencias e interacciones entre los individuos. En la velocidad o rapidez de la generación de esta confianza interna del equipo influyen numerosos factores externos (como las experiencias pasadas, la reputación o el rol dentro del equipo) e internos (por ejemplo, la predisposición a confiar). Es un hecho que

las experiencias vividas frente a situaciones significativas resueltas de un modo satisfactorio en compañía de otra persona generan un alto grado de confianza en la misma. Las respuestas oportunas y adecuadas a las aportaciones de otros miembros del equipo son características de los equipos de éxito y conducen a la confianza (Jarvenpaa, Shaw y Staples, 2004). También la creencia de que los otros miembros del equipo pueden contar con uno mismo para hacer lo que dicen que van a hacer es un precursor importante para el desarrollo de la confianza (McKnight, Choudhury y Kacmar, 2002), aunque dicha predisposición no garantiza que un miembro realmente desarrolle altos niveles de confianza (Greenberg et al., 2007).

En los últimos años, se ha estado trabajando en un concepto nuevo, que introduce la dispersión existente en la confianza entre los miembros de un equipo. Este concepto, denominado asimetría de la confianza (*trust asymmetry*), se define como el grado en el cual dos partes difieren en el nivel de confianza del uno hacia el otro (Graebner, 2009), esto es, la diferencia existente entre lo que dos o más personas confían mutuamente entre sí. La asimetría de la confianza varía de forma cuantitativa, de modo que una baja asimetría describe una situación en la que las dos partes tienen niveles muy similares de confianza del uno hacia el otro, mientras una alta asimetría describe una situación en la que las dos partes tienen niveles muy diferentes de confianza entre sí (De Jong y Dirks, 2012).

6.3.2. La confianza en situaciones de emergencia

Cuando un equipo de trabajo se enfrenta a situaciones críticas o que implican cierto grado de urgencia o peligro, la necesidad de “confiar en el otro” aumenta rápidamente, por lo que las situaciones vividas por este tipo de equipos hace que la confianza entre sus miembros sea, por norma general, elevada. Es lo que ocurre en las tripulaciones aéreas, especialmente las militares (así como en otro tipo de equipos que trabajan haciendo frente a situaciones de emergencia), cuyas misiones presentan ese grado de incertidumbre y peligrosidad que hacen necesaria una confianza máxima entre sus miembros.

Estar en un equipo implica un cierto grado de riesgo, debido, fundamentalmente, a que sus miembros son dependientes entre sí para lograr completar con éxito la

compleja tarea del equipo (Greenberg et al., 2007). La confianza aumenta la comunicación, el compromiso y la lealtad entre los miembros de un equipo. Además, puede ser considerada como la base que permite a un grupo de gente trabajar juntos (Hakanen y Soudunsaari, 2012), constituyendo un elemento importante en los grupos de trabajo eficaces (Larson y LaFasto, 1989) y un precursor de interacciones productivas (Jones y George, 1998), y pudiendo tener una influencia vital en el rendimiento del equipo (De Jong, Dirks y Gillespie, 2015; Dirks, 2000). La confianza afecta al rendimiento porque los individuos son más propensos a compartir recursos con los compañeros de trabajo que son de su confianza al tiempo que presentan una mayor facilidad para recibir recursos de los compañeros de trabajo que confían en ellos (Dirks y Skarlicki, 2009). Pero es crítica más aún si cabe en situaciones de emergencia, en las que es difícil realizar tareas de coordinación explícita y en las que se deja la ejecución en manos de la coordinación implícita y en la confianza mutua de cada uno de los miembros del equipo. La confianza implica expectativas sobre los resultados, especialmente en condiciones de incertidumbre.

La suposición de que la existencia de confianza en situaciones críticas aéreas facilitará la resolución de los problemas que se presenten, y para los cuales no exista una solución definida *a priori* en los procedimientos de operación de la aeronave, estará mediada por la creencia de que dicha ejecución dependerá en gran medida de la aparición de ideas creativas, las cuales no se presentarían o lo harían en menor medida si la confianza entre los miembros del equipo no estuviera presente.

6.4. Experiencia de los miembros de la tripulación

6.4.1. La experiencia y su relevancia en el funcionamiento de los equipos de trabajo

La experiencia es un elemento fundamental a la hora de hablar del funcionamiento de un equipo de trabajo. Resulta bastante obvio que la experiencia individual de los componentes de un equipo contribuye a los logros del mismo. Sin embargo, la investigación sobre la experiencia se ha centrado fundamentalmente en el desarrollo de tareas individuales por parte de los expertos (Ericsson y Lehmann, 1996), descuidando en gran medida los comportamientos relevantes para un equipo (Sonntag y Volmer, 2009). Es un hecho demostrado que reunir a diferentes individuos expertos

en un área de conocimiento no asegura el éxito final. Esto es debido fundamentalmente a que, aparte de la especialización y experiencia individual, se necesita poseer ciertas habilidades relacionadas con el trabajo en equipo. Una tripulación aérea es un equipo de trabajo que reúne a diferentes personas, cada una con unos roles, cometidos y responsabilidades concretos. En ellas juega un papel fundamental la figura del comandante de aeronave (*Pilot In Command* [P.I.C.]), que es el piloto responsable de todo lo que ocurre dentro de la misma y lo relacionado con su operación (CAE, 2018). Como tal, su figura es altamente respetada en la aviación, y la preparación para alcanzar tal responsabilidad en una aeronave es algo que todos los operadores aéreos cuidan al máximo. Sin embargo, hay otras figuras dentro de la cabina de vuelo que, sin tener el mismo estatus, son realmente importantes. En el caso del estudio que aquí planteamos, estas son el segundo piloto (copiloto o *First Officer*) y el mecánico de a bordo (también denominado mecánico de vuelo o *Flight Engineer*).

Son numerosos los accidentes de aviación en cuya génesis se encuentran decisiones erróneas tomadas por el comandante de aeronave, en algunos de los casos acrecentadas por el hecho de no atender a las recomendaciones del resto de tripulantes (por ejemplo, el famoso accidente de 1972 ocurrido en nuestro país, concretamente en el Aeropuerto de Los Rodeos; o el del Vuelo 173 de United Airlines, acaecido en diciembre de 1978, citados en capítulos anteriores⁵³). Es por ello por lo que aparecieron y se extendieron diferentes programas de entrenamiento cuyo objetivo no era otro que el de potenciar las sinergias de la tripulación como equipo de trabajo, sin menospreciar las responsabilidades y cometidos de cada uno de sus miembros. Como hemos visto, entre estos programas han adquirido gran relevancia los de gestión de recursos de la tripulación (C.R.M.) expuestos con detalle en el Capítulo 3. Tales programas fueron creados para entrenar a los equipos proporcionándoles la capacitación necesaria para la utilización de todos los recursos a su alcance (Salas y Cannon-Bowers, 2001). Constituyen un claro ejemplo de la aplicación proactiva de los factores humanos en un intento por optimizar el rendimiento del equipo (Marshall, 2010), partiendo de la utilización combinada de habilidades técnicas y humanas, con el objetivo final de lograr operaciones aéreas más seguras y eficaces (F.A.A., 2012).

⁵³ Ver respectivamente Capítulo 1, apartado 1.2. *¿Por qué se producen los accidentes aéreos?* y Capítulo 3, apartado 3.1. *¿Qué es el C.R.M.?*

Se hace, por tanto, necesario valorar la experiencia de la tripulación como un todo, como un constructo único que aglutine la experiencia individual de cada uno de sus componentes, generando una medida única, fácil de cuantificar y de trabajar con ella y que permita a los operadores conocer el grado de experiencia que posee una tripulación como equipo. Hasta ahora, las compañías aéreas trabajan con la valoración de la experiencia individual, fundamentalmente medida a partir de diferentes criterios, tales como: número de horas de vuelo, número de horas de vuelo como comandante de aeronave (P.I.C.), número de horas de vuelo en aparatos con un determinado peso máximo al despegue (*Maximum Take-Off Weight* [M.T.O.W.]), número de horas de vuelo en aviones con una tipología de motores concreta (reactores, turbohélices, *multiengine...*), etc. En el presente estudio se ha diseñado y puesto en práctica un método (descrito con detalle en el Capítulo 8)⁵⁴ para la cuantificación de la experiencia de una tripulación como equipo de trabajo, que aporta novedades de cierta importancia.

6.4.2. La experiencia de la tripulación en situaciones de emergencia

Como no podía de ser de otro modo, la experiencia es un factor que resulta crítico cuando hablamos de equipos de trabajo que se enfrentan a situaciones de emergencia o gestión de crisis. Por ejemplo, para Orasanu (1997), volando bajo estrés se cometen más errores, se reduce la atención y la memoria a corto plazo, se produce visión túnel, escucha selectiva y *scanning* visual caótico, hay cambios en la estrategia, se prioriza la velocidad frente a la seguridad, hay simplificación, se cree que se dispone de menos tiempo, etc. Es digno de consideración el hecho de que, en todo este tipo de problemas, los pilotos más experimentados se ven menos afectados que los principiantes (Alonso, 2011).

Las tripulaciones más experimentadas afrontan con mayor probabilidad de éxito aquellas situaciones caracterizadas por su peligrosidad. Analizando incidentes pasados, es difícil encontrar en aviación un hecho en el que una emergencia de alta peligrosidad haya sido resuelta con éxito sin que en la aeronave que la padece haya una buena carga de experiencia a bordo.

⁵⁴ Ver Capítulo 8. *Metodología del Estudio Empírico*.

6.5.El entrenamiento y su relevancia en el funcionamiento de los equipos de trabajo

La formación inicial de vuelo es tan variada como el conjunto de instituciones habilitadas para proporcionar un título de piloto o tripulante a una persona⁵⁵. Sin embargo, esto no es algo exclusivo de la aviación, ya que en cualquier ámbito de conocimiento existen diferentes organismos e instituciones capaces de habilitar a un profesional para el desarrollo de su trabajo, así como diversos caminos para llegar a poseer una titulación oficial que habilite para el ejercicio profesional. En el sector aéreo español, con el paso de los años, la situación ha ido mejorando, de modo que en la actualidad existe un número determinado de escuelas de vuelo que proporcionan tanto entrenamiento inicial, como entrenamiento continuado en diferentes aspectos relacionados con el sector aéreo, y que responden directamente ante la Dirección General de Aviación Civil (dependiente del Ministerio de Fomento), que es quien regula su actividad. En los últimos años, la formación aeronáutica ha entrado con fuerza en la Universidad, con la aparición de los estudios de grado, cursos de especialización y másteres universitarios que, si bien no tienen la posibilidad de formar como piloto o tripulante a un alumno, sí le proporcionan conocimientos en diferentes campos directamente relacionados con la aviación (gestión aeronáutica, gestión aeroportuaria, C.R.M, investigación de accidentes...). Además, también existen los centros de formación aérea dependientes del Ministerio de Defensa, como son las diferentes academias (actualmente Universidades de la Defensa) y escuelas del Ejército del Aire (E.A.), ya descritos en el Capítulo 4.

Tradicionalmente, en todo el planeta, y también en España, la aviación militar ha nutrido de pilotos y mecánicos a numerosas compañías aéreas civiles. La formación aeronáutica de las academias militares de aviación ha sido y sigue siendo muy valorada por su grado de exigencia, tanto en la selección como en la formación de los profesionales de vuelo (especialmente la de los pilotos), en la mayoría de los casos por encima de la que se imparte en las escuelas del ámbito civil. Si bien es cierto que en España la formación inicial del piloto militar es realmente exigente, los programas de formación continua, fundamentalmente los que introducen aspectos novedosos, tardan en llegar a las Unidades de los tres ejércitos y de la Guardia Civil que cuentan con

⁵⁵ Ver Capítulo 4. *La Formación de los Profesionales de Vuelo en España.*

aeronaves. Estos programas de entrenamiento sí se imparten a modo de cursos de formación adicional en las escuelas civiles de aviación y son habituales en la gran mayoría de las compañías aéreas. Este tipo de entrenamiento resulta del todo necesario, ya que introduce los avances más recientes y las actualizaciones en cuanto a los cometidos de las tripulaciones y debe trasladarse a las mismas con rapidez en el momento en que su eficacia haya sido puesta de manifiesto por los diferentes investigadores. Ya hace algunos años, Helmreich (1999) sugirió que los intentos por aumentar la seguridad de las operaciones de vuelo debían abordar cuestiones más amplias, como la formación individual y de la tripulación como equipo, y no limitarse a aquellos aspectos más directamente relacionados con el vuelo.

Por suerte, esta formación continua de las tripulaciones aéreas está mejorando con rapidez también en el ámbito militar en los últimos años. A este respecto, conviene citar los cursos de C.R.M. que han llegado a todas las Unidades⁵⁶ con el objetivo de hacer cada vez más visibles, dentro del E.A., todos los avances que se han producido en los últimos años en lo que a factores humanos en aviación se refiere, y cuyos contenidos se han recogido en un completo manual (E.A., 2017) que sirve como guía de actuación para formadores y tripulaciones. Sin embargo, queda aún mucho por hacer en pro de reducir la siniestralidad, dado que, a pesar de ser actualmente baja, el margen de mejora aún existe, fundamentalmente en lo que respecta a los factores humanos.

Las últimas décadas nos han proporcionado numerosos avances en cuanto a recursos humanos relacionados con la aviación se refiere, concretamente aquellos que afectan directamente a la preparación de las tripulaciones aéreas y que aún no se han desarrollado e implementado con la fuerza necesaria en el ámbito militar. No es de ningún modo admisible que se produzca un solo accidente más por el hecho de no haber generalizado los logros conseguidos en la investigación, ni puesto en práctica un conocimiento ya existente. Y, aunque es verdad que queda mucho por descubrir, no podemos dejar de aplicar lo que ya está demostrado que funciona. Es fundamental llevar al mundo aplicado lo que la investigación ya ha puesto de manifiesto.

Esto se hace, aún si cabe, más necesario cuando hablamos de tripulaciones que se enfrentan a situaciones de crisis que llevan habitualmente aparejado un alto grado de

⁵⁶ Ver Capítulo 3, apartado 3.5. *El C.R.M. en el Ejército del Aire.*

peligro. La complejidad del trabajo en equipo requiere de ciertos conocimientos, habilidades y actitudes que permitan al individuo adaptarse a situaciones concretas dentro de un contexto dado, así como afrontar una amplia variedad de situaciones muy diferentes de un modo eficiente (Torrelles et al., 2016), lo que resulta más crítico en la resolución de este tipo de situaciones críticas. Es posible mejorar la coordinación y eficacia de los miembros de un equipo en la realización de tareas complejas, imprevisibles, urgentes y novedosas (Marks, Zaccaro y Mathieu, 2000). Los programas globales de entrenamiento, que conceden gran importancia al estudio de las técnicas que favorecen el trabajo en equipo, están en constante evolución e incluyen muchos de los aspectos novedosos en su búsqueda de la “coordinación total” de las tripulaciones aéreas.

Gracias a estos avances, la importancia que tienen la formación y el entrenamiento en los equipos de trabajo, goza actualmente de un amplio reconocimiento. Sin embargo, es cierto que se hace necesaria más investigación al respecto para llegar a entender con claridad cómo las estrategias de instrucción contribuyen a mejorar el trabajo en equipo y el rendimiento (Stout, Salas y Fowlkes, 1997).

6.6. El trabajo en equipo en los aviones del Ejército del Aire

La investigación sobre la eficacia del trabajo en equipo ha sido ampliamente abordada en el ámbito militar, donde aspectos tales como alcanzar una coordinación eficaz o liderar equipos humanos pueden ser una cuestión de vida o muerte (Westli, Johnsen, Eid, Rasten y Brattebø, 2010). Visto desde una perspectiva militar, los equipos de profesionales rápidos o ágiles en la ejecución de una misión deberían beneficiarse de la formación o el apoyo tecnológico (Geneviève et al., 2010).

El caso de la aviación militar no difiere del de la aviación comercial en lo que se refiere a los aspectos fundamentales de su funcionamiento. Los avances tecnológicos se producen en ambos campos y los problemas ocurren de una forma muy similar tanto en uno como en el otro. Si bien los dos mundos se diferencian en sus objetivos fundamentales (mientras la aviación comercial busca la rapidez en el transporte de

personas y mercancías, la aviación militar tiene como objetivo la consecución con éxito de la operación, ya sea esta de ataque, logística, de rescate, etc.), no lo hacen en priorizar la seguridad por encima de la consecución de dichos objetivos (E.A., 2015), fundamentalmente en tiempos de paz⁵⁷.

En el ámbito militar, diferentes equipos de personas son responsables de realizar tareas complejas en una amplia variedad de misiones y cometidos, ya sea en la rutina diaria de las diferentes Unidades, como en misiones reales, tanto en territorio nacional como en las cada vez más numerosas misiones fuera de nuestras fronteras. Centrándonos en las Fuerzas Armadas (F.A.S.) españolas, y más concretamente en el E.A., encontramos que la mayor parte de las aeronaves son politripuladas, esto es, son operadas por un equipo de personas. Desde el clásico CASA C-212 Aviocar (de fabricación española), pasando por el versátil Lockheed C-130 Hércules, los modelos, también de fabricación española, CASA CN-235 y C-295, los anfibios Canadair CL-215T y CL-415 (cuyas tripulaciones componen la muestra de la presente investigación), los aviones de transporte VIP Airbus A-310, Boeing B-707, Dassault Falcon 20 y Falcon 900, el Lockheed P-3 Orión de patrulla marítima (E.A., 1999) o el ya en servicio Airbus A-400M de transporte militar estratégico, necesitan para su operación una tripulación de vuelo compuesta por diferentes profesionales, oficiales y suboficiales (habitualmente del E.A., aunque en algunos de los aparatos citados hay componentes de la tripulación pertenecientes a otros ejércitos o incluso a organismos civiles), que funcionan como un equipo, aunando esfuerzos para cumplir con la misión asignada, intentando minimizar al máximo el riesgo. Si bien todos y cada uno de los profesionales (pilotos, copilotos, mecánicos de vuelo, supervisores de carga, operadores de consola, etc.) poseen una graduación militar que determina su grado de mando dentro de un escalafón bien definido y completamente jerarquizado, el trabajo dentro de la cabina de vuelo se basa en una distribución funcional, en la que el respeto y la confianza mutua son puestos en valor. Dentro de estas tripulaciones aéreas la camaradería que reina suele ser elevada. Sin embargo, cada profesional tiene asignados unos cometidos y responsabilidades concretos, que debe cumplir siempre bajo la dirección del comandante de aeronave (P.I.C.), figura que representa el liderazgo formal en cualquier tripulación aérea del mundo, ya sea esta militar o civil, y que es el último responsable de llevar a buen puerto la misión (CAE, 2018).

⁵⁷ Ver Capítulo 2. *La Seguridad de Vuelo: ¿Por qué interesa la Seguridad Aérea?*

Las unidades del E.A. participan en numerosas misiones, muchas de las cuales podrían considerarse como de gestión de crisis. Las situaciones de gestión de crisis son complejas y dinámicas, y se caracterizan por el alto riesgo, la incertidumbre y la presión del tiempo (Brehmer, 2007), así como por un curso impredecible de los acontecimientos (Geneviève et al., 2010). Debido a que este tipo de situaciones poseen restricciones severas y altas exigencias, la experiencia y los recursos necesarios para el logro de los objetivos de la misión se extienden más allá de la capacidad de un solo individuo (Geneviève et al., 2010). Son numerosas las operaciones en las que participan las tripulaciones del E.A. que cumplen con estas características, tales como operaciones de búsqueda y rescate (*Search And Rescue* [S.A.R.]), cualquier operación en territorio hostil (misiones en Afganistán, el Sahel, Irak, Republica Democrática de el Congo, Líbano...), defensa del espacio aéreo (tanto en territorio nacional como en misiones en el exterior), misiones de extinción de incendios forestales, misiones de transporte logístico a zonas afectadas por todo tipo de desastres naturales, etc.

Nuestro estudio toma como muestra, precisamente, a uno de los colectivos que llevan a cabo misiones de gestión de crisis, como es la extinción de incendios forestales desde el aire, en la que el E.A. lleva participando desde 1972 mediante el trabajo que realiza una de sus Unidades: el 43 Grupo de Fuerzas Aéreas (FF.AA.). Fundada inicialmente como 404 Escuadrón (Molina, 2015), actualmente el 43 Grupo posee 18 aviones anfibios, que operan con dependencia operativa de la Unidad Militar de Emergencias (U.M.E.) en la Campaña de Lucha contra Incendios Forestales (C.L.I.F.) que el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (M.A.P.A.) desarrolla anualmente en España. La extinción de incendios es una misión cuya responsabilidad tienen atribuida, en la mayoría de las naciones, los cuerpos de bomberos que, en la mayoría de los casos, cubren la operación sólo dentro de zonas urbanas, quedando fuera de su competencia los incendios fuera de casco urbano, así como la actuación aérea en los mismos. Por ejemplo, en España, en el caso de la extinción forestal por tierra son las brigadas contra incendios forestales (ya sean dependientes del M.A.P.A. o de las Comunidades Autónomas) quienes realizan ese trabajo. En cuanto a la operación de las diferentes aeronaves que se encargan de la extinción de incendios en los diferentes países, esta suele corresponder a organizaciones de Protección Civil (como por ejemplo ocurre en Francia o Italia), a las F.A.S. (Croacia, España, Grecia o Marruecos), o a algún otro departamento ministerial que utiliza medios estatales al tiempo que

subcontrata los servicios de empresas privadas (como es el caso de Portugal o España). En España, las aeronaves de lucha contra incendios forestales con mayor autonomía para actuar, así como mayor capacidad de carga, son las operadas por el 43 Grupo de FF.AA. del E.A., realizando este tipo de misiones tanto dentro de nuestro territorio (Santa Pau, 2015), como fuera de él (ver e.g. Muñoz-Marrón, 2009).

Sea de un modo o de otro, la extinción de incendios desde el aire necesita de profesionales con un juicio sutilísimo, una gran pericia y mucha seguridad (Hawkes, 1992). Las tripulaciones aéreas de lucha contra incendios (civiles o militares) se enfrentan a misiones en las que tienen que realizar tareas complejas, interdependientes y de cooperación en situaciones de urgencia, y en las que se pueden presentar numerosos hechos impredecibles, lo que hace necesario que “el espíritu de nuestros tripulantes mire hacia adelante y busque llevar a cabo su misión a la perfección sin perderle nunca el respeto a lo que hacen” (Álvaro, 2015, p. 955). Estas características hacen que las tripulaciones aéreas del 43 Grupo de FF.AA. del E.A. sean muy similares a otros equipos que han de trabajar en situaciones de emergencia, convirtiéndose en el colectivo perfecto para investigar a fondo la manera en que un equipo hace frente a problemas complejos, se adapta a las demandas cambiantes y aprende de sus acciones. Estudios como el que presentamos contribuyen a la creciente necesidad de investigación sobre los factores de apoyo a la adaptabilidad y la eficacia del equipo (Burke, Stagl, Salas, Pierce y Kendall, 2006), tan demandados actualmente.

II. MODELO TEÓRICO

7. MODELO TEÓRICO PROPUESTO

7.1. Planteamiento del modelo teórico

El trabajo de investigación desarrollado en la presente tesis doctoral pretende poner de manifiesto los beneficios que puede presentar la utilización del pensamiento divergente como parte del entrenamiento de las tripulaciones aéreas en lo referente a la generación de ideas creativas que propicien una correcta toma de decisiones en la resolución de ciertas emergencias aéreas. El aprendizaje de su uso, a partir de métodos creativos para la toma de decisiones, maximizará la gestión de recursos en cabina (*Crew Resource Management* [C.R.M.]) y permitirá a las tripulaciones actuar de forma rápida y eficaz en la resolución de los problemas que se presentan en situaciones de emergencia aérea con riesgo de accidente, fundamentalmente en aquellas en las que este es mayor y que, debido a su complejidad y baja frecuencia de aparición, no están contempladas en las listas de verificación (*checklists*) (Muñoz-Marrón, Gil y Lanero, 2018). Por esta razón, la formación de la tripulación en aspectos psicológicos ligados al pensamiento creativo se convierte en prioritaria. No se trata de dejar de lado los procedimientos recogidos en dichas *checklists*, sino de proporcionar a las tripulaciones herramientas complementarias a estos, fundamentalmente para aquellos casos en los que las respuestas rutinarias de manual no suponen una solución exitosa del problema.

Según lo expuesto en los capítulos precedentes, se parte de tres evidencias importantes:

1. Todos los posibles sucesos no pueden estar recogidos en las *checklists* o listas de verificación de procedimientos de operación de una aeronave (Muñoz-Marrón et al., 2018).
2. Aún considerando que las listas de verificación (*checklists*) pudiesen cumplir con la utopía de incluir todas y cada una de las posibles situaciones, en la mayoría de casos de extremo peligro no hay tiempo material para aplicar los pasos correspondientes sin cometer errores⁵⁸.

⁵⁸ Sirva de ejemplo el accidente del Vuelo 8261 de Binter Mediterráneo (agosto de 2001), en el que un avión CASA CN-235 se estrelló justo antes del umbral de la pista del Aeropuerto de Málaga-Costa del Sol debido a una incorrecta ejecución del procedimiento de fuego en un motor. Ante el aviso de fuego en

3. El desarrollo de conductas creativas por parte de las tripulaciones han salvado numerosas aeronaves del desastre en situaciones de emergencia aérea de gran peligrosidad⁵⁹.

El modelo teórico que proponemos aparece representado en la Figura 9:

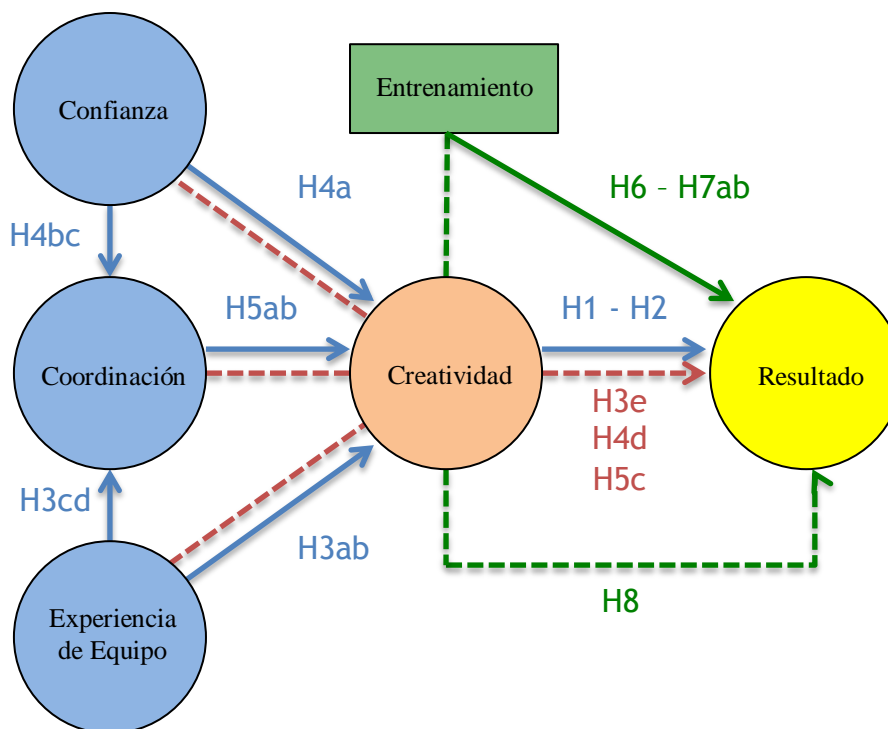


Figura 9. Modelo teórico e hipótesis de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes apartados de este capítulo están dedicados a definir las variables presentes en el modelo teórico y a revisar las evidencias teóricas y empíricas que justifican las hipótesis de investigación puestas a prueba en el apartado III del presente estudio, dedicado a la parte empírica.

el motor izquierdo (que resultó ser falso), la tripulación, realizando el citado procedimiento, detuvo consecutivamente ambos motores, haciendo que el avión se precipitase contra el suelo (Ranter, 2015).

⁵⁹ Ver ejemplos de emergencias aéreas resueltas con éxito citados en capítulos anteriores.

7.2. Variables del estudio

7.2.1. Confianza

Como quedó expuesto anteriormente (ver Capítulo 6⁶⁰), este constructo ha sido abordado de muchos modos en la literatura (Dirks, 2000), ya que se trata de un concepto fundamental en la dinámica de los equipos de trabajo (Hakanen y Soudunsaari, 2012). Tradicionalmente, se piensa que la generación de la confianza procede de una serie de interacciones interpersonales, a partir de las cuales la gente confía en los otros (Greenberg, Greenberg y Antonucci, 2007). Más concretamente, podemos entenderlo como el grado de confianza que cada uno de los miembros de un equipo tiene en sus colegas de trabajo (Langfred, 2004).

En los últimos años, se ha introducido el concepto de asimetría de la confianza (*trust asymmetry*), que constituye una nueva aproximación al constructo, ya que introduce la dispersión existente en la confianza entre los diferentes miembros de un equipo. Se define como la diferencia existente entre dos partes respecto al nivel de confianza del uno hacia el otro (Graebner, 2009), esto es, la diferencia existente entre lo que dos o más personas confían mutuamente. La asimetría de la confianza varía de forma cuantitativa, de tal modo que una baja asimetría nos estaría transmitiendo que las dos partes tienen niveles muy similares de confianza del uno hacia el otro, mientras una alta asimetría implicaría que las dos partes tienen niveles muy diferentes de confianza entre sí (De Jong y Dirks, 2012).

El constructo de confianza constituye un elemento fundamental en los grupos de trabajo eficaces (Larson y LaFasto, 1989), ya que puede tener una gran influencia en el rendimiento del equipo (De Jong, Dirks y Gillespie, 2015; Dirks, 2000), además de ser un precursor de interacciones productivas (Jones y George, 1998). De cara al presente estudio, este constructo representa el nivel de confianza existente entre los miembros de un equipo (Schoorman, Mayer y Davis, 1996; De Jong y Dirks, 2012), en este caso, entre los componentes de cada una de las tripulaciones aéreas. De este modo, como se expondrá en el siguiente capítulo, los participantes en el estudio debían valorar su grado

⁶⁰ Apartado 6.3. *La confianza en los equipos de trabajo.*

de confianza en los otros dos miembros de la tripulación, con los que realizarían el vuelo en el simulador de vuelo.

El constructo confianza está fuertemente ligado al de coordinación y, a nuestro modo de ver, resultaba de vital importancia introducir ambos en la investigación. Creemos, por nuestra experiencia en la materia, que un buen clima de confianza entre los miembros de un equipo (en este caso, de una tripulación aérea) favorecerá la generación de soluciones creativas eficaces ante situaciones de emergencia.

7.2.2. Coordinación

Han sido numerosos los conceptos desarrollados durante décadas para explicar cómo se coordinan los equipos de trabajo. Lo que sí parece claro es que “la acción coordinada se encuentra en el *corazón* de la ejecución eficaz de un equipo” (MacMillan, Entin y Serfaty, 2004, p. 63). En la presente investigación, el constructo utilizado es entendido como el proceso que integra y sincroniza los recursos y actividades de un equipo para asegurar el logro de determinadas tareas dentro de unas limitaciones temporales (Cannon-Bowers, Tannenbaum, Salas y Volpe, 1995). MacMillan y colaboradores describen dos tipos de coordinación: *implícita* y *explícita*. Los autores sugieren que la coordinación explícita requiere de la comunicación entre los miembros del equipo para articular sus planes, acciones y responsabilidades, mientras que la coordinación implícita hace referencia a la capacidad de los miembros del equipo para actuar de común acuerdo sin la necesidad de que exista dicha comunicación abierta (MacMillan et al., 2004). Con el fin de hacer operativa esta variable al máximo, y basándonos en trabajos anteriores, hemos utilizado dos conceptos que integrarían y definirían cada uno de los tipos de coordinación. La coordinación explícita vendría definida por los conceptos de *planificación* y *comunicación*, al tiempo que la coordinación implícita lo haría por los de *anticipación* y *ajuste dinámico* (Rico, Sánchez-Manzanares, Gil y Gibson, 2008)⁶¹.

⁶¹ Ver definición y análisis en profundidad de dichos conceptos en el apartado 6.2. *La coordinación en los equipos de trabajo*.

7.2.3. Experiencia de Equipo

La experiencia se define como “práctica prolongada que proporciona conocimiento o habilidad para hacer algo” o “conocimiento de la vida adquirido por las circunstancias o situaciones vividas” (Real Academia Española [R.A.E.], 2018). Si, por otro lado, tenemos que un equipo es un “grupo de personas organizado para una investigación o servicio determinados” (R.A.E., 2018), uniendo ambos conceptos, entenderemos por experiencia de equipo la práctica prolongada que lleva a un grupo de personas organizado para un servicio determinado a tener el conocimiento y la habilidad para hacer algo.

De este modo, y con la necesidad de abordar este concepto desde el punto de vista grupal⁶², la experiencia es utilizada en el presente estudio como variable que incluye los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo del desarrollo de una carrera profesional concreta, en este caso la de piloto o mecánico de a bordo como componentes de un equipo de trabajo absolutamente indisoluble⁶³. Entendida como la experiencia conjunta que tiene una tripulación, viene definida por tres ítems diferentes, críticos y habitualmente utilizados por los diferentes operadores aéreos, y que se han utilizado en esta investigación:

- Número total de horas de vuelo (en todo tipo y modelo de aeronave).
- Número de horas de vuelo en un material específico (modelo de avión); en este caso, Canadair CL-215T y CL-415 (modelo de aeronave utilizada en el estudio).
- Número de horas de vuelo como comandante de aeronave (*Pilot In Command* [P.I.C.]) en un material específico (modelo de avión); en este caso, Canadair CL-215T y CL-415.

La inmensa mayoría de las compañías aéreas del mundo utilizan, como requisito fundamental a la hora de seleccionar a sus pilotos y tripulantes, el número de horas de vuelo totales acumuladas por dichos profesionales a lo largo de su carrera, así como el número de horas que poseen en un tipo concreto de aeronave. Del mismo modo, las horas que se acreditan como comandante de aeronave (P.I.C.) son también valoradas

⁶² La investigación sobre la experiencia se ha centrado principalmente en el desarrollo de tareas individuales (Ericsson y Lehmann, 1996).

⁶³ Ver apartado 6.4. *Experiencia de los miembros de la tripulación.*

por las aerolíneas y el mundo aeronáutico en general, como criterio fundamental cuando se trata de definir la experiencia de un piloto. Es por esta razón por lo que en el presente estudio se ha abordado el concepto de experiencia de equipo teniendo muy presentes estos criterios directamente extraídos de la práctica diaria de los operadores aéreos.

7.2.4. Conducta creativa

La creatividad constituye un importante elemento de cara a proporcionar respuestas exitosas frente a desastres de todo tipo, fundamentalmente porque permite improvisar en nuevos entornos físicos y sociales, aumentando la capacidad de adaptación a las exigencias impuestas por situaciones críticas (Kendra y Wachtendorf, 2003a) como las utilizadas en la investigación de que parte este trabajo. El constructo que se presenta a continuación, y que, por su importancia clave para el presente estudio, ha sido ampliamente abordado en un capítulo dedicado exclusivamente a su análisis⁶⁴, hace referencia, precisamente, a la definición de creatividad como actividad diseñada para resolver problemas (Anderson, 2006; Titus, 2000), más concretamente, a su utilización para generar conductas nuevas frente a problemas difícilmente solucionables mediante procedimientos tradicionales. De este modo, se considera que una conducta es creativa cuando es capaz de resolver un problema difícil de una manera nueva (Amabile, 1983; Isaksen y Treffinger, 1985).

Basándonos en la aproximación clásica al concepto propuesta por Guilford (1968), tomamos como fundamentales tres factores básicos, que siguen siendo aceptados por los investigadores, como son: (1) fluidez, cantidad de respuestas que se dan frente a un problema, sin tener en cuenta la calidad de las mismas; (2) originalidad, novedad o infrecuencia estadística; y, (3) flexibilidad, capacidad para ofrecer respuestas diferentes a un problema en el preciso momento en que el problema se presenta.

Se convierte en el presente estudio en la variable que describe la conducta creativa vs no creativa de la tripulación a la hora de enfrentarse con una situación de emergencia durante el vuelo simulado.

⁶⁴ Ver Capítulo 5. *Creatividad y flexibilidad*.

7.2.5. Resultado

La variable resultado ha sido ampliamente utilizada en la investigación, habitualmente, funcionando como variable dependiente con la finalidad de evaluar el resultado final, producto de las manipulaciones realizadas sobre una o varias variables independientes. Es cierto que el presente concepto adopta diferentes nomenclaturas que, al ser habitualmente adaptaciones del término anglosajón *performance*, no difieren de forma importante entre sí. De este modo, podemos encontrar: ejecución, rendimiento, desempeño, actuación, funcionamiento, realización, etc. Nosotros hemos preferido utilizar el de *resultado* por ser un término que está asociado a la finalización de una acción y, como tal, puede ser medido de un modo absolutamente objetivo.

Basándonos en la evolución del concepto de C.R.M.⁶⁵ y tomándolo al equipo como elemento de análisis (Helmreich, Merritt y Wilhelm, 1999; Helmreich, 2006; Marshall, 2010; Salas, Burke, Bowers y Wilson, 2001; Shuffler, DiazGranados y Salas, 2011), se ha introducido el constructo *resultado* como el producto final de la acción llevada a cabo por un equipo. Enormemente utilizado en la literatura reciente (Mathieu, Heffner, Goodwin, Salas y Cannon-Bowers, 2000; Mathieu, Heffner, Goodwin, Cannon-Bowers y Salas 2005; Waller, 1999) debido a la importancia, ya descrita, que están adquiriendo los equipos de trabajo para las organizaciones, y los beneficios que aportan a las mismas (Alcover, Gil y Barrasa, 2004; Alcover, Rico y Gil, 2011; Gil, Rico y Sánchez-Manzanares, 2008), la variable *resultado* es definida como la consecuencia de una ejecución correcta (éxito) o errónea (fracaso) por parte de una tripulación aérea (Mathieu et al., 2005; Waller, 1999) a la hora de enfrentarse con las situaciones anómalas presentadas durante el vuelo de simulación.

7.2.6. Entrenamiento

El entrenamiento es la acción y el efecto de preparar o adiestrar personas para una tarea determinada (R.A.E., 2018). Este constructo es utilizado en nuestro estudio como variable que incluye los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo del desarrollo de una carrera profesional en un ámbito concreto, en el presente caso, el de la aviación.

⁶⁵ Ver Capítulo 3. *C.R.M. (Crew Resource Management - Gestión de Recursos de la Tripulación)*.

Los diferentes profesionales que desarrollan su trabajo en este sector, y muy concretamente las tripulaciones aéreas, tienen entre sus cometidos el de velar por la seguridad de miles de personas que utilizan el transporte aéreo. Ellos son responsables de llevar a buen término cada uno de los vuelos que sus compañías ponen a disposición de los usuarios. De cara a afrontar una tarea como esa, en la que la seguridad de un gran número de personas, así como de una máquina realmente costosa, los pilotos y mecánicos de abordaje deben prepararse a conciencia. Analizando de forma exhaustiva la formación inicial que los diferentes profesionales del sector aéreo reciben en los distintos recorridos formativos que puede seguir cada uno de ellos (expuesta en el cuarto capítulo), puede apreciarse la importancia que, en un mundo laboral como el que abordamos, posee el entrenamiento. El entrenamiento, tanto inicial, como recurrente es vital para las tripulaciones aéreas. No hay un solo operador aéreo en el mundo que no exija a sus tripulaciones el cumplimiento escrupuloso de un programa específico de entrenamiento. La dificultad que lleva aparejada el trabajo en equipo requiere de ciertos conocimientos y habilidades que proporcionen una adaptación específica para poder afrontar de un modo eficiente una amplia variedad de situaciones (Torrelles, Paris, Sabrià y Alsinet, 2016). Se parte de la idea de que es posible mejorar la coordinación y eficacia de los miembros de un equipo en la realización de tareas complejas, imprevisibles, urgentes y novedosas (Marks, Zaccaro y Mathieu, 2000), y en este proceso el entrenamiento se configura como elemento clave.

Además, tal y como se expuso en el tercer capítulo dedicado a los factores humanos en aviación y más concretamente al concepto de *crew resource management*, consideramos que aquellos aspectos en los que la capacidad de mejora es sustancial son, precisamente, los que hacen referencia al entrenamiento en factores humanos y que por su naturaleza están englobados dentro del campo psicológico. La razón fundamental para la formación en estos aspectos es tan fuerte ahora, como cuando el término C.R.M. fue acuñado por primera vez (Helmreich, 1999).

Los programas globales de entrenamiento están en constante evolución, haciéndose cada vez más completos y sofisticados, integrando aspectos de una industria que avanza con rapidez y ayudándose de las aportaciones que otras ciencias, como la psicología, ponen a su disposición en el interminable intento de avanzar en el camino de

la reducción de los accidentes aéreos (Muñoz-Marrón, 2018). Con ellos se pretende mejorar la ejecución de las tripulaciones aéreas, mediante el estudio de las técnicas que favorecen el trabajo en equipo, en la búsqueda de la “coordinación total”.

Se parte de la idea que el entrenamiento de vuelo es muy completo para resolver todas aquellas cuestiones que ya han ocurrido alguna vez, pero no lo es tanto de cara a afrontar situaciones novedosas que lleven aparejada una gran peligrosidad (Muñoz-Marrón et al., 2018).

7.3. Condición experimental: grado de peligrosidad

La condición experimental definida para el presente estudio se basa en la consideración del *grado de peligrosidad*, que nos presenta una condición definida operativamente de forma bipolar: bajo grado de peligrosidad vs alto grado de peligrosidad. Dicho constructo muestra el nivel de peligro real existente, para la integridad de la aeronave y sus tripulantes, durante la realización del vuelo realizado en el simulador por las tripulaciones participantes en el estudio.

Se concreta en la tipología de las emergencias planteadas a las tripulaciones en cada una de las dos sesiones diseñadas de forma cualitativamente distinta para la investigación, siguiendo las recomendaciones de un grupo de expertos⁶⁶. Este grupo de tripulantes expertos, con la máxima cualificación para el tipo de aeronave con la que trabajamos, proporcionaron la información necesaria para la introducción de las diferentes situaciones de emergencia en el diseño de cada una de las dos sesiones utilizadas.

7.4. Objetivos de la investigación

7.4.1. Objetivos generales

1. Poner de manifiesto que aquellas situaciones de emergencia que se producen en los aviones, caracterizadas por un alto grado de peligrosidad y que no son

⁶⁶ Pilotos y mecánicos de vuelo pertenecientes al 43 Grupo de Fuerzas Aéreas con el mayor grado de cualificación que se puede alcanzar en una Unidad de Fuerzas Aéreas del Ejército del Aire (instructores y probadores de vuelo).

susceptibles de estar recogidas en las listas de operación de la aeronave (*checklists*), pueden ser resueltas, cuando resulta necesario, mediante la utilización de estrategias para generar ideas creativas por parte de la tripulación a la hora de enfrentarse a ellas.

2. Buscar la posible relación entre la existencia de unas determinadas condiciones psicosociales dentro de las cabinas de vuelo y la maximización de las capacidades de las tripulaciones para enfrentarse a las situaciones con un alto grado de peligrosidad.
3. Encontrar la relación existente entre el entrenamiento que reciben actualmente las tripulaciones (basado fundamentalmente en problemas cerrados y excesivamente rígido) y el riesgo de interferir en la generación de ideas creativas cuando estas son necesarias; así como poner de manifiesto que la inclusión de técnicas creativas en los programas de entrenamiento de las tripulaciones aumentará la capacidad de estas para hacer frente a situaciones de emergencia de alta peligrosidad.

7.4.2. Objetivos específicos

Del objetivo general 1:

1. Buscar la relación entre la resolución exitosa de las situaciones caracterizadas por un alto grado de peligrosidad y la existencia del pensamiento creativo en su satisfactoria resolución.
2. Poner de manifiesto que la resolución exitosa de las situaciones caracterizadas por un bajo grado de peligrosidad exigen del cumplimiento estricto de los procedimientos de vuelo.

Del objetivo general 2:

3. Poner de manifiesto que la experiencia de la tripulación es un factor clave en la generación de ideas creativas eficaces que den solución a situaciones de emergencia aérea.
4. Buscar la relación entre un buen clima de confianza entre los miembros de la tripulación y la generación de soluciones creativas eficaces ante situaciones de emergencia aérea.
5. Indagar la relación existente entre una buena coordinación entre los miembros de la tripulación y la generación de soluciones creativas eficaces ante situaciones de emergencia aérea.

Del objetivo general 3:

6. Poner de manifiesto que los programas de entrenamiento que reciben actualmente las tripulaciones son muy completos para resolver problemas de baja peligrosidad que no requieren más que el cumplimiento estricto de las normas y los procedimientos escritos.
7. Evidenciar cómo los programas de entrenamiento que reciben las tripulaciones en la actualidad son insuficientes para solucionar aquellos problemas que presentan un alto grado de peligrosidad y que requieren de la utilización del pensamiento divergente para la generación de conductas creativas.
8. Exponer la necesidad de introducir el concepto de creatividad (entendido como desarrollo de conductas creativas) como un importante elemento en los programas de formación de las tripulaciones aéreas.

7.5. Hipótesis de investigación

Proponemos las siguientes hipótesis asociadas a cada uno de los objetivos específicos del estudio:

Para el objetivo específico 1:

- Hipótesis 1. En situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad, la *conducta creativa*, tendrá un efecto positivo directo sobre el *resultado*.

Para el objetivo específico 2:

- Hipótesis 2. En situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad la *conducta creativa* tendrá un efecto negativo directo sobre el *resultado*.

Para el objetivo específico 3:

- Hipótesis 3a. En situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad, la *experiencia* de la tripulación tendrá un efecto positivo directo sobre la *conducta creativa*.
- Hipótesis 3b. En situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad, la *experiencia* de la tripulación tendrá un efecto negativo directo sobre la *conducta creativa*.
- Hipótesis 3c. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, la *experiencia* de la tripulación tendrá un efecto positivo directo sobre los procesos de *coordinación explícita* (*comunicación* y *planificación*) entre sus miembros.
- Hipótesis 3d. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, la *experiencia* de la tripulación tendrá un efecto positivo directo sobre los procesos de *coordinación implícita* (*ajuste dinámico* y *anticipación*) entre sus miembros.
- Hipótesis 3e. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, la *experiencia* de la tripulación tendrá un efecto positivo indirecto sobre el *resultado*, por mediación total de la *conducta creativa*.

Para el objetivo específico 4:

- Hipótesis 4a. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, la *confianza* entre los miembros de la tripulación tendrá un efecto positivo directo sobre la *conducta creativa*.
- Hipótesis 4b. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, la *confianza* entre los miembros de la tripulación tendrá un efecto positivo directo sobre los procesos de *coordinación explícita (comunicación y planificación)* entre sus miembros.
- Hipótesis 4c. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, la *confianza* entre los miembros de la tripulación tendrá un efecto positivo directo sobre los procesos de *coordinación implícita (ajuste dinámico y anticipación)* entre sus miembros.
- Hipótesis 4d. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, la *confianza* entre los miembros de la tripulación tendrá un efecto positivo indirecto sobre el *resultado*, por mediación total de la *conducta creativa*.

Para el objetivo específico 5:

- Hipótesis 5a. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, los procesos de *coordinación explícita (comunicación y planificación)* entre los miembros de la tripulación tendrán un efecto positivo directo sobre la *conducta creativa*.
- Hipótesis 5b. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, los procesos de *coordinación implícita (ajuste dinámico y anticipación)* entre los miembros de la tripulación tendrán un efecto positivo directo sobre la *conducta creativa*.

- Hipótesis 5c. Con independencia del grado de peligrosidad de la situación de emergencia aérea, la *coordinación explícita e implícita* entre los miembros de la tripulación tendrá un efecto positivo indirecto sobre el *resultado*, por mediación total de la *conducta creativa*.

Para el objetivo específico 6:

- Hipótesis 6. Los programas de *entrenamiento* que reciben las tripulaciones aéreas, caracterizados por su excesiva rigidez en el cumplimiento estricto de los procedimientos de vuelo, son muy eficaces para resolver las situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad.

Para el objetivo específico 7:

- Hipótesis 7a. Los programas de *entrenamiento* que reciben las tripulaciones aéreas, caracterizados por su excesiva rigidez en el cumplimiento estricto de los procedimientos de vuelo, son insuficientes para resolver las situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad que aparecen recogidas en las listas de verificación o *checklists*.
- Hipótesis 7b. Los programas de *entrenamiento* que reciben las tripulaciones aéreas, caracterizados por su excesiva rigidez en el cumplimiento estricto de los procedimientos de vuelo, son insuficientes para resolver las situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad que no aparecen recogidas en las listas de verificación o *checklists*.

Para el objetivo específico 8:

- Hipótesis 8. La introducción de técnicas para desarrollar ideas *creativas* en la formación de las tripulaciones aéreas favorecerá la eficacia en la resolución de emergencias aéreas, fundamentalmente aquellas caracterizadas por un alto grado de peligrosidad.

III. ESTUDIO DE CAMPO Y VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

8. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO EMPÍRICO

Las situaciones de gestión de crisis son complejas y dinámicas, y se caracterizan por el alto riesgo, la presión del tiempo, la incertidumbre (Brehmer, 2007) y un curso impredecible de los acontecimientos (Geneviève et al., 2010). El aspecto dinámico y complejo de una situación de gestión de crisis es difícil de poner en práctica con los métodos de laboratorio tradicionales. Este problema puede ser contrarrestado utilizando simulaciones funcionales que nos proporcionen un compromiso entre validez ecológica y validez interna. Mediante simulaciones funcionales se crean experimentos controlados, lo que no puede hacerse utilizando simulaciones realistas de gestión de crisis (Geneviève et al., 2010). Este enfoque requiere la utilización de un *microworld* (micromundo), que es una simulación simplificada de una situación del mundo real, generado en el caso del presente estudio en el simulador de vuelo. Estos micromundos proporcionan validez ecológica y permiten el establecimiento de relaciones de causalidad, en lugar de relaciones asociativas, conservando las características esenciales del mundo real y dejando fuera otros aspectos que se consideran superfluos. Los *microworlds* ofrecen las grandes ventajas de la manipulación y el control experimental, sin dejar de lado la complejidad y la naturaleza dinámica de la tarea (Geneviève et al., 2010).

Por lo tanto, y con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos, se realizó un estudio empírico utilizando el *microworld* que nos proporcionaba un simulador de vuelo; entorno perfecto que nos permitía analizar el comportamiento de las tripulaciones en su ámbito de trabajo. La imposibilidad de realizar el estudio durante las misiones reales del 43 Grupo de Fuerzas Aéreas (FF.AA.) era evidente, propiciada por el hecho de que las situaciones de emergencia que componían las sesiones tipo diseñadas para el mismo (fundamentalmente la de “alta peligrosidad”) eran de tal magnitud que hubiéramos puesto en peligro las vidas de la tripulación y la integridad de la aeronave. A esto se añade que es prácticamente imposible que ningún organismo de aviación provoque a propósito emergencias en vuelo de tales características por el elevado riesgo que supone (como se verá en la exposición posterior, algunas de las simulaciones terminaron con el avión absolutamente accidentado lo que hubiese supuesto, de llevarse a cabo de forma real, la muerte de los tripulantes y la pérdida del avión). Se decidió realizar el experimento en el simulador que esta Unidad del Ejército

del Aire (E.A.) posee en sus instalaciones en la Base Aérea de Torrejón de Ardoz (Comunidad de Madrid) y cuya autorización nos proporcionó el Gabinete del Jefe del Estado Mayor del E.A. La colaboración por parte de los mandos, así como de todos los componentes del 43 Grupo que participaron en el estudio, fue máxima en todo momento.

El modelo teórico planteado fue puesto a prueba mediante la simulación que llevaron a cabo 16 tripulaciones del 43 Grupo del E.A., que “volaron” las misiones creadas en el simulador de vuelo del avión anfibia Canadair CL-415.

En el presente capítulo se describe la metodología utilizada en la investigación, cuyos resultados serán expuestos en el Capítulo 10. Con la intención de hacer replicable en cualquier momento el estudio realizado, en primer lugar se detalla el diseño de la investigación. Seguidamente se describen los criterios empleados en la selección de la muestra y sus características. Y, finalmente, se explica el proceso de recogida de datos, detallando el proceso de creación de los instrumentos de evaluación, los diferentes escenarios utilizados y el procedimiento seguido.

8.1. Diseño

La presente investigación se configuró como un estudio de, aproximadamente, tres años de duración. Con el objetivo de poner a prueba el modelo presentado, y poder dar solución a cada una de las hipótesis formuladas, se diseñó una condición experimental (ver Figura 10) con dos grupos experimentales (compuestos por ocho tripulaciones cada uno).

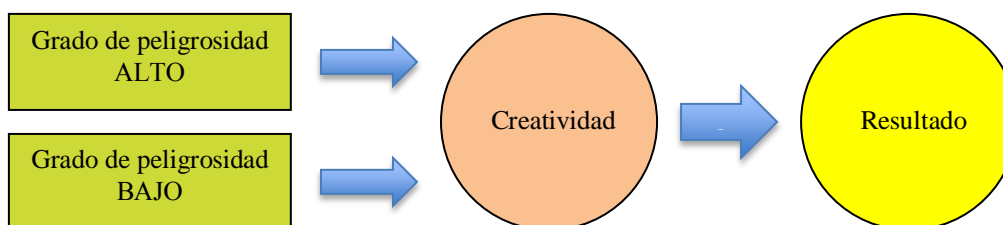


Figura 10. Diseño esquemático de la condición experimental.

Fuente: elaboración propia.

Para la creación de dicha condición experimental se utilizó un diseño intersujeto que nos permitió aislar la misión que debía realizar (Grado de peligrosidad alto vs Grado de peligrosidad bajo) cada uno de los grupos de tripulaciones. De este modo se evitó cualquier tipo de influencia entre los participantes, al tiempo que se eliminó la aparición de expectativas respecto a la tipología de la misión a realizar, ya que las tripulaciones a las que le fue asignada una de las condiciones experimentales desconocían cuáles eran las condiciones creadas para el otro grupo.

Siguiendo este procedimiento se distribuyeron las 16 tripulaciones participantes entre las dos tipologías de misiones, siendo asignadas ocho a la misión con bajo grado de peligrosidad y otras ocho a la misión con alto grado de peligrosidad (ver Anexo 1 y Anexo 2).

8.1.1. Grado de peligrosidad

El *grado de peligrosidad* nos presenta una condición definida operativamente de forma bipolar: bajo grado de peligrosidad vs alto grado de peligrosidad. Dicho constructo muestra el nivel de peligro existente, para la integridad de la aeronave y sus tripulantes, durante la realización del vuelo realizado en el simulador por las tripulaciones participantes en el estudio. Se concreta en la tipología de las emergencias planteadas a las tripulaciones en cada una de las dos sesiones diseñadas de forma cualitativamente distinta para la investigación, siguiendo las recomendaciones de un grupo de expertos⁶⁷. Con ello, la variable queda definida en sus dos polos como:

- Grado de peligrosidad BAJO (ver secuencia de la sesión en el Anexo 1). Se trata del diseño de una situación aérea que puede ser resuelta siguiendo exclusivamente los procedimientos operacionales de la aeronave recogidos en las *checklists*. Para este estudio, se ha concretado en la presentación de una emergencia prácticamente rutinaria en el sistema eléctrico del avión durante el transcurso del vuelo realizado en el simulador.

⁶⁷ Pilotos y mecánicos de vuelo pertenecientes al 43 Grupo de Fuerzas Aéreas con el mayor grado de cualificación que se puede alcanzar (instructores y probadores de vuelo) en una Unidad de Fuerzas Aéreas del Ejército del Aire.

- Grado de peligrosidad ALTO (ver secuencia de la sesión en el Anexo 2). Se presenta mediante el diseño de una situación aérea que no puede ser resuelta siguiendo exclusivamente los procedimientos operacionales de la aeronave. Para este estudio, se ha concretado en la aparición de dos emergencias (de las valoradas como más peligrosas por el grupo de expertos consultado) presentadas de forma secuencial, casi simultánea, de manera que van a coexistir en el tiempo, lo que contribuye aún más al aumento del riesgo y hace que la situación posea un muy elevado grado de peligrosidad.

Para el diseño de la presente condición experimental, y al objeto de seleccionar las emergencias más adecuadas a la hora de construir cada una de las secuencias, se creó una escala tipo Likert (incluida en el Instrumento 1), con un rango de puntuaciones de 0 a 10, compuesta por 18 ítems (ver Anexo 5). Cada uno de los componentes del grupo de expertos, pilotos y mecánicos de vuelo, debía valorar el grado de peligrosidad de cada una de las emergencias planteadas⁶⁸.

8.2. Descripción de la muestra

Para estudiar el problema, nos centramos en el estudio de las tripulaciones aéreas, en el campo concreto de las tripulaciones dedicadas a la lucha contra incendios desde el aire. Las razones que condujeron a la elección de este tipo de tripulaciones fueron varias:

- Realizan misiones complejas, en las que deben tener en cuenta muchos factores a la hora de tomar cualquier decisión (numerosas aeronaves operando en un pequeño espacio aéreo sin ninguna consideración de espacio aéreo controlado, gran congestión de las comunicaciones, humo que dificulta la visibilidad, dificultad de las maniobras de carga y descarga de agua, fuerte viento y altas temperaturas, vuelo a muy baja altitud, obstáculos en el terreno como antenas o líneas de tensión eléctrica...) (Hawkes, 1992).

⁶⁸ Para ver cómo fueron seleccionadas las emergencias y el modo en que fueron valoradas por el grupo de expertos consultar el apartado 8.3.1. *Construcción y administración de los instrumentos de evaluación.*

- Presentan urgencia en su operación, provocada por la rápida aparición y propagación de los incendios forestales y la necesidad de acudir con la máxima urgencia al lugar solicitado, tanto inicialmente como con cada una de las cargas de agua que realizan.
- Actúan en condiciones situacionales en las que existe una alta probabilidad de aparición de hechos impredecibles (propia de la tipología de la misión).

Estas características hacen que estas tripulaciones sean muy similares a otros equipos de trabajo que afrontan situaciones de crisis, como puede ser el personal de emergencias sanitarias, los equipos de trabajo en plantas químicas o nucleares, etc., lo que les convierte en un colectivo perfecto para investigar a fondo la manera en que un equipo hace frente a problemas complejos, se adapta a las demandas cambiantes y aprende de sus acciones. Además, se enmarcan en un campo necesitado de investigación sobre los factores de apoyo a la adaptabilidad y la eficacia del equipo (Burke, Stagl, Salas, Pierce y Kendall, 2006).

De este modo, tal y como se expuso anteriormente, se seleccionó una muestra compuesta por 16 tripulaciones de vuelo del avión anfíbio Canadair CL-215T/CL-415 (ver Hawkes, 1992 y Jackson, 2003 para un mayor detalle sobre este tipo de aeronaves). Se partió del hecho de que existen muy pocos pilotos de Canadair en España y el 43 Grupo de FF.AA. del E.A. integra a la mayor parte de los que componen este pequeño grupo de profesionales, por lo que sus tripulaciones constituyen la muestra ideal para llevar a cabo nuestra investigación⁶⁹ y el apoyo del E.A. ha resultado crucial para el estudio.

Es importante conocer que la tripulación estándar del 43 Grupo está formada por tres componentes: un piloto comandante de avión (Piloto al mando o *Pilot In Command* [P.I.C.], un copiloto (Primer Oficial o *First Officer*) y un mecánico de a bordo (*Flight Engineer*). De este modo, la muestra quedó conformada por un total de 48 personas de ambos sexos, 32 pilotos de avión y 16 mecánicos de vuelo, todos ellos militares

⁶⁹ Bien es cierto que la compañía privada INAER ha estado operando hasta el año 2014 un pequeño número de este tipo de aviones (en su versión anterior, con motor alternativo y denominación Canadair CL-215) con pilotos civiles, en su mayor parte exmilitares que volaron hace años en el 43 Grupo. Actualmente sólo el 43 Grupo de FF.AA. opera este tipo de aeronaves en España.

profesionales, oficiales y suboficiales, destinados en el 43 Grupo de FF.AA. del E.A. (Base Aérea de Torrejón). Con la finalidad de no interferir demasiado en el funcionamiento habitual de la Unidad, no se introdujo ningún criterio extra para determinar el nombramiento ni la composición de las tripulaciones, y simplemente nos limitamos a utilizar los equipos que el Escuadrón de Instrucción del 43 Grupo iba nombrando para realizar su entrenamiento semanal en el simulador de vuelo. De este modo, la muestra fue seleccionada mediante un muestreo aleatorio estratificado. Los individuos de cada uno de los tres grupos descritos en el párrafo anterior fueron asignados aleatoriamente a las diferentes condiciones experimentales de entre todo el personal que compone la Unidad, siéndoles asignada una tripulación al azar. Así, cada tripulación quedó compuesta por un comandante de aeronave, un copiloto y un mecánico de vuelo, teniendo como único criterio de clasificación la calificación aeronáutica que cada uno de los participantes poseía a la hora de conformar la tripulación, esto es, un primer piloto que debe poseer calificación C.R.2⁷⁰, C.R.3 o Instructor/Probador, un copiloto que debe estar calificado como L.C.R. o C.R.1 y un mecánico de vuelo, de tal modo que cada uno de los participantes ocupaba el puesto que realmente tiene en cualquier misión que realiza diariamente en dicha Unidad.

En cuanto a las características demográficas de los componentes de la muestra (ver Tabla 1), encontramos que la edad media de las tripulaciones participantes fue de 37.27 años (con una mediana de 36.16 años), dentro de las cuales los componentes de mayor edad eran, por norma general, los mecánicos de vuelo con una media aritmética de 41.93 años (y una mediana situada en 42.5 años), seguidos por los comandantes de aeronave, cuya media se situaba en los 36.56 años (la mediana en 36.5 años) y finalmente por los segundos pilotos, que siendo los más jóvenes, presentaban una media aritmética de 33.31 años (con la mediana en 34.5 años). Cabe destacar el hecho de que sólo uno de los 48 componentes de la muestra era mujer. Esto se debe a que, a pesar del rápido incremento acaecido en las últimas décadas, el número de mujeres dentro del

⁷⁰ C.R. hace referencia a *Combat Ready* y L.C.R. a *Light Combat Ready*. Este tipo de nomenclatura es habitual en las tripulaciones aéreas militares y supone una jerarquía en lo que a capacitación de vuelo se refiere, comenzando progresivamente desde L.C.R. (poca capacidad para el manejo de un aparato), C.R.1, C.R.2 hasta C.R.3 (manejo total del mismo).

ámbito militar es mucho menor al número de hombres (Hoiberg, 1991), proporción que también está presente en el 43 Grupo del E.A.⁷¹.

Tabla 1. Distribución y estadísticos principales de la muestra en función de la edad.

Tripulación	Comandante de Aeronave (P.I.C.)	Copiloto (First Officer)	Mecánico de Vuelo (Flight Engineer)	Media Aritmética de la Tripulación
1	29	36	42	35.66
2	37	35	36	36
3	33	38	41	37.33
4	37	36	33	35.33
5	29	29	44	34
6	31	36	38	35
7	34	35	37	35.33
8	41	39	50	43.33
9	36	41	50	42.33
10	39	33	37	36.33
11	35	25	40	33.33
12	33	31	44	36
13	41	34	43	39.33
14	42	32	45	39.66
15	46	26	46	39.33
16	42	27	45	38
Media	36.56	33.31	41.93	37.27
Mediana	36.5	34.5	42.5	36.16

Nota: P.I.C.: *Pilot In Command*.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la experiencia de cada uno de los pilotos y mecánicos de vuelo participantes en el estudio (ver Figura 11), puede observarse que, como podríamos esperar, el nivel de calificación en el avión era superior en los comandantes de aeronave, que poseían una calificación de C.R.2 en adelante (C.R.2, C.R.3 e Instructor/Probador de vuelo) en un 93.75%, frente a un 37.5% de los copilotos. En el caso de los mecánicos de vuelo, debe tenerse en cuenta que sólo existen tres niveles de calificación (L.C.R., C.R. e Instructor/Probador), razón por la cual el 87% de los integrantes de este colectivo poseían el nivel de C.R., nivel que en los pilotos está dividido en tres (C.R.1, C.R.2 y C.R.3).

⁷¹ Concretamente durante el periodo de tiempo en que se llevó a cabo este estudio había en el 43 Grupo solamente dos mujeres piloto (con calificación L.C.R.) y una mujer mecánico de vuelo (con calificación de Instructor/Probador de Vuelo).

Del mismo modo, y teniendo en cuenta otro de los aspectos utilizados para medir la experiencia de las tripulaciones, como son las horas de vuelo que poseían cada uno de los componentes de la muestra (ver Tabla 2), son los comandantes de aeronave los que presentan una mayor puntuación media en cuanto a horas de vuelo totales (con un valor que alcanza las 2728.25 horas), por encima de los copilotos (con una media de 2234.88 horas) y de los mecánicos de vuelo (con 1241.13 horas).

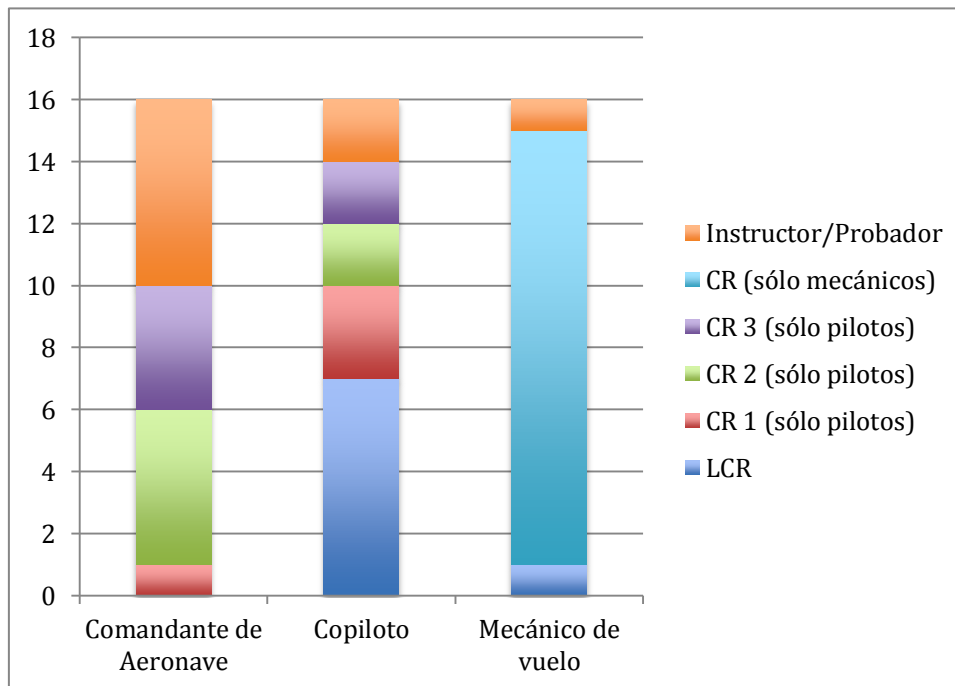


Figura 11. Distribución de la muestra por nivel de cualificación en este tipo de aeronave en función de la posición que se ocupa en la tripulación.

Nota: C.R.: *Combat Ready*; L.C.R.: *Light Combat Ready*.

Fuente: Elaboración propia.

Esta secuencia se altera cuando observamos las horas de vuelo en material específico Canadair CL-215T o CL-415, en el que los comandantes de aeronave siguen a la cabeza, con una media aritmética de 1442.38 horas, seguidos en este caso por los mecánicos de vuelo, con 874.13 horas de media, y por los copilotos, en último lugar, con 796.06 horas. Esto se debe a que los pilotos más experimentados de esta Unidad llevan muchos años en ella y acumulan un gran número de horas en este tipo de aeronave, al igual que los mecánicos de vuelo, cuya rotación es mínima, algo que les aporta un plus de experiencia. Por el contrario, los profesionales que ocupan el puesto de segundo piloto tienen una mayor rotación, marchando a otras unidades del E.A. o a compañías aéreas del ámbito civil, o pasando a ocupar puestos de comandante de

aeronave y permaneciendo en la Unidad, y pasando entonces a ser componentes del primero de los grupos. Al analizar la tabla se puede observar que, en algunos casos, el copiloto presenta valores superiores en todas las columnas frente a los que posee su comandante de aeronave (véase ítems 4 y 5). Esto es provocado por la circunstancia de que en el E.A. el puesto de comandante de aeronave (P.I.C.) en cualquier tipo de avión lo ocupa aquel piloto con el nivel de cualificación adecuado para la misión (C.R.1, C.R.2, etc.) que ostente la mayor graduación militar. Por ejemplo, puede darse el caso de que un piloto con empleo militar de teniente, que posea una elevada experiencia en este tipo de avión y por lo tanto nivel de cualificación Instructor, ocupe el puesto de segundo piloto en una misión en la que un piloto con graduación de capitán (superior a la de teniente) y con nivel C.R.2 y, por lo tanto, menor experiencia que su compañero, realice las funciones de comandante de aeronave (ya que C.R.2 es la cualificación mínima a partir de la cual un piloto puede actuar como comandante de aeronave en esta Unidad, lo que implica que a partir de dicha cualificación actuará como P.I.C. el piloto que mayor graduación militar ostente).

8.3. Recogida de datos

8.3.1. Construcción y administración de los instrumentos de evaluación

Para poner a prueba las hipótesis planteadas, se utilizaron cuatro instrumentos, que son descritos a continuación y que se incluyen para su consulta en los anexos 5, 6, 7 y 8 del presente trabajo.

Instrumento 1: Cuestionario de Identificación de Situaciones de Emergencia, Experiencia del personal y Eficacia de entrenamiento. Fue cumplimentado por un grupo de expertos, concretamente 13 profesionales (10 pilotos y 3 mecánicos de vuelo), con calificación Instructor/Probador de Vuelo⁷² (ver Anexo 5).

El cuestionario estaba dividido en cuatro partes con cuatro objetivos diferentes. En la primera de ellas, el objetivo era seleccionar las situaciones de emergencia más

⁷² Se eligió a pilotos y mecánicos de vuelo con categoría de Instructor/Probador de Vuelo para la cumplimentación de este cuestionario por ser este grupo de profesionales los que más alta capacitación poseen en cuanto a la operación del Canadair CL-215T/CL-415, lo que les convierte en grupo de expertos con un elevado conocimiento sobre el tema.

adecuadas para el diseño de las dos misiones tipo necesarias para la investigación, una de baja peligrosidad (ver Anexo 1) y otra de alta peligrosidad (ver Anexo 2), descritas anteriormente en la condición experimental.

Tabla 2. Distribución y estadísticos principales de la muestra en función de la experiencia.

Tripulaciones	Participantes	Puesto que ocupa en el avión	Horas de vuelo totales	Horas de vuelo en material Canadair CL-215T / CL-415	Horas P.I.C. en material Canadair CL-215T / CL-415
1	1	Cte. Aeronave	1214	830	304
	2	Copiloto	2677	866	533
	3	Mecánico Vuelo	925	924	No procede
2	4	Cte. Aeronave	2316	2015	1824
	5	Copiloto	3204	2967	2840
	6	Mecánico Vuelo	1121	1065	No procede
3	7	Cte. Aeronave	2449	2203	1931
	8	Copiloto	1955	951	265
	9	Mecánico Vuelo	1068	22	No procede
4	10	Cte. Aeronave	3080	895	511
	11	Copiloto	3219	45	37
	12	Mecánico Vuelo	1964	546	No procede
5	13	Cte. Aeronave	1212	875	306
	14	Copiloto	1300	804	143
	15	Mecánico Vuelo	619	618	No procede
6	16	Cte. Aeronave	1355	923	358
	17	Copiloto	2064	946	199
	18	Mecánico Vuelo	694	694	No procede
7	19	Cte. Aeronave	2506	2233	2047
	20	Copiloto	2338	2063	1876
	21	Mecánico Vuelo	809	809	No procede
8	22	Cte. Aeronave	3500	870	165
	23	Copiloto	2243	807	140
	24	Mecánico Vuelo	824	825	No procede
9	25	Cte. Aeronave	2106	1718	1228
	26	Copiloto	6826	188	39
	27	Mecánico Vuelo	713	714	No procede
10	28	Cte. Aeronave	3328	3000	2767
	29	Copiloto	1500	689	102
	30	Mecánico Vuelo	300	190	No procede
11	31	Cte. Aeronave	1204	1180	301
	32	Copiloto	400	70	52
	33	Mecánico Vuelo	2050	1775	No procede
12	34	Cte. Aeronave	1800	908	193
	35	Copiloto	1026	317	49
	36	Mecánico Vuelo	1196	1196	No procede
13	37	Cte. Aeronave	2564	2363	1.841

8. Metodología del estudio empírico

	38	Copiloto	2602	1139	332	
	39	Mecánico Vuelo	1828	1366	No procede	
14	40	Cte. Aeronave	6000	650	218	
	41	Copiloto	3066	234	71	
	42	Mecánico Vuelo	2457	2457	No procede	
15	43	Cte. Aeronave	6731	380	80	
	44	Copiloto	552	219	54	
	45	Mecánico Vuelo	2570	66	No procede	
16	46	Cte. Aeronave	2287	2035	1453	
	47	Copiloto	786	432	64	
	48	Mecánico Vuelo	720	719	No procede	
	Media	Cte. Aeronave	2728.25	1442.38	970.44	
	Media	Copiloto	2234.88	796.06	425.75	

Nota:

P.I.C.: *Pilot In Command*.

Fuente: Elaboración propia.

Para ello, los 13 expertos, debían valorar en una escala de 0 (nada peligroso) a 10 (extremadamente peligroso) una serie de emergencias que pueden ocurrir a la hora de operar el avión anfíbio Canadair CL-415 (18 en total, ya que era imposible incluir en el cuestionario todas las existentes por su cantidad). Estas 18 emergencias introducidas en el Instrumento I para ser valoradas por los expertos, fueron elegidas de entre todas las que recoge la *checklist* del CL-415 por ser las más significativas, de tal modo que estuvieran representadas emergencias de todos los sistemas del avión (sistema hidráulico, sistema eléctrico, sistema de mandos de vuelo, sistema de combustible...). De este modo, los pilotos y mecánicos expertos nos mostraron el gradiente de peligrosidad de las diferentes situaciones de emergencia, lo que nos permitió poder diseñar con mayor rigor las dos sesiones tipo descritas y conformar de este modo los dos grupos experimentales (ver Tabla 6).

La segunda y tercera parte del presente cuestionario tenían por objeto la obtención de una puntuación global de “experiencia de equipo”. Para lo cual, y siempre respetando la confidencialidad necesaria, se tomaron como punto de partida los datos obtenidos gracias al reporte que proporciona el programa informático S.I.U.C.O.M. (Sistema de Información de Unidades, Centros, Organismos y Mandos) que poseen todas las Unidades de Fuerzas Aéreas del E.A. y que registra de modo exhaustivo los datos de vuelo de todos y cada uno de los tripulantes de dicho ejército. Los datos referentes a la experiencia que proporciona el citado soporte informático son de carácter individual, es decir, hacen referencia a cada uno de los pilotos o mecánicos de a bordo, no existiendo una información combinada de la tripulación que conforma cada vuelo.

Dado que cada tripulación de vuelo del 43 Grupo está compuesta por tres personas (comandante de aeronave o piloto, copiloto y mecánico de vuelo), nuestra intención era la de poseer una medida que nos proporcionara la experiencia global de la tripulación, esto es, la experiencia que dicha tripulación presentaba como equipo de trabajo. Al no haber encontrado ningún antecedente en la literatura que resolviera este problema, se utilizó un procedimiento novedoso para obtener dicha medida (creado de forma específica para la presente tesis doctoral), partiendo de una doble intención. Primero, se trataba de poseer una puntuación más manejable y operativa a efectos de resultados que, además, facilitara posteriores análisis estadísticos. Y segundo, se intentaba crear un método que ayude a conocer, de forma fácil y ágil, la experiencia que posee una tripulación como equipo para su utilización futura por parte de las diferentes compañías aéreas y Unidades de FF.AA. de los ejércitos.

Siguiendo el método diseñado, la puntuación total de la experiencia global de la tripulación se obtiene mediante la combinación de dos puntuaciones.

La primera es extraída de la segunda tabla que el grupo de 13 expertos descrito, debía cumplimentar. El objetivo de esta tabla era definir el peso relativo, con respecto al total, que tiene la experiencia de cada uno de los componentes de la tripulación (comandante de aeronave, copiloto y mecánico de vuelo) en la operación de la aeronave. De manera individual, los expertos, debían otorgar un peso (en porcentaje) a cada uno de estos grupos, valorando la importancia que, según su opinión, tiene cada uno de ellos en la operación de la aeronave y en el éxito consecuente de la misión. La tabla está creada de tal modo que la suma de los porcentajes asignados a cada uno de los tripulantes debe suponer el 100% (ver Tabla 6). Finalmente, se obtiene la media aritmética resultante de las puntuaciones otorgadas por el grupo de expertos a cada uno de los puestos de los tres tripulantes a la hora de valorar su importancia en la correcta ejecución de la misión de vuelo (ver Tabla 3).

Así, a la experiencia del comandante de aeronave (P.I.C.) los expertos le otorgaron un peso específico del 58.92% del total de la tripulación, obteniendo el copiloto un porcentaje del 22.07%, mientras el mecánico de a bordo alcanzó valores que le otorgaban un 19% respecto a la puntuación total de la tripulación.

Tabla 3. Porcentajes otorgados por el grupo de expertos a los puestos en la aeronave a la hora de valorar el peso que cada uno de ellos tiene en la correcta ejecución de la misión de vuelo.

	Calificación	Piloto al mando (P.I.C.)	Copiloto (<i>First Officer</i>)	Mecánico de a bordo (<i>Flight Engineer</i>)
Experto 1	TRI/MTP	46	27	27
Experto 2	TRI/MTP	60	20	20
Experto 3	TRI	60	25	15
Experto 4	MTP	55	35	10
Experto 5	TRI	90	5	5
Experto 6	TRI	60	20	20
Experto 7	TRI/MTP	80	10	10
Experto 8	TRI/MTP	50	30	20
Experto 9	TRI	55	25	20
Experto 10	TRI/MTP	65	25	10
Experto 11	TRI/MTE	50	25	25
Experto 12	TRI/MTE	50	15	35
Experto 13	TRI/MTE	45	25	30
Total		58.92 %	22.07 %	19 %

Nota: TRI *Type Rating Instructor* (Instructor de Vuelo); MTP *Maintenance Test Pilot* (Piloto de Pruebas) y MTE *Maintenance Test Engineer* (Mecánico de Pruebas).

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, y pasando al tercer apartado del cuestionario, se creó otra tabla similar en la que los Instructores/Probadores de Vuelo, en este caso exclusivamente el colectivo de pilotos, es decir 10 profesionales debían valorar la importancia que tienen, a la hora de definir la experiencia total de un piloto, una serie de conceptos utilizados habitualmente por las compañías aéreas para la selección y reclutamiento de sus pilotos (al tratarse de evaluar aspectos directamente relacionados con las competencias de los pilotos parecía más adecuado que fueran exclusivamente estos, de entre los expertos, los que manifestaran su opinión profesional al respecto quedando, en este caso, fuera los

mecánicos de a bordo expertos). Estos son: las horas de vuelo totales de un piloto (en cualquier tipo y modelo de aeronave), las horas de vuelo que posee dicho profesional en un modelo de avión concreto (en este caso en CL-215T/CL-415) y sus horas como P.I.C. en dicho modelo de avión. Así, de forma individual, los expertos, debían otorgar un peso (en porcentaje) a cada uno de estos grupos, valorando la importancia que, según su opinión, tiene cada uno de ellos en la definición de la experiencia de un piloto que maneje dicho modelo de aeronave.

Tabla 4. Porcentajes otorgados por el grupo de expertos a los tres grupos de horas de vuelo propuestos a la hora de valorar el peso que cada uno de ellos tiene en la definición de la experiencia de un piloto que maneje dicho modelo de aeronave.

	Calificación	Horas de vuelo totales (cualquier aeronave)	Horas de vuelo en material Canadair CL-215T/CL-415	Horas como P.I.C. en material Canadair CL-215T/CL-415
Experto 1	TRI/MTP	20	40	40
Experto 2	TRI/MTP	40	25	35
Experto 3	TRI	15	25	60
Experto 4	MTP	33	33	34
Experto 5	TRI	50	25	25
Experto 6	TRI	30	40	30
Experto 7	TRI/MTP	5	15	80
Experto 8	TRI/MTP	40	40	60
Experto 9	TRI	35	10	55
Experto 10	TRI/MTP	10	20	70
Experto 11	TRI/MTE	no procede	no procede	no procede
Experto 12	TRI/MTE	no procede	no procede	no procede
Experto 13	TRI/MTE	no procede	no procede	no procede
Total		27.8 %	27.3 %	48.9%

Nota: TRI *Type Rating Instructor* (Instructor de Vuelo); MTP *Maintenance Test Pilot* (Piloto de Pruebas) y MTE *Maintenance Test Engineer* (Mecánico de Pruebas).

Fuente: Elaboración propia.

Igual que en el caso anterior, la tabla está creada de tal modo que la suma de los tres bloques de horas que se presentan debe suponer el 100% (ver Tabla 6). De esta manera, las horas de vuelo totales tendrán un porcentaje asignado (en este caso del 27.8%), las horas en material Canadair CL-215T/CL-415 otro porcentaje (para este estudio concretamente del 27.3%), y las horas de vuelo como P.I.C. en material Canadair CL-215T/CL-415 otro porcentaje (del 48.9% en este caso), según la importancia que cada uno de los grupos presente en la valoración de la experiencia total del piloto. El cálculo final de cada uno de los bloques se obtuvo mediante el cálculo de la media aritmética de las puntuaciones individuales de cada uno de los expertos para cada uno de los grupos de horas de vuelo (ver Tabla 4).

Estas dos valoraciones de algunos de los profesionales con más experiencia de la Unidad se combinaron de tal modo que nos permitieron obtener una puntuación de la “experiencia global de la tripulación” con la que trabajar de una manera mucho más operativa. Para realizar este cálculo final de lo que hemos definido como *experiencia de equipo*, se cruzaron las puntuaciones obtenidas en las dos tablas expuestas anteriormente con las recogidas mediante el Cuestionario de Información General y Procesos de Equipo en su primera parte: *experiencia profesional* (ver Instrumento 4, Anexo 8). En dicho apartado aparecen reflejadas las horas de vuelo (en sus diferentes modalidades) de cada uno de los componentes de la muestra extraídas del programa informatizado S.I.U.C.O.M. del E.A. De este modo, se aplica a las horas de vuelo de cada uno de los grupos aquí recogidas la ponderación correspondiente, según el resultado obtenido mediante la tercera tabla del presente Instrumento 1 descrita anteriormente. A modo de ejemplo, para un piloto/piloto que tiene 2000 horas totales de vuelo 1000 horas en material Canadair CL-215T/CL-415 y 500 horas de vuelo como P.I.C. en material Canadair CL-215T/CL-415, aplicándole los porcentajes proporcionados por los expertos para ponderar el peso de cada uno de los grupos de horas (27.8%, 27.3% y 48.9%, respectivamente), obtendríamos que dicho piloto/copiloto tendrá una puntuación de:

$$(2000 \times 27.8\%) + (1000 \times 27.3\%) + (500 \times 48.9\%) = 556 + 273 + 244.5 = 1073.5$$

Esta cifra, dividida entre los tres grupos de horas que hemos tenido en cuenta, nos da una valoración total de:

$$1073.5 / 3 = 357.83$$

En el caso de los mecánicos de a bordo, teniendo en cuenta que no es posible que tengan horas como P.I.C., se eliminó el tercer grupo en la suma inicial, y se dividió el resultado exclusivamente entre los dos grupos de horas tenidos en cuenta, por lo que las operaciones a realizar, siguiendo el mismo ejemplo, proporcionarían los siguientes resultados:

$$(2000 \times 27.8\%) + (1000 \times 27.3\%) + (\text{NO PROCEDE}) = 556 + 273 = 829$$
$$829 / 2 = 414.5$$

Una vez obtenida la puntuación resultante para cada uno de los tres componentes de la tripulación, debemos volver a ponderarla, en función de los valores otorgados por el grupo de expertos, en función del peso específico que cada componente de la tripulación tiene en el desarrollo exitoso de una misión y que aparecen reflejados en la Tabla 4 expuesta anteriormente (así como en la segunda tabla del Anexo 5). Así, si el cálculo del ejemplo anterior hubiese estado referido al comandante de aeronave, habría que aplicarle el 58.92%; si este hubiese sido el de un copiloto, habría que hacerlo con un 22.07%; y, si fuera el de un mecánico de a bordo, se debería aplicar el 19% correspondiente, según la asignación realizada a cada uno de los grupos profesionales por el grupo de expertos.

De modo que, siguiendo con el ejemplo expuesto anteriormente, si estuviésemos valorando la experiencia del comandante de aeronave (P.I.C.), tendríamos:

$$357.83 \times 58.92\% = 210.83$$

Si estuviésemos hablando del copiloto, obtendríamos una puntuación de:

$$357.83 \times 22.07\% = 78.97$$

Y si estuviésemos analizando los datos del mecánico de a bordo, tendríamos la siguiente puntuación:

$$414.5 \times 19\% = 78.75$$

Cuando tenemos las puntuaciones de los tres componentes de una tripulación, se realiza la suma de las tres y se obtiene la puntuación global de *experiencia de equipo*, del siguiente modo:

$$210.83 \text{ (P.I.C.)} + 78.97 \text{ (Copiloto)} + 78.75 \text{ (Mecánico de a bordo)} = 368.55$$

Mediante la utilización del método expuesto, se obtiene una única puntuación de la experiencia de la tripulación en su conjunto que, convertida posteriormente en decatipos, resulta muy manejable para realizar cualquier tipo de cálculo estadístico. Este mismo método se aplica a cada una de las tripulaciones participantes en el estudio, cuyas puntuaciones pueden observarse en la Tabla 5. La experiencia de la tripulación como *experiencia del equipo*, como ya se puso de manifiesto en el capítulo anterior⁷³, resulta especialmente relevante en este contexto en el que la actuación individual va decreciendo en importancia, mientras aumenta la del equipo de trabajo. El resultado de cualquier operación aérea en aviones politripulados depende en gran medida del modo de actuación de todo el equipo, funcionando al unísono, como si de un único elemento se tratase, tal y como quedó de manifiesto en el capítulo dedicado al *Crew Resource Management* (C.R.M.). Esta prueba fue cumplimentada de nuevo por el grupo de expertos utilizando para su valoración una escala de puntuación tipo Likert con valores que van de 0 (de ningún modo) a 9 (totalmente) (ver Tabla 6).

Esta prueba fue cumplimentada de nuevo por el grupo de expertos utilizando para su valoración una escala de puntuación tipo Likert con valores que van de 0 (de ningún modo) a 9 (totalmente) (ver Tabla 6). Con ella se trataba de conocer la importancia que los expertos darían a la posible introducción de un programa de entrenamiento en el desarrollo del pensamiento divergente que propiciara la aparición

⁷³ Ver apartado 7.2.3. *Experiencia de Equipo*.

Tabla 5. Experiencia individual y de tripulación según el método creado para el presente estudio.

Tripulaciones	Participantes	Puesto que ocupa en el avión	Horas de vuelo totales	Horas de vuelo en material	Horas P.I.C. en material	Experiencia Individual	Experiencia de la Tripulación
				Canadair CL-215T / CL-415	Canadair CL-215T / CL-415		
1	1	Cte. Aeronave	1214	830	304	139.99	279.73
	2	Copiloto	2677	866	533	91.34	
	3	Mecánico Vuelo	925	924	No procede	48.39	
2	4	Cte. Aeronave	2316	2015	1824	409.69	694.27
	5	Copiloto	3204	2967	2840	227.35	
	6	Mecánico Vuelo	1121	1065	No procede	57.23	
3	7	Cte. Aeronave	2449	2203	1931	437.31	534.72
	8	Copiloto	1955	951	265	68.64	
	9	Mecánico Vuelo	1068	22	No procede	28.78	
4	10	Cte. Aeronave	3080	895	511	265.24	399.36
	11	Copiloto	3219	45	37	68.09	
	12	Mecánico Vuelo	1964	546	No procede	66.03	
5	13	Cte. Aeronave	1212	875	306	142.48	222.75
	14	Copiloto	1300	804	143	47.89	
	15	Mecánico Vuelo	619	618	No procede	32.38	
6	16	Cte. Aeronave	1355	923	358	157.86	262.58
	17	Copiloto	2064	946	199	68.39	
	18	Mecánico Vuelo	694	694	No procede	36.33	
7	19	Cte. Aeronave	2506	2233	2047	453.17	652.30
	20	Copiloto	2338	2063	1876	156.78	
	21	Mecánico Vuelo	809	809	No procede	42.35	
8	22	Cte. Aeronave	3500	870	165	253.60	363.90
	23	Copiloto	2243	807	140	67.14	
	24	Mecánico Vuelo	824	825	No procede	43.16	
9	25	Cte. Aeronave	2106	1718	1228	325.05	507.23
	26	Copiloto	6826	188	39	144.83	
	27	Mecánico Vuelo	713	714	No procede	37.35	
10	28	Cte. Aeronave	3328	3000	2767	608.33	669.38
	29	Copiloto	1500	689	102	48.20	
	30	Mecánico Vuelo	300	190	No procede	12.85	
11	31	Cte. Aeronave	1204	1180	301	157.92	269.56
	32	Copiloto	400	70	52	11.46	
	33	Mecánico Vuelo	2050	1775	No procede	100.18	
12	34	Cte. Aeronave	1800	908	193	165.51	257.23
	35	Copiloto	1026	317	49	29.12	
	36	Mecánico Vuelo	1196	1196	No procede	62.60	
13	37	Cte. Aeronave	2564	2363	1.841	443.52	615.29
	38	Copiloto	2602	1139	332	88.06	
	39	Mecánico Vuelo	1828	1366	No procede	83.70	
14	40	Cte. Aeronave	6000	650	218	383.40	581.99
	41	Copiloto	3066	234	71	69.98	
	42	Mecánico Vuelo	2457	2457	No procede	128.61	
15	43	Cte. Aeronave	6731	380	80	395.59	482.81
	44	Copiloto	552	219	54	17.64	
	45	Mecánico Vuelo	2570	66	No procede	69.59	
16	46	Cte. Aeronave	2287	2035	1453	373.54	438.27
	47	Copiloto	786	432	64	27.06	
	48	Mecánico Vuelo	720	719	No procede	37.66	

Nota: P.I.C.: *Pilot In Command*.

Fuente: elaboración propia.

de *conductas creativas* (consistente en la posibilidad de aportar recursos y respuestas originales y eficaces en la resolución de problemas no previstos) como parte de la formación y el adiestramiento de las tripulaciones aéreas. Con los datos de esta última parte del cuestionario se pretendía alcanzar el tercero de los objetivos generales de la presente tesis (y sus tres objetivos específicos asociados), a través de la puesta a prueba del modelo, concretamente en lo que se refiere a las hipótesis 6, 7a, 7b y 8.

Instrumento 2: Hoja de Registro de la Conducta Creativa. La conducta creativa fue medida utilizando un método de observación diferida por parte de dos psicólogos conocedores del mundo aeronáutico y habituados a la observación y evaluación conductual. Se parte del análisis de los comportamientos de las tripulaciones en cabina, realizado mediante el visionado de las grabaciones en video de todas las sesiones de “vuelo” llevadas a cabo en el simulador del 43 Grupo. Ambos profesionales analizaron de forma individualizada los diferentes comportamientos llevados a cabo por todas y cada una de las tripulaciones a la hora de intentar resolver la emergencia planteada.

Esta hoja de registro (ver Anexo 6) fue creada para el presente estudio y en ella aparecen los diferentes comportamientos agrupados en cuatro grupos, cada uno de los cuales constituye una característica propia de la conducta creativa: flexibilidad, originalidad, fluidez y rigidez (elemento contrario). Los diferentes ítems que definían cada uno de estos grupos se elaboraron tratando de respetar y aunar los elementos que, según diversos autores (Amabile, 1983; Kendra y Wachtendorf, 2003a; Lubart, 1994), definen la conducta creativa, esto es, la flexibilidad (capacidad de cambiar, rectificar [Dynes, 2003; Thurston y Runco, 1999; Turner, 1994], ofrecer respuestas diferentes a un problema en el momento en que aparece [Guilford, 1968] o de sobreponerse a un contratiempo [Kendra y Wachtendorf, 2003b]); la novedad (respuesta nunca antes vista) u originalidad (respuesta poco frecuente, desde el punto de vista estadístico [Guilford, 1968]); y la fluidez (cantidad de respuestas producidas frente a un problema concreto [Guilford, 1968]).

Como puede verse en el anexo correspondiente, la “Hoja de Registro de la Conducta Creativa” está principalmente conformada por una tabla en la que los evaluadores debían anotar, mientras visionaban las grabaciones de las sesiones experimentales, la aparición o no de determinadas conductas llevadas a cabo por los

diferentes miembros de cada una de la tripulaciones aéreas participantes en el estudio. Mediante la observación de las grabaciones de los “vuelos” realizados en la cabina de vuelo del simulador del CL-415, los psicólogos-observadores debían anotar en la Hoja de Registro cada vez que el miembro de la tripulación en el que se fijaba su atención realizaba un comportamiento de los listados en diferentes ítems en la columna central de la hoja.

Este proceso de visionado y anotación por parte de los psicólogos evaluadores se realizó dos veces para cada uno de los tres tripulantes (P.I.C., copiloto y mecánico de a bordo), por lo que cada “vuelo” fue visto en vídeo seis veces por cada uno de los evaluadores. Al contar en el estudio con dos observadores, se realizó una media aritmética de las puntuaciones resultado de las evaluaciones de ambos. De este modo, se generó una puntuación en “conducta creativa individual” que posteriormente se combinó para traducirse en una puntuación de “conducta creativa de tripulación”. Realizando los análisis correspondientes, y al objeto de hacer las puntuaciones más manejables para el análisis estadístico posterior, se agruparon estas últimas puntuaciones de cada tripulación en tres categorías: tripulación con conducta creativa baja, tripulación con conducta creativa media y tripulación con conducta creativa alta. Si bien es cierto, que al ser la primera vez que se hacía uso de esta escala en un estudio, resultó difícil establecer los rangos para separar lo que se considera una conducta altamente creativa de otra medianamente creativa o de aquella caracterizada por su baja creatividad. Por ello los rangos utilizados y descritos a continuación se crearon a partir de la diferencia entre 0 y el valor máximo (20.33) alcanzado por alguna de las tripulaciones. Una vez obtenida esta se establecieron tres rangos de igual amplitud, uno para conducta creativa baja (con una puntuación media entre 0 a 8.32), otro para conducta creativa media (con una puntuación media entre 8.33 y 14.32) y un tercero para conducta creativa alta (puntuación entre 14.33 y 20.33).

Instrumento 3. Para medir la variable dependiente de *resultado* (éxito vs fracaso de la misión), se utilizó una medida objetiva adaptada de la empleada en un estudio anterior de Mathieu, Heffner, Goodwin, Cannon-Bowers y Salas (2005), en el que una serie de estudiantes debían realizar tres misiones diferentes en un programa de simulación de vuelo por ordenador. Su grado de éxito en la ejecución en cada una de las mismas les proporcionaba una puntuación concreta que era utilizada para el análisis

estadístico posterior. En este caso, se decidió operativizar la medida a partir de la valoración de los daños humanos y materiales que sufría la aeronave durante el tiempo de vuelo simulado, y que es consecuencia directa de la actuación de la tripulación al enfrentarse a las situaciones de emergencia planteadas. La medida presenta los siguientes valores en una escala que va de 0 (ningún daño humano ni material) a 3 (pérdida total de la aeronave y muerte de sus tripulantes) (ver Tabla 6), con los siguientes intervalos:

- (0) Ningún daño material ni humano. Aterrizaje perfecto.
- (1) Leves daños materiales en la aeronave. El avión consigue aterrizar, pero se sale ligeramente de la pista sin abandonar, en su totalidad, la zona asfaltada de la misma.
- (2) Graves daños materiales en la aeronave. El avión consigue aterrizar, pero se sale totalmente de la pista, abandonando la zona asfaltada de la misma.
- (3) Pérdida total de la aeronave y sus tripulantes. El avión se estrella en cualquier zona.

La descripción detallada de dicha escala se incluye como Anexo 7 (Plantilla de cuantificación de daños: éxito vs fracaso) al presente trabajo.

Instrumento 4. Cuestionario de Información General y Procesos de Equipo. Se trata de un cuestionario creado expresamente para el estudio (ver Anexo 8), que aglutina del modo más sencillo posible gran parte de la información que se necesitaba recoger para llevar a cabo la presente investigación. Consta de dos partes bien diferenciadas: una pre-vuelo (hoja 1) y otra post-vuelo (hoja 2). Con esta prueba se obtenía, además de los datos demográficos (hoja 1), la *experiencia profesional* de los componentes de la muestra (hoja 1) y las puntuaciones relativas a las variables *confianza* (hoja 1) y *coordinación implícita y explícita* (hoja 2) entre los miembros de la tripulación.

Además, la primera parte de este cuestionario (parte pre-test) incluye un cuadro en el que se pide a los participantes que describan aquellos incidentes de importancia que han vivido durante su carrera profesional como personal de vuelo del 43 Grupo y otorguen a cada uno de ellos una puntuación en una escala con valores de 0 (situación con poco riesgo) a 10 (situación con grave riesgo). La información obtenida en el apartado de experiencia profesional individual, se transforma después en una

puntuación grupal (de tripulación como equipo) al combinarla con los datos recogidos en el Instrumento 1 descrito arriba, siguiendo el procedimiento ya expuesto anteriormente.

Por último, en esta primera parte, la evaluación de la dimensión *confianza*, entendida como el nivel de confianza existente entre los miembros de un equipo (Schoorman, Mayer y Davis, 1996; De Jong y Dirks, 2012), se realizó a partir de una breve escala incluida en el mismo cuestionario. Los participantes en el estudio debían valorar su grado de confianza en los otros dos miembros de la tripulación, con los que realizarían el vuelo simulado, indicando su respuesta al siguiente enunciado: “*Para cada uno de sus compañeros de equipo (los que componen la tripulación de esta sesión de simulador), ¿cuál de estas respuestas caracteriza con mayor exactitud su nivel de confianza en él/ella?*”. De este modo, cada componente de la tripulación debía otorgar un valor, en una escala con valores que iban de 1 (nada) a 5 (completa), al nivel de confianza que tenía en cada uno de sus dos compañeros a la hora de realizar su trabajo (ver Tabla 6). También se incluyó una opción de respuesta “*neutral*” (con puntuación “0”) para aquellos casos en los que alguno de los participantes considerase que no conocía lo suficiente a alguno de sus compañeros en particular como para poder decir en qué grado confiaba en él. Este breve cuestionario fue ligeramente adaptado del utilizado por De Jong y Dirks (2012) en un estudio realizado acerca del concepto de *asimetría de confianza* (Graebner, 2009), utilizando una muestra de estudiantes holandeses pertenecientes a asociaciones estudiantiles. Dicho cuestionario se utilizó prácticamente inalterado en el presente estudio, conservando tanto la escala de puntuaciones como la pregunta inicial, y modificando simplemente la redacción de esta última para adaptarla a la muestra, compuesta en este caso por tripulaciones aéreas. La escala fue cumplimentada por los integrantes de la muestra de forma pre-test, es decir, antes de realizar la sesión en el simulador de vuelo.

La segunda parte del cuestionario (parte post-test) estaba motivada por la evaluación del constructo de *coordinación* según la división utilizada por MacMillan Entin y Serfaty (2004): *implícita* y *explícita*. Para ello, se emplearon tres bloques de ítems, con un total de 23 preguntas (13 sobre coordinación explícita y 10 sobre implícita), cuyo objetivo era evaluar, utilizando los constructos que integrarían y definirían cada uno de los tipos de coordinación (Rico, Sánchez-Manzanares, Gil y

Gibson, 2008), los diferentes conceptos que habían sido seleccionados para medir tanto la coordinación extrínseca (6 ítems para *comunicación* y 7 ítems para *planificación*) como la coordinación intrínseca (5 ítems para valorar el *ajuste dinámico* y otros 5 para valorar el concepto de *anticipación*)⁷⁴.

Los participantes en el estudio debían valorar el grado de coordinación implícita y explícita que se había producido, según su opinión, entre los miembros de la tripulación durante el desarrollo de la misión de vuelo llevada a cabo en el simulador, puntuando los 23 ítems en una escala tipo Likert con valores entre 1 (totalmente en desacuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo) (ver Tabla 6).

Con el fin de facilitar la cumplimentación de todo el cuestionario, se crearon tres versiones paralelas del mismo, adaptadas a cada uno de los componentes de la tripulación: P.I.C., copiloto y mecánico de vuelo, de modo que la redacción variaba ligeramente dependiendo del profesional que debía cumplimentarlo, sin modificar de ningún modo el contenido del mismo. El *Cuestionario de Información General y Procesos de Equipo* se incluye para su consulta, en sus tres versiones, como Anexo 8 de la presente tesis doctoral.

A modo de resumen, y con la finalidad de clarificar las medidas utilizadas para cada uno de los constructos, en la Tabla 6 pueden identificarse el número de ítems empleados para la evaluación de cada constructo, así como la escala de respuesta utilizada.

⁷⁴ Ver apartado 7.2.2. *Coordinación* en el capítulo anterior.

Tabla 6. Número de ítems y escala utilizada para la medición de los diferentes constructos del estudio.

Variable	Cumplimentación	Instrumento utilizado	Nº ítems	Denominación	Escala
Experiencia de equipo	Grupo de expertos: 1ª parte: 10 pilotos y 3 mecánicos de vuelo 2ª parte: 10 pilotos	Instrumento 1	3+3	Exper	1-10
Entrenamiento	Grupo de expertos (10 pilotos y 3 mecánicos de vuelo)	Instrumento 1	7		0-9
Conducta creativa	2 psicólogos-evaluadores	Instrumento 2	19	Creat	1-3
Resultado	2 psicólogos-evaluadores	Instrumento 3	1		0-3
Confianza	48 tripulantes (32 pilotos y 16 mecánicos de vuelo)	Instrumento 4	2	Conf	1-5 ⁷⁵
Coordinación explícita (Comunicación)	48 tripulantes (32 pilotos y 16 mecánicos de vuelo)	Instrumento 4	6	CECom1 CECom2 CECom3 CECom4 CECom5 CECom6	1-5
Coordinación explícita (Planificación)	48 tripulantes (32 pilotos y 16 mecánicos de vuelo)	Instrumento 4	7	CEPlan1 CEPlan2 CEPlan3 CEPlan4 CEPlan5 CEPlan6 CEPlan7	1-5
Coordinación implícita (Ajuste Dinámico)	48 tripulantes (32 pilotos y 16 mecánicos de vuelo)	Instrumento 4	5	CIAjD1 CIAjD2 CIAjD3 CIAjD4 CIAjD5	1-5
Coordinación implícita (Anticipación)	48 tripulantes (32 pilotos y 16 mecánicos de vuelo)	Instrumento 4	5	CIAnt1 CIAnt2 CIAnt3 CIAnt4 CIAnt5	1-5

Fuente: Elaboración propia.

⁷⁵ Incluye también una opción de respuesta “neutral” (0), para aquellos casos en que uno de los tripulantes considerase que no conocía lo suficiente a alguno de sus compañeros en particular, como para poder decir en qué grado confiaba en él/ella.

8.3.2. Escenarios

La parte práctica de la investigación se realizó en su totalidad en las instalaciones del 43 Grupo de FF.AA. en la Base Aérea de Torrejón de Ardoz. Se utilizaron para ello, fundamentalmente, dos ubicaciones.

La primera de estas, de importancia vital para el estudio, fue el edificio donde está situado el simulador de vuelo de la aeronave Canadair CL-415. Los simuladores han sido utilizados durante décadas para el entrenamiento tanto en la industria de la aviación, como en la de la atención sanitaria y el ámbito militar (DiazGranados, Shuffler, Wingate y Salas, 2017). Una de las ventajas del entrenamiento de simulación en aviación es que permite una completa monitorización y retroalimentación del comportamiento del piloto (Rantz, Dickinson, Sinclair y Van Houten, 2009) y del resto de la tripulación. Su utilización es considerada beneficiosa, fundamentalmente porque permite realizar entrenamientos asumiendo un riesgo bajo (Salas, Bowers y Rhodenizer, 1998), lo que hace muy adecuada su aplicación a ámbitos laborales en los que la operación real lleva asociados grandes riesgos. Es por ello por lo que el simulador de vuelo del Canadair CL-415 ha constituido una de las piezas fundamentales del presente estudio.

En las instalaciones del simulador de vuelo pueden encontrarse dos salas. Una de ellas dedicada al simulador propiamente dicho, en la que se encuentra una reproducción exacta de la cabina del avión anfíbio Canadair CL-415 (Figura 12), junto a la consola para el Operador de Consola del Simulador (O.C.S.) (Figura 13).

En esta sala se llevaron a cabo las simulaciones de vuelo de un modo muy similar a como se realizan en diferentes compañías aéreas de ámbito civil los entrenamientos en C.R.M. y L.O.F.T. (*Line Oriented Flight Training*) expuestos en capítulos anteriores. Concretamente, y tal como se ha descrito en el capítulo anterior, se diseñaron dos secuencias de vuelo cualitativamente diferentes (ver Anexos 1 y Anexo 2) fruto de la condición experimental planteada. La primera de ellas suponía la realización de una misión en la que las situaciones de emergencia que se presentaban a la tripulación habían sido definidas por personal de vuelo experto (ver lo expuesto anteriormente en Instrumento 1) como de baja peligrosidad (ver descripción detallada en Anexo 1).



Figura 12: Cabina del simulador de vuelo del Canadair CL-415 que el 43 Grupo de FF.AA. tiene en la Base Aérea de Torrejón de Ardoz.

Fuente: Elaboración propia.

El segundo de los escenarios creados lo constituyó otra sesión de simulador en la que la misión a realizar por parte de la tripulación había sido definida, mediante el mismo método, como de alta peligrosidad (ver descripción detallada en Anexo 2). Ambas sesiones fueron diseñadas y puestas a prueba, con la finalidad de concretarlas al máximo detalle, mediante un estudio piloto, de tal modo que el O.C.S. que dirigía la prueba en el simulador no tuviera que introducir ni improvisar ningún elemento, sino simplemente seguir un guión previamente establecido en el que aparecían definidas las actuaciones que debía llevar a cabo ante aquellas posibles variaciones en las reacciones de las tripulaciones, con el objetivo de eliminar, al máximo, los aspectos subjetivos que pudieran aparecer.

La otra sala, contigua a esta, es la denominada sala de *briefing* (ver Figura 14), en la que, durante la semana de entrenamiento en simulador, las tripulaciones de la Unidad habitualmente planifican las misiones que van a *volar* en el simulador de vuelo y reciben, del O.C.S., las instrucciones y consignas para el desarrollo de las mismas. En este caso, la sala fue utilizada para que los participantes del estudio recibieran las instrucciones sobre el mismo y cumplimentaran las dos partes (pre-vuelo y post-vuelo)

del Instrumento 4 (Cuestionario de Información General y Procesos de Equipo) descrito en el apartado anterior e incluido como Anexo 8.

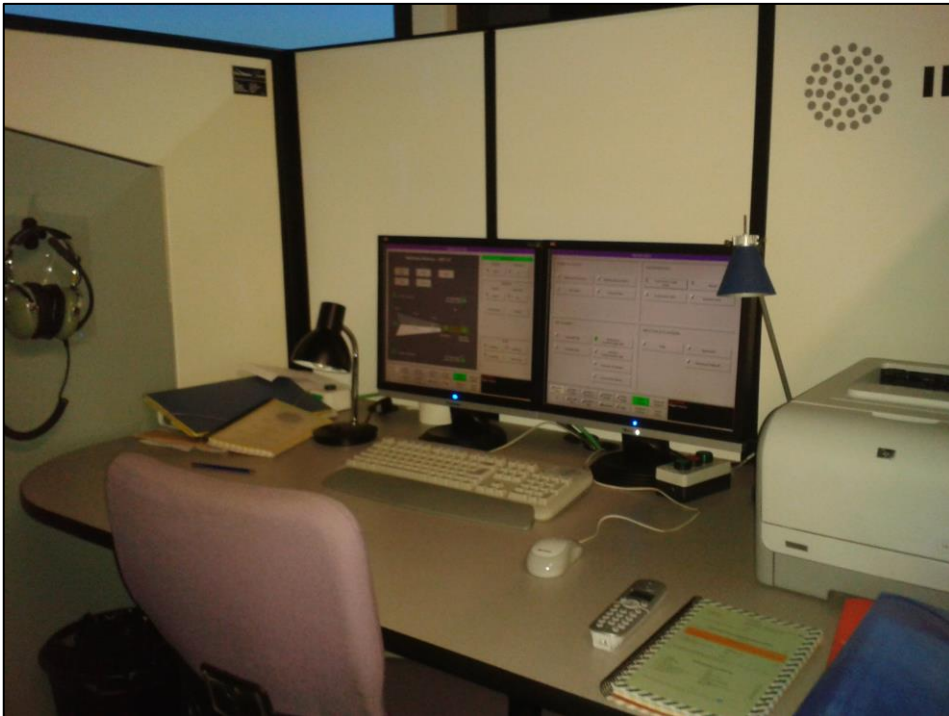


Figura 13: Consola del operador del simulador de vuelo utilizado en el estudio.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 14: Sala contigua al simulador de vuelo en la que los componentes de las tripulaciones participantes en el estudio realizaron algunas de las tareas.
Fuente: Elaboración propia.

La segunda de las ubicaciones utilizadas fue la sala de conferencias que el 43 Grupo de FF.AA. del E.A. tiene en el edificio principal de sus instalaciones, y que sirvió para que los 13 pilotos y mecánicos de a bordo, constituidos en grupo de expertos, cumplimentaran, aprovechando el desarrollo de una de las Jornadas de Seguridad de Vuelo que la Unidad realiza periódicamente, el cuestionario expuesto anteriormente como Instrumento 1, y que se incluye para su consulta como Anexo 5 al presente trabajo.

8.3.3. Procedimiento

Con las consideraciones anteriores en mente, solicitamos al E.A. su colaboración en la realización de la presente investigación orientada a comprender mejor la forma en que las tripulaciones aéreas se enfrentan a situaciones no rutinarias, tales como errores técnicos, accidentes, situaciones de emergencia, etc. La metodología utilizada estuvo en función de cada uno de los objetivos específicos propuestos. El estudio constó de tres fases diferenciadas en el tiempo. En la primera de ellas, un grupo de 13 expertos componentes de las tripulaciones del 43 Grupo, diez pilotos y tres mecánicos de vuelo, con la cualificación técnica máxima, respondieron al cuestionario definido como Instrumento 1 (ver Anexo 5) durante una de las Jornadas de Seguridad de Vuelo que la Unidad desarrolla dentro de su Plan de Instrucción Anual, según lo expuesto en el apartado anterior. En una segunda fase, se llevó a cabo un estudio piloto para poner a prueba tanto el diseño de las sesiones creadas, como los cuestionarios y material auxiliar elaborados para el estudio. La tercera fase constituyó la parte experimental del estudio propiamente dicha, en la que las 16 tripulaciones que componían la muestra (compuestas por un total de 48 tripulantes aéreos) *volaron* en el simulador de vuelo las misiones creadas al efecto y cumplimentaron la versión definitiva de los instrumentos de evaluación descritos anteriormente.

Para esta tercera fase, las diferentes tripulaciones fueron asignadas al azar a los dos tipos de misiones diseñados y definidos en la condición experimental (alta peligrosidad y baja peligrosidad). Para no influir en la designación de pilotos y mecánicos a cada uno de los dos tipos de misión, se elaboró *a priori* un listado con la sesión o misión que correspondía realizar cada día (ver Anexo 3), misiones que fueron siendo asignadas y realizadas por las diferentes tripulaciones que el Escuadrón de

Instrucción del 43 Grupo iba nombrando atendiendo exclusivamente a los criterios propios de la Unidad, expuestos anteriormente en el apartado de descripción de la muestra.

Los vuelos simulados utilizados fueron aquellos que el Escuadrón de Instrucción del 43 Grupo tenía programados en su Plan de Adiestramiento para las tripulaciones aéreas con las modificaciones necesarias para adaptarlos a los objetivos de la investigación. A continuación, se presentan de un modo más detallado cada una de las fases del estudio.

Primera fase. Aprovechando una de las Jornadas de Seguridad de Vuelo de la Unidad⁷⁶, se propuso a algunos de los componentes de las tripulaciones aéreas con máximo nivel de cualificación (Instructor/Probador de Vuelo) en el 43 Grupo la cumplimentación del cuestionario descrito como Instrumento 1 (ver Anexo 5). Las respuestas proporcionadas por este grupo de expertos proporcionaron los datos referentes a la variable *entrenamiento*, al tiempo que fueron decisivas en la selección de las emergencias a incluir en la elaboración de las misiones tipo (ver Anexo 1 y Anexo 2) que se llevarían a cabo en la tercera fase del estudio en el simulador de vuelo. También fueron determinantes para realizar la valoración de la puntuación de la *experiencia* global de la tripulación como equipo de trabajo según el procedimiento descrito en apartados anteriores de este capítulo.

Segunda fase. El trabajo desarrollado en esta segunda fase del estudio consistió fundamentalmente en la realización de un estudio piloto para poner a prueba todos aquellos materiales (secuencias de las sesiones experimentales en el simulador y cuestionarios) creados para conseguir los objetivos del mismo. Con la finalidad de no “quemar” la muestra disponible de tripulantes y pilotos de este tipo de aeronave (que, como vimos, son muy escasos en España), las sesiones de vuelo diseñadas se pusieron a prueba mediante la realización de tres ensayos pre-test en el simulador de vuelo, con diferentes tripulaciones, a las que se asignaron las diferentes situaciones experimentales. Estas sesiones constituyeron la prueba piloto, gracias a la cual se pudieron terminar de pulir los últimos detalles de las *Hojas de Misión* que vienen recogidas en los Anexos 1 y

⁷⁶ Estas Jornadas se realizan en todas las Unidades del Ejército del Aire con una periodicidad semestral y en ellas se realizan actividades formativas (debates, visionado de videos, análisis de situaciones, etc.) al tiempo que se analizan aspectos relevantes relacionados con la seguridad de vuelo de cada Unidad.

2, para alcanzar el máximo detalle posible en la secuencia que el O.C.S. debía seguir en cada una de las misiones tipo, eliminando en la medida de lo posible la subjetividad asociada al mismo. El estudio piloto también fue muy útil para terminar de concretar la redacción del resto de instrumentos de evaluación, al tiempo que sirvió para determinar los mejores lugares para colocar las cámaras de grabación de las sesiones dentro de la cabina del simulador de vuelo. La grabación en vídeo de las mismas supuso una valiosa información para poder analizar todos aquellos aspectos interesantes de cara a pulir el experimento final.

Los cuestionarios fueron inicialmente creados y después puestos a prueba mediante la ayuda de cinco expertos, tres pilotos y dos mecánicos de vuelo, todos ellos con la cualificación máxima en el avión (Instructor/Probador de Vuelo), a los que se solicitó que, en primer lugar, definieran seis conceptos que ellos consideraban clave para el éxito del trabajo en equipo como pilotos/tripulantes de este tipo de avión. Posteriormente, y una vez habían sido listadas todas las respuestas de los cinco expertos, se les proporcionó una matriz en blanco con todos los conceptos, invitándoles a jerarquizarlos por orden de importancia. De este modo, se seleccionaron aquellos ítems que los expertos consideraron como cruciales para definir todos los ítems del cuestionario referentes al constructo *coordinación* (hoja 2 del Instrumento 4). Más tarde, los mismos expertos dieron respuesta a los cuestionarios piloto creados (de los que se eliminaron ítems poco claros y se reelaboraron otros), para posteriormente, mediante entrevistas individualizadas, proporcionar a los investigadores sus opiniones sobre aquellos aspectos que debían ser mejorados de cara a que su comprensión, en la fase experimental propiamente dicha, fuera total. Esto obligó a reelaborar algunos de los ítems e instrucciones, fundamentalmente, del Instrumento 4 (Anexo 8).

Tercera fase. Comprendió la parte experimental propiamente dicha del estudio. Las sesiones tuvieron una duración de dos horas, aproximadamente, y se llevaron a cabo en tres etapas:

- a) Primera etapa. En esta primera etapa, llevada a cabo en la sala contigua al simulador de vuelo (Figura 14), cada uno de los componentes de la tripulación recibió unas breves instrucciones referentes a su participación en el estudio, para posteriormente contestar por escrito a la primera parte (pre-vuelo) del

cuestionario descrito como Instrumento 4 (Anexo 8), cuya duración fue de 20 minutos. En esta parte inicial del cuestionario los participantes debían cumplimentar los apartados referentes a las variables *experiencia* y *confianza*.

- b) Segunda etapa. Finalizado el cuestionario, la tripulación al completo pasaba a la sala en la que está situada la cabina del simulador de vuelo (Figura 12) y la consola de control del mismo (Figura 13), con diferentes pantallas para la monitorización de la sesión (Figura 15). Cada tripulación debía llevar a cabo un vuelo en el simulador de una duración aproximada de 1 hora y 30 minutos. La misión de vuelo utilizada fue la misma para todos los participantes en el experimento, variando únicamente la tipología de emergencias que sufría la aeronave, generando dos secuencias cualitativamente diferentes: una con emergencias de pequeña importancia, que pueden resultar habituales durante un vuelo, y otra con emergencias realmente peligrosas, creando de este modo los dos grupos experimentales. Los tripulantes participantes en el estudio ocupaban sus posiciones correspondientes en la cabina del avión del simulador: piloto a la izquierda, copiloto a la derecha y mecánico de vuelo en el centro.

La secuencia de las sesiones de vuelo estaba previamente definida, e incluía, de un modo muy concreto, las actuaciones a realizar por el O.C.S. frente a los diferentes tipos de respuesta que las tripulaciones podían proporcionar durante el vuelo, evitando con ello la posible subjetividad del operador con el fin de minimizar su influencia en los resultados de la investigación.

El vuelo diseñado para el experimento era un vuelo de navegación, con reglas de vuelo instrumentales (*Instrumental Flight Rules* [I.F.R.]), con despegue desde el aeropuerto de Málaga (LEMG), y durante el cual la tripulación debía realizar diferentes tareas (ver Anexos 1 y 2), para posteriormente aterrizar en el mismo aeropuerto.

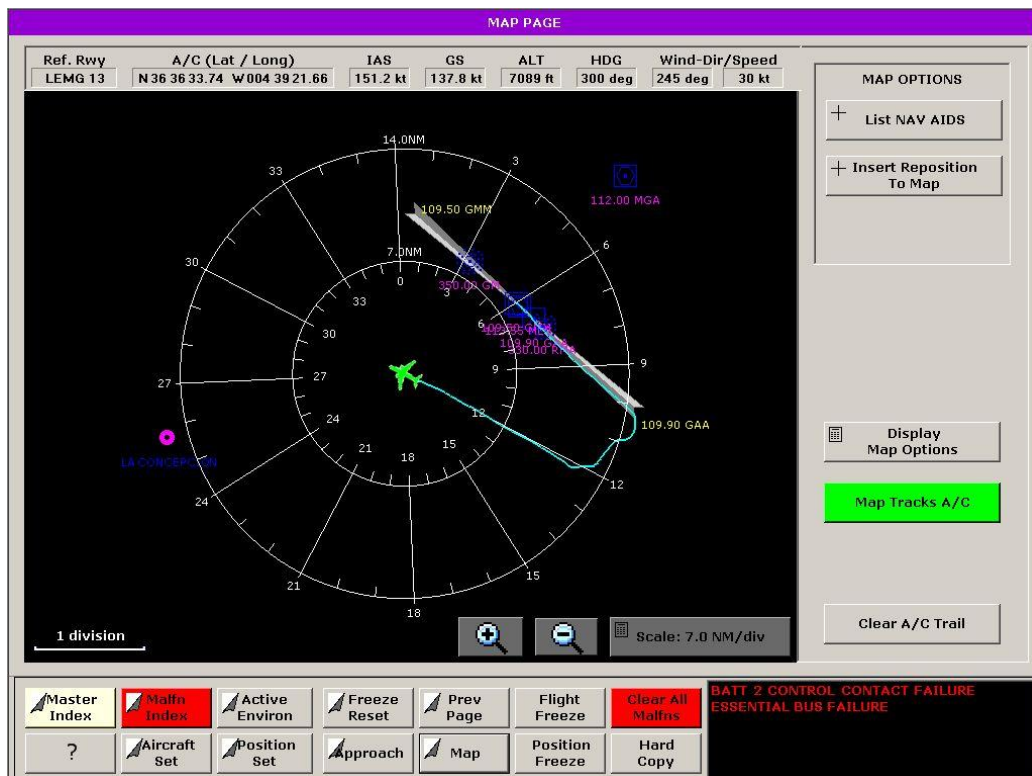


Figura 15: Presentación, desde el puesto de Operador de Consola (O.C.S.), de una de las pantallas de monitorización de vuelo.

Fuente: Elaboración propia.

- c) Tercera etapa. Una vez terminado el vuelo en el simulador, se iniciaba la tercera etapa, con una duración de 10 minutos aproximadamente, tiempo durante el cual la tripulación debía responder a la segunda parte del cuestionario (Instrumento 4), prueba escrita post-vuelo (hoja 2 del Anexo 8), introducirlo en un sobre preparado al efecto (Anexo 4) y cerrarlo para asegurar a todos los participantes la confidencialidad de sus respuestas. Como quedó expuesto con anterioridad, durante la cumplimentación de esta segunda parte del cuestionario los componentes de la muestra debían contestar a los ítems correspondientes al constructo de *coordinación*.

9. ANÁLISIS DE DATOS

Teniendo como objetivo la evaluación del grado de cumplimiento de las hipótesis planteadas, el modelo teórico (descrito en el capítulo 7) fue puesto a prueba mediante modelos de ecuaciones estructurales, llevados a cabo con los paquetes estadísticos SmartPLS 2.0 (Ringle, Wende y Will, 2005) y SmartPLS 3 (Ringle, Wende y Becker, 2015). En los siguientes apartados se explica la fundamentación del procedimiento estadístico empleado.

9.1. Modelos de ecuaciones estructurales

Con el paso de los años, la investigación se va nutriendo de herramientas metodológicas más sofisticadas que permiten a los investigadores poner a prueba modelos cada vez más complejos para intentar explicar el mundo que nos rodea. Entre estas herramientas metodológicas de carácter cuantitativo, han aparecido últimamente los denominados modelos de ecuaciones estructurales (M.E.E.), que se caracterizan fundamentalmente por realizar regresiones múltiples entre variables latentes (Barroso, Cepeda y Roldan, 2010; Cepeda y Roldán, 2004).

Los M.E.E. surgieron fruto de la unión de dos tradiciones (Chin, 1998a): una enfocada a la predicción (perspectiva econométrica o de modelos de regresión lineal), y otra de análisis factorial o de modelado de conceptos (variables latentes no observadas) indirectamente inferidos a partir de variables manifiestas directamente observables (perspectiva psicométrica) (Roldan y Sánchez Franco, 2012). Los M.E.E. combinan la utilización de variables latentes que representan los conceptos de teoría y de datos procedentes de las medidas o indicadores (variables manifiestas), y que son utilizados como *input* para la realización del análisis estadístico que nos proporcionará las evidencias acerca de las relaciones existentes entre las variables latentes (Williams, Vandenberg y Edwards, 2009). Fornell (1982, p.1) afirma que “los M.E.E. se han convertido en uno de los desarrollos recientes más importantes del análisis multivariante y su uso se ha extendido entre las ciencias sociales”. Las técnicas englobadas por los M.E.E. reconocen metodológicamente el hecho de que la teoría científica implica tanto variables empíricas como abstractas. Los modelos de ecuaciones estructurales tienen

como objetivo vincular los datos con la teoría más allá de la simple asociación empírica, centrándose en los aspectos acumulativos del desarrollo de la teoría, incorporando, *a priori*, el conocimiento dentro del análisis empírico (Fornell, 1982).

Los M.E.E. son técnicas multivariantes que combinan aspectos de la regresión múltiple (estudiando relaciones de dependencia) y del análisis factorial (representando constructos teóricos abstractos a partir de variables medibles), con el objetivo de estimar una serie de predicciones interrelacionadas simultáneamente (Cepeda y Roldan, 2004). Permiten estimar el ajuste de dos modelos (de medida y estructural) mediante un único análisis. Por una parte, estiman el *modelo de medida*, que valora la fiabilidad y validez de las medidas empleadas a partir de las cargas factoriales de las variables observadas (indicadores o ítems) con relación a sus correspondientes variables latentes (constructos). Por otra, permiten la estimación del *modelo estructural*, responsable de explicar las relaciones entre una serie de variables latentes.

De este modo, y teniendo en cuenta los resultados aportados por los análisis descritos anteriormente, en el presente estudio se procedió a contrastar el ajuste del modelo propuesto, así como el grado de cumplimiento de cada una de las hipótesis con una de las técnicas de modelos de ecuaciones estructurales más usadas en los últimos años. De igual modo, se puso a prueba el grado de fiabilidad y validez del instrumento de medida en el ámbito concreto de las relaciones predictivas entre variables. Al objeto de alcanzar dichos propósitos se utilizó la técnica denominada *Partial Least Squares* (PLS), llevada a la práctica de un modo más concreto a través de los paquetes informáticos estadísticos SmartPLS 2.0 (Ringle et al., 2005) y SmartPLS 3 (Ringle et al., 2015). La utilización de la técnica PLS ha alcanzado una gran popularidad entre los investigadores en el campo de las ciencias sociales por las muchas ventajas que presenta, fundamentalmente en los aspectos relativos a las exigencias de distribución y tipología de las variables, y al tamaño de la muestra (Cepeda, Barroso y Roldán, 2005). La técnica PLS tiene como objetivo la predicción de las variables latentes a partir de la varianza, apoyándose en la estimación de mínimos cuadrados ordinarios (M.C.O.) y en el análisis de componentes principales (A.C.P.), en vez de hacerlo en la covarianza.

La técnica PLS fue diseñada y perfeccionada (Chin, 1998a; Wold, 1985) con la intención de reflejar las condiciones teóricas y empíricas de las ciencias del

comportamiento, en las que, con cierta habitualidad, encontramos situaciones de teorías con escasa información disponible y no suficientemente asentadas (Wold, 1979). PLS presenta un tipo de análisis de datos estadísticos conocido como “modelización flexible” (Wold, 1980), ya que no realiza suposiciones relativas a los niveles de medida, las distribuciones de los datos o el tamaño de la muestra. Reemplaza la idea de *causalidad*, característica de la modelización firme (que garantiza la capacidad de controlar los acontecimientos), por la de *predictibilidad*, que permite un grado de control limitado (Falk y Miller, 1992). PLS es una técnica de estimación de la probabilidad de un acontecimiento partiendo de la información disponible sobre otros acontecimientos cuando no se dan las condiciones de un sistema cerrado (Cepeda y Roldán, 2004). Es una técnica de análisis que busca predecir las variables dependientes intentando maximizar la varianza explicada (R^2) de las mismas. *Partial Least Squares* presenta diversas ventajas que, como puede observarse a continuación, la convierten en la herramienta adecuada para su utilización en el presente trabajo de tesis doctoral:

- Es considerado un potente método de análisis (Chin, Marcolin y Newsted, 2003).
- Tiene una mejor adaptación que los métodos basados en el análisis de la covarianza para aplicaciones exploratorias, predictivas y de desarrollo de la teoría (Chin et al., 2003).
- Posee unos requerimientos mínimos en lo que se refiere a escalas de medida de las variables, tamaño de la muestra y distribuciones residuales.
- Dado que las variables pueden ser estimadas por cualquier tipo de medición nominal, ordinal, de razón o de intervalos, PLS evita algunos de los problemas ocasionados en algunos casos por las técnicas basadas en ajustes de covarianzas, como soluciones impropias o inadmisibles e indeterminación de factores (Fornell y Bookstein, 1982; Wold, 1985).
- Es especialmente útil, por su correcta adaptación, para casos en que las circunstancias obligan al empleo de muestras pequeñas (Barclay, Higgins, Thompson, 1995), como la aquí utilizada.

- Se acomoda correctamente a aquellos grupos de datos donde no es fácil encontrar distribuciones normales (Chin, 1998a; Barclay et al., 1995; Falk y Miller, 1992).

9.2. Modelización con PLS (*Partial Least Squares*)

A la hora de adentrarnos en un análisis utilizando la técnica *Partial Least Squares*, es importante conocer los diferentes componentes que presenta cualquier representación gráfica de un modelo PLS. En un modelo PLS tipo (ver Figura 16) aparecen representados distintos elementos. Los términos básicos utilizados para cada uno de ellos son los siguientes (Barclay et al., 1995; Falk y Miller, 1992; Gefen, Straub y Boudreau, 2000; Wold, 1985):

1. Constructo teórico o variable latente (no observable). Se representa de forma gráfica mediante un círculo. Estas variables pueden ser exógenas (ξ) o endógenas (η). Un constructo exógeno (ξ) actúa como predictor de uno o varios constructos endógenos (η).
2. Indicadores, medidas o ítems. Son las variables manifiestas (observables) y están representadas gráficamente mediante un cuadrado o rectángulo.
3. Relaciones entre variables de cualquier naturaleza. Son los denominados caminos (*path*) y se representan en el modelo mediante flechas unidireccionales que deben ser interpretadas como vínculos predictivos de la varianza de la dimensión a la que apuntan. El esquema de flechas especifica las relaciones internas entre constructos y las relaciones externas entre cada variable latente y sus indicadores. Los *ítems reflexivos* son representados mediante flechas con la letra griega Lambda (λ) que se alejan de las variables latentes, mientras la representación gráfica de los *ítems formativos* es una flecha, denominada Pi (π) dirigida hacia el constructo latente (Chin, 1998a; Barclay et al., 1995). A la hora de analizar el modelo de medida externo que engloba las relaciones entre los indicadores (o variables observadas) y las variables latentes, λ representa la carga factorial de un indicador sobre la variable latente correspondiente. Por otro

lado, los *path* entre dos variables latentes ζ (X_i) y η (E_{ta}) se representan por los coeficientes Gamma (γ). Los *path* entre dos variables latentes endógenas (η) se denominan Beta (β), mientras las correlaciones entre dos variables exógenas se denominan Phi (Φ).

4. Delta (δ) representa el error asociado a la variable x , esto es, la parte de la varianza que no refleja la variable latente ζ . Del mismo modo, Epsilon (ϵ) representa el error asociado a la variable y , o lo que es lo mismo, la parte de la varianza que no refleja la variable latente E_{ta} (η).

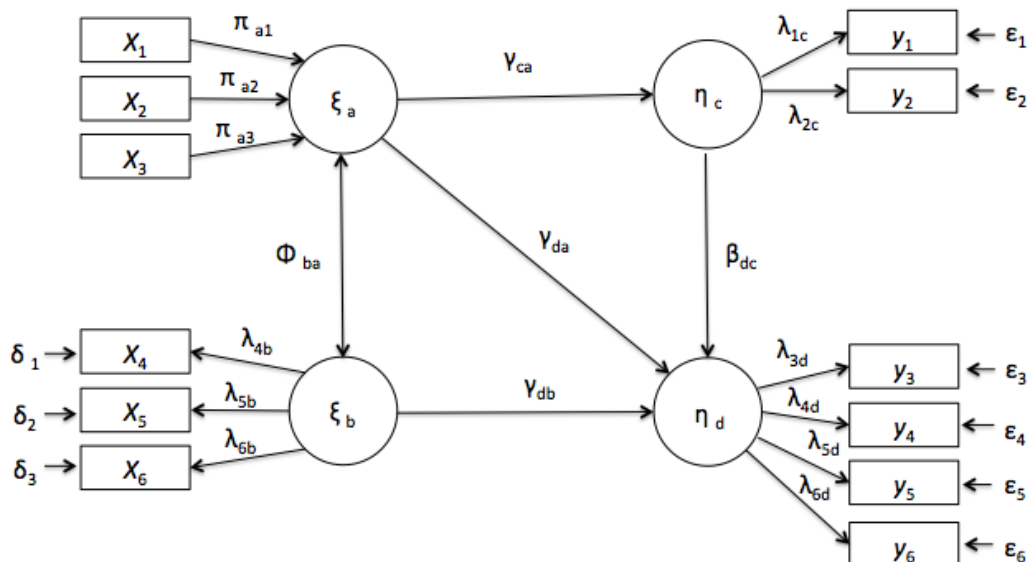


Figura 16. Representación gráfica de un modelo PLS tipo.

Fuente: Adaptado de Roldán y Sánchez Franco (2012).

Sin embargo, este tipo de modelos de análisis también presenta una serie de limitaciones si los comparamos con otros métodos de análisis de M.E.E. Una de las principales limitaciones de PLS es que no proporciona medidas de bondad de ajuste sólidas respecto a la capacidad que tiene el modelo a la hora de explicar las covarianzas de la muestra (Chin, 1998a). Sin embargo, tanto el paquete informático SmartPLS 2.0 (Ringle et al., 2005) como el SmartPLS 3 (Ringle et al., 2015) incluyen dos técnicas no paramétricas de remuestreo denominadas *bootstrap* y *jackknife*, que permiten al usuario examinar la estabilidad de las estimaciones obtenidas.

La primera de ellas, técnica de *bootstrapping*, trata el conjunto de datos original

como si de una población total se tratase. A partir de dicha población total se crean “n” conjuntos de muestras con el objetivo de obtener en el modelo PLS “n” estimaciones de cada parámetro. Para ello, cada muestra se obtiene utilizando un procedimiento de remuestreo con reemplazo del conjunto de datos original, hasta que el número de casos sea idéntico al conjunto muestral inicial (Chin, 1998b). Por otra parte, la técnica denominada *jackknife* hace posible la evaluación de la significación de las estimaciones de los parámetros partiendo de datos a los que, *a priori*, no se presupone una distribución normal (Chin, 1998b). De modo que, con la utilización de ambas técnicas, el usuario es capaz de estimar el sesgo y el error estándar de los parámetros, además de tener a su alcance los valores *t* de Student sobre la significación estadística de las estimaciones.

A la hora de realizar un análisis utilizando un modelo de ecuaciones estructurales se deben llevar a cabo los dos pasos propuestos en el literatura (Anderson y Gerbing, 1988; Barclay et al., 1995; Díez Medrano, 1992). Primero, hay que valorar el modelo de medida que representa las relaciones entre indicadores observados y constructos latentes (modelo externo o *outer model*). Posteriormente, se debe realizar la valoración del modelo estructural de relaciones entre variables latentes exógenas y endógenas (modelo interno o *inner model*). El modelo de medida tiene por objeto analizar si los conceptos teóricos están medidos de un modo adecuado a partir de las variables observadas, mientras el modelo estructural pretende evaluar el peso y la magnitud de las relaciones existentes entre las diferentes variables (Cepeda et al., 2005; Cepeda y Roldan, 2004). A continuación se describen ambos procesos.

9.3. Evaluación del modelo de medida (*outer model*)

La utilización del procedimiento PLS, basado en el análisis de M.E.E., mediante la técnica proporcionada por los paquetes estadísticos, SmartPLS 2.0 y SmartPLS 3, permitió, para el presente trabajo, una aproximación detallada a la utilidad del instrumento de medida en el contexto concreto del modelo predictivo expuesto anteriormente. La evaluación del modelo de medida pasa por realizar diferentes análisis, tales como: un análisis de la fiabilidad individual de los ítems, un análisis de la fiabilidad de las escalas (consistencia interna) y un análisis de la validez de constructo convergente y discriminante (Cepeda et al., 2005; Cepeda y Roldan, 2004). Sin

embargo, de cara a profundizar en la fiabilidad y validez de nuestro estudio, hemos añadido a estos, otros análisis estadísticos de importancia, poniendo a prueba también la validez aparente, la validez de contenido y la validez de criterio de las escalas empleadas en el estudio, para pasar posteriormente a contrastar de manera detallada el alcance de las hipótesis.

La fiabilidad es una propiedad psicométrica clave que determina la calidad de una medida. La fiabilidad se entiende como la estabilidad que presenta esta al repetirse en el tiempo cualquier proceso de medición (Prieto y Delgado, 2010). Hace referencia a la ausencia de errores durante este proceso, al grado de estabilidad y a la consistencia de las puntuaciones que se obtienen mediante la utilización de un mismo instrumento en diferentes momentos a lo largo del tiempo. Entendemos por fiabilidad la precisión con que un instrumento de medida nos proporciona puntuaciones exentas de errores aleatorios (Kerlinger y Lee, 2000). Dicho de otro modo, la fiabilidad hace referencia a la parte en la que una medida está libre de error (Dipboye, 1992). Es “la proporción de la varianza total que es varianza verdadera” (Guilford y Fruchter, 1984, p. 369). Según Peterson (1994), los investigadores sitúan a la fiabilidad como condición necesaria para que una medición pueda considerarse como válida.

Por otro lado, la validez de un instrumento se refiere al grado en que este mide lo que realmente quiere medir (Carmines y Zeller, 1979; Kerlinger y Lee, 2000); esto es, si las inferencias realizadas partiendo de las medidas obtenidas son correctas o no (Schmitt y Klimoski, 1991; Society for Industrial and Organizational Psychology [SIOP], 2003). En el contexto de las Ciencias Sociales nos encontramos con diferentes tipos de validez, debido a que las medidas en este ámbito de estudio tienen diferentes objetivos (Sánchez y Sarabia, 1999). Así, tendremos: validez aparente, validez de contenido, validez interna o de constructo y validez de criterio.

9.3.1. Fiabilidad individual de los ítems

Comenzando por el análisis de la fiabilidad individual de los ítems, la técnica PLS realiza una valoración de los mismos examinando las cargas factoriales estandarizadas (λ), o correlaciones simples de los indicadores con su respectivo constructo. Entre las propuestas empíricas más aceptadas se encuentran aquellas que

defienden que, para aceptar un indicador como integrante de un constructo, aquel ha de poseer una carga factorial igual o superior a .50 (Barclay et al., 1995; Chin 1998a; Chin 1998b). En este sentido, el programa informático SmartPLS nos permite conocer si un ítem debe ser aceptado o rechazado, mediante la aplicación del procedimiento de *bootstrapping*, asignando valores *t* de Student a cada una de las cargas factoriales, siendo considerados como aceptables niveles de significación de $p < .05$.

9.3.2. Fiabilidad de las escalas

Seguidamente, se debe comprobar la consistencia interna existente entre todos los indicadores que miden un concepto o, lo que es lo mismo, determinar la fiabilidad de la escala utilizada. Se trata de evaluar con qué rigurosidad están midiendo las variables manifiestas la misma variable latente (Cepeda et al., 2005); esto es, evaluar el nivel de rigurosidad con el que varios indicadores miden la misma variable latente (Lanero, 2011). Para calcular la fiabilidad de una escala de medición integrada por dos o más ítems existen varios métodos (Carmines y Zeller, 1979; Most y Zeidner, 1995; Nunnally y Bernstein, 1994; Sánchez y Sarabia, 1999). Los más utilizados son: la estabilidad test-retest (coeficiente de estabilidad), que evalúa un mismo constructo en dos momentos diferentes en el tiempo; el empleo de formas alternativas para la misma medida, que evalúa un mismo constructo mediante dos versiones de la misma prueba; y la consistencia interna, que nos permite conocer el grado en que los ítems de una escala correlacionan con la puntuación total. En el caso del presente estudio, la metodología más apropiada es esta última, la cual se utiliza para “evaluar la confiabilidad de una escala en la que se suman varias partidas para formar una puntuación total, de forma que cada ítem mide algún aspecto del constructo” (Lanero, 2011, p. 259).

Para estimar y calibrar la fiabilidad de las medidas estudiando su consistencia interna, existen una serie de coeficientes de fiabilidad, entre los que el Alpha de Cronbach (α) y el coeficiente de Spearman-Brown son los más comúnmente utilizados (Cortina, 1993; Salgado, 2015). El primero de ellos (α) es el índice habitualmente más aceptado al respecto y se basa en el promedio de los coeficientes de correlación de Pearson (r) de todos los ítems de una escala cuando las puntuaciones de dichos ítems están estandarizadas, o en el promedio de las varianzas si las puntuaciones de dichos ítems no lo están (Cronbach, 1951). Siguiendo a Nunnally (1978), se consideran

aceptables valores superiores a .70 y .60 para fines exploratorios, debiendo ser descartados todos aquellos ítems que no cumplan tal criterio⁷⁷. Respecto al índice de Spearman-Brown, nos permite pronosticar el aumento que se producirá en la fiabilidad si se aumenta la longitud de la prueba, siempre y cuando los ítems a añadir sean paralelos a los ya presentes.

Descartando este último índice por ser inapropiado para nuestro estudio, el software estadístico SmartPLS nos proporciona otro índice para la estimación de la consistencia interna de la prueba, como es la fiabilidad compuesta (ρ_c)⁷⁸. La fiabilidad compuesta es una medida, desarrollada por Werts, Linn y Jöreskog (1974), que nos permite medir la consistencia interna de los bloques de indicadores y supone una alternativa preferida al Alpha de Cronbach, ya que puede dar lugar a estimaciones más elevadas de la verdadera fiabilidad. Al igual que ocurre con el estadístico de Cronbach, el valor .70 supone un referente adecuado para un modelo con fines confirmatorios (Henseler, Ringle y Sinkovics, 2009), siendo aceptables valores de .60 para propósitos exploratorios (Chin, 1998a) y recomendables valores más exigentes (.80) para investigación básica (Nunnally, 1978). Valores demasiado altos (superiores a .90) podrían estarnos mostrando simplemente que los indicadores están altamente correlacionados, o que dichos indicadores no son muy representativos de la variable que están midiendo, por no ser más que diferentes versiones de lo mismo.

Ambas medidas, α y ρ_c , son similares a la hora de valorar la consistencia interna, diferenciándose en que el Alpha de Cronbach presupone que cada indicador de un constructo contribuye en la misma medida (Barclay et al., 1995), mientras el índice de fiabilidad compuesta usa las cargas de los indicadores tal y como existen en el modelo causal (Cepeda y Roldán, 2004). De este modo, la fiabilidad compuesta resulta ser una medida más general que el Alpha de Cronbach, por lo que es considerada superior a esta última (Fornell y Larcker, 1981). A este aspecto, debemos añadir otro más, como es el que la fiabilidad compuesta es una medida que no se ve afectada por el número de indicadores o ítems que componen la escala, mientras que el Alpha de Cronbach

⁷⁷ Los valores que nos proporciona el coeficiente Alpha de Cronbach están comprendidos entre 0 y 1.

⁷⁸ Los valores que nos proporciona el índice de fiabilidad compuesta (ρ_c) también están comprendidos entre 0 y 1.

presenta problemas cuando es utilizado con escalas cortas de sólo dos o tres componentes (como lo son algunas de las utilizadas en este trabajo).

Estas razones hicieron que, a pesar de tener en cuenta las puntuaciones que PLS nos proporcionó respecto al Alpha de Cronbach, se recurriese a la utilización de la medida más potente, esto es, el índice de fiabilidad compuesta, a la hora de analizar la consistencia interna del instrumento de evaluación utilizado en la presente investigación.

9.3.3. Validez aparente

Este constructo basa su importancia en su influencia sobre la motivación y colaboración de los participantes en un estudio, ya que se refiere al grado en que una situación de medida resulta válida desde el punto de vista del observado o participante (Grajales, 1996). La validez aparente fue puesta a prueba en la presente investigación mediante el análisis de la adecuación de las diferentes partes de la prueba escrita (Instrumento 4)⁷⁹ que posteriormente realizarían todas las tripulaciones. Este proceso se llevó a cabo gracias al desarrollo del estudio piloto realizado en la segunda fase del estudio y descrito en el capítulo anterior, en el que participaron tres tripulaciones (6 pilotos y 3 mecánicos de a bordo), y cuyos datos, comentarios y respuestas al cuestionario que cumplimentaron fueron analizados tanto por las propias tripulaciones como por un grupo de expertos, a través de entrevistas personales, en las que se pusieron a prueba la adecuación y comprensión de todos y cada uno de los ítems que conformaban las diferentes partes del cuestionario.

9.3.4. Validez de contenido

La validez de contenido está referida a la adecuación de una medida para evaluar un dominio de estudio determinado. Para ello, se basa en la justificación de que los ítems para medir un criterio sean representativos del contenido que se quiere evaluar (Prieto y Delgado, 2010). La validez de contenido apunta a la representatividad de los ítems seleccionados respecto al universo de todos los posibles (DeVellis, 1991), así

⁷⁹ El Instrumento 4, así como el resto de las pruebas utilizadas en el presente estudio son descritas detalladamente en el apartado 8.3.1. *Construcción y administración de los instrumentos de evaluación.*

como a la meticulosidad del procedimiento empleado para la elaboración del instrumento de medida (Peter y Churchill, 1986). No puede considerarse válido un instrumento si los ítems que lo componen no muestrean correctamente el contenido a evaluar. Si bien, es cierto que nos encontramos con la problemática ya descrita por Kerlinger y Lee (2000), que defienden que no existe un criterio ampliamente aceptado para valorar el nivel de validez de contenido de las medidas psicológicas, ya que se trata de un concepto de carácter cualitativo que depende en gran medida del punto de vista del investigador o de otros expertos en la materia. Prieto y Delgado (2010, p. 71) postulan que “la metodología de validación descansa fundamentalmente en la evaluación de expertos acerca de la pertinencia y la suficiencia de los ítems, así como de la adecuación de otras características de la prueba como las instrucciones, el tiempo de ejecución, etc.”.

Para hacer frente a este problema, en lo referente al presente estudio, la validez de contenido fue puesta a prueba utilizando una metodología deductiva en la elaboración de los ítems del Cuestionario de Información General y Procesos de Equipo (Instrumento 4)⁸⁰. Se elaboró una definición teórica de los constructos, partiendo de una revisión bibliográfica profunda sobre la materia, así como del análisis de otros instrumentos similares, que fue empleada como guía en el desarrollo de cada uno de los ítems. Finalmente, los indicadores creados fueron refinados mediante la realización del estudio piloto, descrito en el capítulo anterior, en el que se llevó a cabo una revisión pormenorizada por parte de expertos en la materia (pilotos y mecánicos de vuelo con la máxima calificación en este modelo de avión) a partir de la realización de entrevistas personales individuales y grupos de discusión⁸¹.

9.3.5. Validez de constructo

Mediante la validez de constructo, también definida como validez interna, se pretende garantizar la existencia de una dimensión que proporcione significado a las puntuaciones de una escala (Kerlinger, 1979) cuando se utilizan medidas con múltiples ítems para hacer deducciones sobre conductas o atributos que pueden agruparse bajo la etiqueta de un único constructo. La validez de constructo aborda la cuestión de si los

⁸⁰ Ver Anexo 8. *Cuestionario de Información General y Procesos de Equipo*.

⁸¹ Para más detalle véase el apartado 8.3. *Recogida de datos*.

diferentes ítems que miden un concepto concreto están midiendo realmente lo mismo. Diferentes autores defienden que la validación de constructo es una de las acciones fundamentales a la hora de evaluar el modelo de medida (Cepeda et al., 2005; Cepeda y Roldan, 2004), llegando incluso a constituirse en el principal modo de validación (Cronbach y Meehl, 1955). El proceso de validación de constructo constituye el marco perfecto para obtener pruebas de validez tanto de criterio como de contenido (Messick, 1989).

La puesta a prueba de la validez de constructo implica el análisis de dos subtipos de validez: la validez convergente y la validez divergente o discriminante. El primero de ellos, la validez convergente, nos proporciona información acerca de si una medida está relacionada con otras estimaciones del mismo constructo o con otras variables con las que debería estarlo por razones teóricas; esto es, hace referencia al hecho de que dos constructos que se espera estén relacionados, lo estén realmente. Por otro lado, la validez discriminante se refiere a que la escala creada nos permita medir un concepto efectivamente diferente de otro, para lo cual los ítems de una escala concreta deben presentar una alta correlación con el constructo que miden, así como una baja correlación con constructos diferentes; o lo que es igual, que los constructos que no deberían guardar ninguna relación entre sí, realmente no la guardan. La validez discriminante es uno de los criterios habituales utilizados para evaluar las escalas de medida de constructos latentes en ciencias sociales (Martínez-García y Martínez-Caro, 2009). Mediante el análisis de la misma, es posible conocer en qué medida un constructo concreto es diferente de otros constructos (Cepeda y Roldán, 2004). Tanto la validez discriminante como la validez convergente guardan relación con la fiabilidad de las medidas, de tal modo que, a mayor fiabilidad, siempre encontraremos mayor validez de constructo (Lanero, 2011).

Para comprobar la validez de constructo necesitamos, por lo tanto, poner a prueba la validez discriminante y la validez convergente. Para ello, se utilizó el análisis factorial, así como una revisión de la fiabilidad. El análisis factorial puede realizarse de dos modos distintos. Por una parte, tenemos el análisis factorial exploratorio, técnica que, utilizando una aproximación inductiva, intenta delimitar un número amplio de indicadores que medirían el dominio de interés, para posteriormente buscar patrones de relación entre los mismos con el objetivo de definir los conceptos que representan. El

análisis factorial exploratorio intenta encontrar la estructura que subyace a los datos obtenidos, trabajando desde los datos empíricos a la definición del constructo. Por otro lado, encontramos el análisis factorial confirmatorio, técnica que mediante una aproximación deductiva trabaja en sentido inverso, partiendo de un concepto concreto, inmerso dentro de un marco teórico, para llegar a definir las conductas que podrían ser consideradas indicadores de dicho constructo. Este último tipo de análisis es el utilizado en el presente trabajo.

Fornell y Larcker (1981) desarrollaron el estadístico de varianza extraída media (*Average Variance Extracted* [AVE]) como medida para valorar la validez de constructo. Este índice proporciona la cantidad de varianza que un constructo dado obtiene de sus indicadores en relación con la cantidad de varianza que podemos atribuir al error de medida (Cepeda y Roldán, 2004). El programa SmartPLS, en sus diferentes versiones, nos proporciona puntuaciones del índice AVE. Para la realización del análisis de la validez de constructo convergente es recomendable que dichas puntuaciones estén por encima de .50 (Fornell y Larcker, 1981), lo que nos estaría diciendo que más del 50% de la varianza de dicho constructo se debe a los indicadores del mismo (Cepeda y Roldán, 2004).

La técnica PLS también nos aporta evidencias sobre la validez discriminante analizando la parte de varianza que cada constructo comparte con sus indicadores, de tal modo que esta debe ser mayor que la que comparta con otros constructos del modelo (Barclay et al., 1995). O lo que es igual, para poder hablar de que un constructo posee validez discriminante deben darse correlaciones débiles entre dicho constructo y las variables latentes que estén midiendo fenómenos diferentes (Cepeda y Roldán, 2004). Para realizar el análisis de la validez discriminante se recomienda, de nuevo, utilizar la varianza extraída media (Fornell y Lacker, 1981), esto es, la varianza compartida entre un constructo dado y sus indicadores. En este caso, operativamente, hay que calcular la raíz cuadrada de los valores de la AVE. Una vez obtenidos dichos valores, se deben sustituir por aquellos que presenta la diagonal de la matriz de correlaciones entre variables latentes que nos proporciona el análisis PLS. Para afirmar que existe validez discriminante, dichos valores deben ser superiores al resto de índices r (Fornell y Lacker, 1981).

9.3.6. Validez de criterio

La validez de criterio o validez externa es aquella que nos permite conocer si un instrumento concreto es capaz de predecir aquellos criterios que tratamos de predecir. Nos permite conocer el grado en que las relaciones empíricas entre variables estimadas con un determinado instrumento son consistentes con la teoría (Lanero, 2011). La validez de criterio nos sirve para determinar si las mediciones realizadas de un constructo se comportan según lo esperado respecto a otras dimensiones con las que dicho constructo está teóricamente relacionado.

Poner a prueba la validez de criterio de una medida implica la realización de tres fases (Cronbach y Meehl, 1955): (1) especificar las relaciones teóricas entre conceptos; (2) examinar las relaciones teóricas entre las medidas de dichos conceptos; y, (3) interpretar la evidencia empírica en términos de relaciones entre variables. Para ello, existen dos tipos de validez de criterio: la validez predictiva (grado en que las puntuaciones de una variable independiente o predictora permiten pronosticar medidas de una variable dependiente o criterio tomadas a posteriori); y la validez concurrente (grado en que las puntuaciones de la variable independiente están asociadas con las de una variable dependiente cuando todas ellas son estimadas al mismo tiempo).

Para esta investigación, los datos pertenecientes a todas las variables fueron obtenidos de los participantes en el estudio en un mismo momento, por lo que basamos nuestro análisis en el estudio de la validez concurrente del instrumento de medida.

Los procedimientos estadísticos habitualmente utilizados para proporcionar evidencia sobre la validez de criterio de una escala son los análisis de correlación, así como las ecuaciones estructurales. Una primera aproximación sobre la validez de criterio fue realizada mediante la inspección de la matriz de correlaciones entre las variables emergentes del análisis factorial, del que se esperaban valores r significativos entre las mismas.

Hasta este punto, se analiza si el modelo de medida cumple con los criterios necesarios de fiabilidad y validez. De resultar positivo dicho análisis, se considera que

el modelo de medida es satisfactorio y puede procederse a realizar el siguiente paso: la evaluación del modelo estructural.

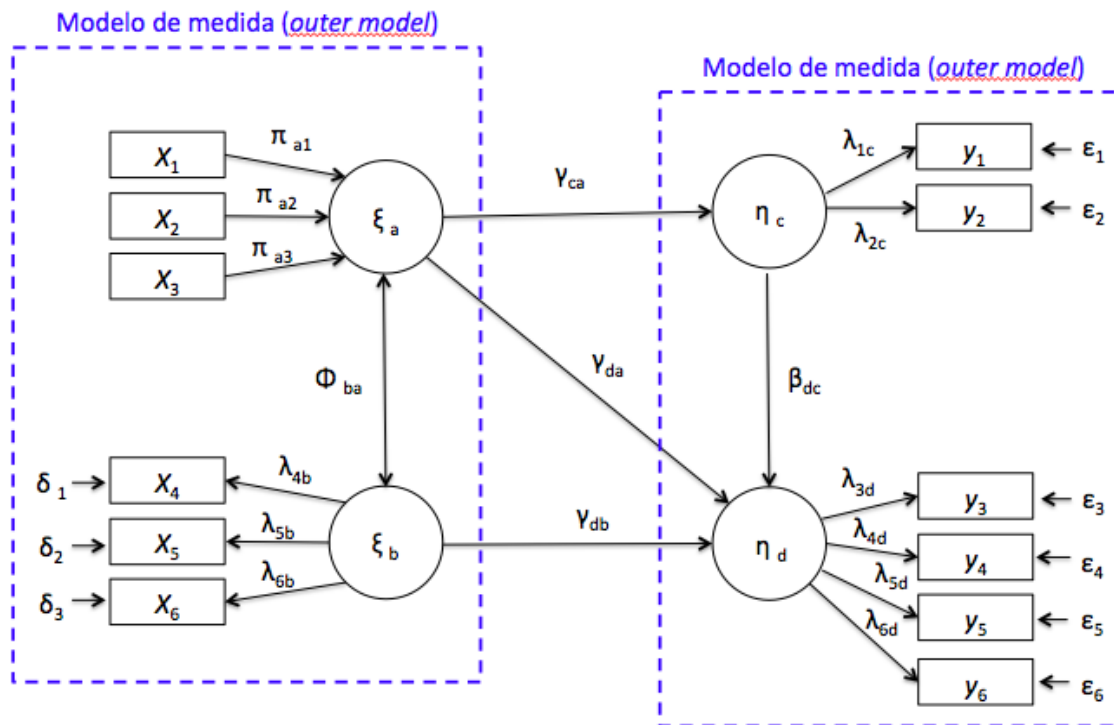


Figura 17. Modelo de medida en la representación gráfica de un modelo PLS tipo.

Fuente: Adaptado de Roldán y Sánchez Franco (2012).

9.4. Evaluación del modelo estructural (*inner model*)

A la hora de realizar el análisis del modelo estructural dentro del ámbito de la metodología PLS, debemos tener en cuenta dos índices fundamentales, como son el coeficiente de determinación (R^2), que nos indica la cantidad de varianza del constructo que es explicada por el modelo, y los coeficientes *path* estandarizados (Cepeda et al., 2005; Cepeda y Roldan, 2004), representados gráficamente por las letras griegas Gamma (γ) y Beta (β).

El coeficiente de determinación es un estadístico cuyo principal propósito es poner a prueba una hipótesis, esto es, predecir resultados futuros. Dicho coeficiente determina la calidad del modelo para replicar los resultados obtenidos, así como la proporción de variación de los mismos que puede ser explicada por el modelo. El valor R^2 asociado a cada variable endógena proporciona la cantidad de varianza de dicho

constructo que es explicada mediante el modelo planteado (Lanero, 2011). Falk y Miller (1992) defienden que, para que podamos afirmar que el modelo está ajustado, dichos valores deberían ser iguales o superiores a .10., de modo que valores de R^2 por debajo de .10, aún siendo estadísticamente significativos, aportan muy poca información, conduciendo a que las relaciones hipotetizadas para explicar dicha variable latente poseen un nivel predictivo realmente bajo.

En relación con el estadístico R^2 , se ha propuesto la utilización del test Stone-Geisser (Geisser, 1974; Stone, 1974) para la estimación de la relevancia predictiva del modelo (Wold, 1982). El programa SmartPLS (en cualquiera de sus versiones) realiza una estimación *jackknife*, que parte del estadístico Q^2 , el cual presenta dos propiedades básicas: puede incrementarse si se elimina alguna predicción inestable de la ecuación; y su valor puede volverse negativo, lo que nos estaría indicando que existe confusión o una mala dirección en el modelo planteado. Son recomendables valores de Q^2 positivos y por encima de .20 (Lanero, 2011).

En lo referente a los coeficientes *path* (γ y β), suponen pesos de regresión estandarizados que son representados como Gamma (γ) cuando relacionan una variable latente exógena ζ (Xi) con otra endógena η (Eta), y como Beta (β) cuando relacionan constructos latentes endógenos entre sí. En ambos casos, deben ser interpretados de igual modo que los coeficientes obtenidos en los análisis de regresión tradicionales (Lanero, 2011). En principio, el valor de los coeficientes *path* estandarizados debería ser igual o situarse por encima de .20, aunque serían ideales valores superiores a .30 (Chin, 1998a), lo que supone una regla empírica excesivamente restrictiva. Por ello, Falk y Miller (1992) proponen que una variable predictora dada debería explicar, por lo menos, el 1,5% de la varianza en la variable latente dependiente. La proporción de varianza explicada en un constructo endógeno por otra variable latente se obtiene del valor absoluto de la multiplicación del coeficiente de regresión por el coeficiente r de correlación entre ambos (Lanero, 2011). De forma adicional, el paquete informático SmartPLS asigna, mediante la técnica de *bootstrapping* vinculada al algoritmo PLS, valores t de Student a los parámetros de regresión estimados, que nos sirven de guía en el análisis de las relaciones significativas de predicción entre variables. Del mismo modo, para la valoración del alcance de las relaciones hipotetizadas entre constructos, se hace necesario un análisis de las influencias indirectas provocadas por la mediación

de una o varias variables endógenas. El cálculo de los efectos totales de otras variables sobre una variable latente endógena (η) se obtiene de la multiplicación de los coeficientes γ y β de dicha variable, asociada a valores t de Student significativos obtenidos mediante la técnica de *bootstrapping* (Lanero, 2011).

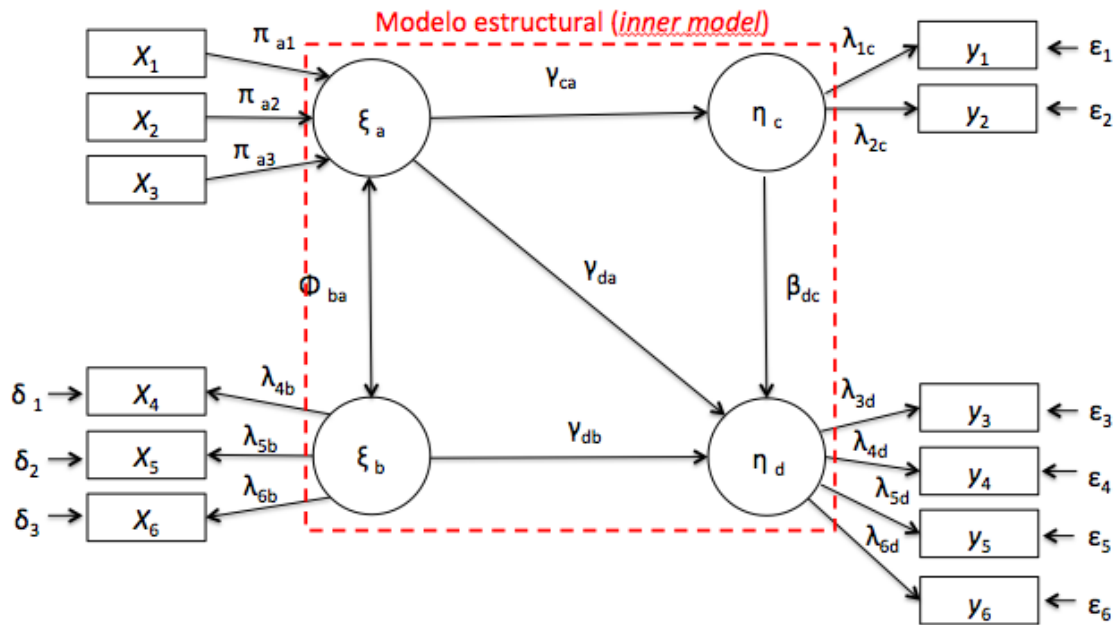


Figura 18. Modelo estructural en la representación gráfica de un modelo PLS tipo.

Fuente: Adaptado de Roldán y Sánchez Franco (2012).

10. RESULTADOS

El presente capítulo expone los resultados obtenidos mediante la utilización, a partir de modelos de ecuaciones estructurales (M.E.E.), de métodos estadísticos de análisis factorial y de correlación entre variables realizados de manera confirmatoria gracias a la utilización de la técnica PLS (*Partial Least Squares*)⁸², así como métodos de análisis descriptivos y análisis multivariantes de la varianza (MANOVA), con el objeto de validar tanto el modelo de medida, como el modelo estructural hipotetizados y descritos en capítulos precedentes.

Siguiendo el procedimiento detallado en el capítulo anterior, los esfuerzos se dedicaron a evaluar el modelo de investigación para el grueso de las hipótesis (de la uno a la cinco) en un doble nivel. En primer lugar, se analizó el modelo de medida externo (*outer model*), para a continuación realizar un análisis de su estructura interna (*inner model*)⁸³, introduciendo las correcciones oportunas para lograr el mayor ajuste posible entre los datos empíricos y la teoría. El análisis para la comprobación del grado de cumplimiento del resto de hipótesis, esto es, desde la seis a la ocho, se llevó a cabo a partir del juicio de expertos, tal y como se recoge en el apartado 10.7. del presente trabajo.

10.1. Análisis predictivos mediante PLS: evaluación y reespecificación del modelo de medida

Inicialmente, con el fin de evaluar el modelo de medida se utilizó la técnica de modelado estructural PLS. Dicho análisis se realizó mediante la utilización de los paquetes estadísticos informáticos SmartPLS 2 (Ringle, Wende, y Will, 2005) y SmartPLS 3 (Ringle, Wende y Becker, 2015).

En la Figura 19 aparece representado de forma gráfica el primer modelo de investigación analizado mediante la técnica de PLS. Dicho modelo presenta dos variables latentes exógenas (ζ), que son: *confianza* en el resto de los miembros de la

⁸² Según el procedimiento expuesto en el apartado 9.2. *Validación del modelo predictivo* del Capítulo 9.

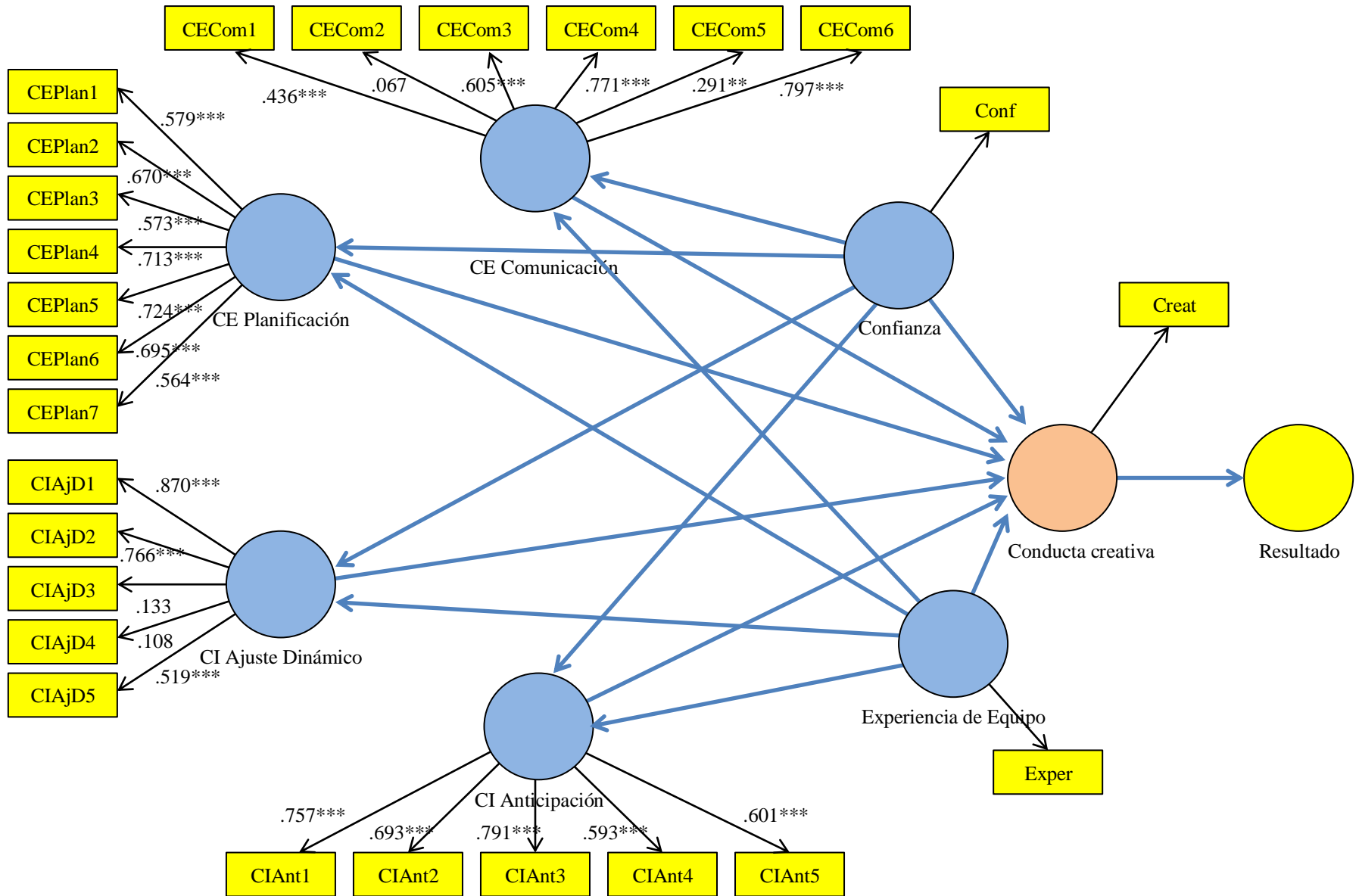
⁸³ Ver apartado 10.4. *Análisis predictivos mediante PLS: evaluación del modelo estructural*.

tripulación y *experiencia* global de la tripulación. Ambas actuaron como predictoras generales del resto de constructos mediante los denominados caminos o *paths*. La representación gráfica también incluye diferentes variables latentes endógenas (η) que, en este caso, serían las dos que conforman el constructo de coordinación implícita (esto es, *ajuste dinámico* y *anticipación*), así como las dos componentes del constructo de coordinación explícita (*comunicación* y *planificación*), además de las variables *conducta creativa* y *resultado*. Todas las variables endógenas estarían interrelacionadas mediante vínculos predictivos. Cabe precisar que para la realización de este análisis fue necesario incluir en el modelo ciertas relaciones entre variables que no habían sido hipotetizadas. La complejidad para acceder a una muestra mayor, ya mencionada en apartados anteriores, obligó a realizar de este modo el procedimiento de análisis para que a la hora de evaluar tanto el modelo de medida como el modelo estructural los paquetes estadísticos informáticos SmartPLS 2 (Ringle et al., 2005) y SmartPLS 3 (Ringle et al., 2015) funcionaran correctamente.

Con el fin de aportar mayor claridad al modelo, la representación gráfica también muestra las variables observadas empleadas en la medición de cada uno de los constructos latentes. Los ítems o indicadores vinculados a cada uno de los constructos aparecen representados mediante cuadros amarillos, de tal modo que se puede observar cómo, por ejemplo, el constructo *comunicación* está compuesto por seis ítems (CECom1, CECom2, CECom3, CECom4, CECom5 y CECom6), el constructo *planificación* lo componen siete ítems (CEPlan1, CEPlan2, CEPlan3, CEPlan4, CEPlan5, CEPlan6 y CEPlan7) y los constructos de *ajuste dinámico* y *anticipación* se componen de cinco indicadores cada uno (CIAjDi1, CIAjDi2, CIAjDi3, CIAjDi4 y CIAjDi5; y CIAnt1, CIAnt2, CIAnt3, CIAnt4 y CIAnt5 respectivamente)⁸⁴. Es importante reseñar que todos estos ítems adquirieron la forma de indicadores reflexivos⁸⁵. Con la intención de depurar el modelo y seleccionar exclusivamente aquellos ítems más representativos, es decir, aquellos con mayor carga factorial para las variables conformadas por más de un indicador, se realizó un primer análisis, mediante la técnica de *bootstrapping* expuesta en el capítulo anterior, para las cuatro variables conformadas por varios ítems. De este modo, fueron eliminados del modelo de medida

⁸⁴ Ver cuadro resumen en el apartado 8.3.1. *Construcción y administración de los instrumentos de evaluación*.

⁸⁵ La metodología PLS permite la utilización de indicadores tanto reflexivos como formativos dependiendo de las características que cada uno de ellos presenta respecto a su variable correspondiente.



* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (199 grados de libertad).

Figura 19. Representación gráfica del modelo teórico inicial.

Fuente: Elaboración propia utilizando SmartPLS 3 (Ringle, Wende y Becker, 2015)

aquellos indicadores que menor grado de cumplimiento presentaban respecto a los criterios de fiabilidad y validez. En primer lugar, y siguiendo el procedimiento ya expuesto, se llevó a cabo el análisis de la fiabilidad individual de los ítems. Como puede observarse, el análisis de las puntuaciones arrojadas mediante dicha técnica y presentadas en la Tabla 7 nos permitió eliminar aquellos ítems cuya carga factorial estandarizada no alcanzaba el valor mínimo de .50. Fueron así eliminados del estudio los indicadores CECOM1 ($\lambda = .436$), CECOM2 ($\lambda = .067$) y CECOM5 ($\lambda = .291$) de la variable *comunicación*, así como los ítems CIAjDi3 ($\lambda = .133$) y CIAjDi 4 ($\lambda = .108$) de la variable *ajuste dinámico*.

Por otra parte, respecto al nivel de significación, los resultados del análisis de todos los indicadores, arrojados mediante la técnica del *bootstrapping*, estuvieron asociados a valores *t* de Student significativos ($p < .001$), exceptuando el del ítem 2 de la variable *comunicación* (CECOM2). A pesar del adecuado nivel de significación del resto de indicadores, con el objetivo de aumentar al máximo la fiabilidad del modelo de medida, se creyó conveniente eliminar del modelo aquellos indicadores descritos en el párrafo anterior, debido a que, como expusimos anteriormente, presentaron cargas factoriales por debajo del mínimo adecuado. Así, una vez eliminados aquellos ítems cuyas cargas factoriales y/o significación estadística resultaron bajas según los análisis previos, el modelo inicial se transformó en el modelo final que se presenta en la Figura 20 y que queda conformado por tres indicadores para la variable *comunicación*, siete indicadores para la variable *planificación*, tres indicadores para la variable correspondiente a *ajuste dinámico* y cinco indicadores para la variable *anticipación*. Es importante señalar que este análisis no resulta procedente, y como tal no se llevó a cabo para aquellas variables formadas por un solo indicador (*confianza, experiencia de la tripulación, conducta creativa y resultado*).

Una vez eliminados los indicadores fuera de márgenes, según lo expuesto anteriormente, y esta vez utilizando el modelo teórico ya depurado, se volvió a realizar el análisis de la fiabilidad individual de los ítems, que, como era de esperar, proporcionó puntuaciones con cargas factoriales estandarizadas superiores a .50 para todos ellos, asociados a valores *t* de Student significativos ($p < .001$), lo que pone de manifiesto la fiabilidad individual de dichos ítems (ver Tabla 8).

Tabla 7. Parámetros de medida de las variables del modelo original.

		Carga factorial	Valor medio de la muestra	Desviación típica	t Student
Confianza	Conf	1	1	0	0
Coordinación Explícita:	CECom1	0.436***	0.439	0.086	5.054
Comunicación	CECom2	0.067 (ns)	0.098	0.128	0.525
	CECom3	0.605***	0.602	0.074	8.173
	CECom4	0.771***	0.766	0.029	26.149
	CECom5	0.291**	0.314	0.095	3.051
	CECom6	0.797***	0.788	0.033	23.921
Coordinación Explícita:	CEPlan1	0.579***	0.578	0.053	10.967
Planificación	CEPlan2	0.67***	0.669	0.034	19.563
	CEPlan3	0.573***	0.570	0.057	10.079
	CEPlan4	0.713***	0.712	0.024	29.203
	CEPlan5	0.724***	0.722	0.034	21.527
	CEPlan6	0.695***	0.694	0.054	12.817
	CEPlan7	0.564***	0.559	0.055	10.229
Coordinación Implícita:	CIAjD1	0.870***	0.850	0.053	16.438
Ajuste Dinámico	CIAjD2	0.766***	0.748	0.066	11.654
	CIAjD3	0.133 (ns)	0.161	0.166	0.803
	CIAjD4	0.108 (ns)	0.110	0.119	0.910
Coordinación Implícita:	CIAjD5	0.519**	0.495	0.158	3.280
Anticipación	CIAnt1	0.757***	0.753	0.040	19.031
	CIAnt2	0.693***	0.701	0.056	12.274
	CIAnt3	0.791***	0.790	0.029	27.617
	CIAnt4	0.593***	0.593	0.056	10.525
	CIAnt5	0.601***	0.590	0.065	9.307
Experiencia de la Tripulación	Exper	1	1	0	0
Conducta creativa	Creat	1	1	0	0
Resultado		1	1	0	0

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (ns) p no significativo; (199 grados de libertad).

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, mediante el proceso expuesto en el capítulo anterior⁸⁶, se realizó el análisis de la consistencia interna (fiabilidad de las escalas), a partir de la medida de fiabilidad compuesta (ρ_c). Los valores para este estadístico, obtenidos fruto de la realización del *algoritmo PLS* mediante SmartPLS 2, aparecen expuestos en la Tabla 9. A pesar de que los valores Alpha de Crombach fueron aceptables (se situaron por

⁸⁶ Recordemos que para la evaluación del modelo de medida debe realizarse: un análisis de la fiabilidad individual de los ítems, un análisis de la fiabilidad de la escala (consistencia interna) y un análisis de la validez de constructo convergente y discriminante (Cepeda, Barroso y Roldán, 2005; Cepeda y Roldán, 2004).

encima de .70) en las variables correspondiente a *planificación* ($\alpha = .770$) y *anticipación* ($\alpha = .723$), no lo fueron para el resto de ellas, lo que, sumado a los problemas que presenta el Alpha de Cronbach ya descritos en el capítulo 9, y siguiendo la recomendación de Fornell y Larcker (1981), se optó por la utilización de la medida de fiabilidad compuesta para analizar la consistencia interna⁸⁷. Las puntuaciones obtenidas en dicha medida fueron superiores en todos los casos a .77; de hecho, dos de ellas, *planificación* y *anticipación*, presentaron valores superiores a .80 (0.834 y 0.819, respectivamente), lo que viene a indicar la existencia de una elevada consistencia interna o fiabilidad en la escala de medida.

Tabla 8. Parámetros de medida de las variables del modelo ya depurado.

		Carga factorial	Valor medio de la muestra	Desviación típica	t Student
Confianza	Conf	1	1	0	0
Coordinación	CECom3	0.626***	0.620	0.062	10.056
Explícita:	CECom4	0.772***	0.778	0.029	26.710
Comunicación	CECom6	0.841***	0.842	0.017	49.548
Coordinación	CEPlan1	0.572***	0.568	0.061	9.411
Explícita:	CEPlan2	0.667***	0.668	0.031	21.588
Planificación	CEPlan3	0.577***	0.579	0.050	11.580
	CEPlan4	0.716***	0.720	0.022	32.966
	CEPlan5	0.721***	0.722	0.034	21.019
	CEPlan6	0.697***	0.695	0.042	16.408
	CEPlan7	0.569***	0.575	0.054	10.481
Coordinación	CIAjD1	0.875***	0.869	0.058	15.086
Implícita:	CIAjD2	0.770***	0.763	0.075	10.324
Ajuste Dinámico	CIAjD5	0.533***	0.512	0.148	3.597
Coordinación	CIAnt1	0.752***	0.75	0.036	20.787
Implícita:	CIAnt2	0.698***	0.694	0.050	13.993
Anticipación	CIAnt3	0.789***	0.787	0.027	29.499
	CIAnt4	0.597***	0.596	0.052	11.362
	CIAnt5	0.597***	0.592	0.057	10.543
Experiencia de la Tripulación	Exper	1	1	0	0
Conducta creativa	Creat	1	1	0	0
Resultado		1	1	0	0

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (ns) p no significativo; (199 grados de libertad).

Fuente: Elaboración propia.

⁸⁷ Ver apartado 9.3. *Evaluación del modelo de medida (outer model)* en el capítulo anterior.

Tabla 9. Parámetros del modelo a partir del procedimiento *algoritmo PLS*.

	<i>AVE</i>	Fiabilidad Compuesta	R^2	Alpha de Cronbach
Confianza	1	1	0	1
CE Comunicación	0.565	0.794	0.505	0.632
CE Planificación	0.421	0.834	0.106	0.770
CI Ajuste Dinámico	0.548	0.778	0.244	0.574
CI Anticipación	0.478	0.819	0.410	0.723
Conducta creativa	1	1	0.117	1
Resultados	1	1	0.044	1

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, adentrándonos en la evaluación de la validez de constructo convergente, a partir de la comparación de la varianza compartida entre cada constructo y sus indicadores con respecto al error de medida, los índices de varianza extraída media (*Average Variance Extracted* [*AVE*]) empleados para el análisis (recogidos en la primera columna de la Tabla 9) se situaron dos de ellos (*planificación* y *anticipación*) por debajo del mínimo requerido de .50, siendo el resto superiores a dicho valor, y presentando por lo tanto una estructura factorial más sólida en la que las variables dieron cuenta de más del 50% de la varianza en sus respectivos constructos latentes. Estos valores nos indican que más del 50% de la varianza de un constructo dado se debe a los indicadores del mismo (Cepeda y Roldán, 2004). En línea con estos resultados, las escalas para las variables con resultados más débiles, esto es, la de *planificación* y la de *anticipación*, aportaron unos índices *AVE* cercanos a lo mínimamente aceptable, explicando respectivamente el 42.1% y el 47.8% de la varianza en las mismas a partir de sus indicadores, no apareciendo valores *AVE* significativamente bajos para ninguna de las escalas.

Por último, para finalizar con la evaluación del modelo de medida, se llevó a cabo el análisis de la validez discriminante, a partir de la matriz de correlaciones entre variables latentes, sustituyendo la diagonal resultante por la raíz cuadrada de los índices *AVE* obtenidos anteriormente, cuyos valores finales se presentan en la Tabla 10⁸⁸. Existirá validez discriminante cuando dichos valores sean superiores al resto de índices *r* (Fornell y Lacker, 1981), lo que nos viene a decir que se producen correlaciones débiles entre un constructo dado y las variables latentes que estén midiendo otro

⁸⁸ Ver explicación detallada en el Capítulo 9. *Análisis de Datos*.

constructos diferentes (Cepeda y Roldán, 2004). Puede observarse que los resultados de la diagonal, una vez sustituidos, son mayores que el resto de índices r , por lo que el modelo de medida cumple con los criterios de validez de constructo divergente o discriminante.

La constatación de que los datos del análisis de la validez de constructo están en la línea de los presentados anteriormente reafirma la solidez del modelo de medida.

Tabla 10. Matriz de correlaciones entre variables latentes, una vez sustituidos los valores de la diagonal por la raíz cuadrada de los valores *AVE* (*Average Variance Extracted*).

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. CE Comunicación	0.752							
2. CE Planificación	0.678	0.649						
3. CI Ajuste Dinámico	0.310	0.421	0.74					
4. CI Anticipación	0.318	0.587	0.419	0.691				
5. Conducta creativa	0.16	0.208	0.036	0.115	1.000			
6. Experiencia de la tripulación	0.199	0.117	0.037	0.323	-0.119	1.000		
7. Resultados	0.014	0.142	-0.008	0.203	-0.201	-0.033	1.000	
8. Confianza	0.070	0.151	0.011	0.194	0.265	0.105	0.186	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Una vez puesto a prueba el modelo de medida, y teniendo confirmación de que cumple con los criterios necesarios de fiabilidad y validez, se procedió a realizar un breve análisis sobre los descriptivos de los constructos identificados y el grado en que todos ellos estaban correlacionados, para finalizar con la comprobación del ajuste del modelo estructural.

10.2. Análisis de correlación y descriptivos

La Tabla 11 presenta los coeficientes de correlación r entre las variables del estudio, al tiempo que recoge la media y desviación típica de las puntuaciones, así como los valores de la escala de medida para cada una de ellas.

Analizando los datos recogidos podemos afirmar que, en términos generales, las variables de coordinación explícita (CE) estuvieron más fuertemente asociadas entre sí

que las variables de coordinación implícita (CI), obteniendo correlaciones mayores con ellas mismas ($r = 0.678$) que con las variables de coordinación implícita, lo que *a priori* resulta lógico y coherente con el modelo teórico planteado. Sin embargo, esto no ocurre con las variables de coordinación implícita, ya que ambas presentan correlaciones algo mayores con la variable de coordinación explícita *comunicación* que entre ellas mismas, si bien es cierto que todos los valores de correlación entre las variables de coordinación tanto explícita como implícita son superiores a .30, lo que pone de manifiesto la interrelación empírica existente entre los dos constructos de coordinación.

Tabla 11. Correlaciones, puntuaciones medias y desviaciones típicas entre las variables del estudio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. CE Comunicación	1.000							
2. CE Planificación	0.678	1.000						
3. CI Ajuste Dinámico	0.310	0.421	1.000					
4. CI Anticipación	0.318	0.587	0.419	1.000				
5. Conducta creativa	0.160	0.208	0.036	0.115	1.000			
6. Experiencia de la tripulación	0.199	0.117	0.037	0.323	-0.119	1.000		
7. Resultados	0.014	0.142	-0.008	0.203	-0.201	-0.033	1.000	
8. Confianza	0.070	0.151	0.011	0.194	0.265	0.105	0.186	1.000
Media	4.066	4.006	3.929	3.65	1.687	5.31	2.562	3.906
Desviación Típica	0.843	0.921	0.802	0.869	0.704	3.516	1.031	0.651
Escala de Medida	1 - 5	1 - 5	1 - 5	1 - 5	1 - 3	1 - 10	0 - 3	1 - 5⁸⁹

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del análisis algoritmo PLS con SmartPLS 3 (Ringle, Wende y Becker, 2015).

En cuanto a la variable *conducta creativa*, presenta valores de correlación débiles, algo similar a lo que ocurre respecto a la variable de *confianza* entre los miembros de la tripulación (ambas con valores inferiores a .30). Del análisis de los datos llama especialmente la atención la correlación entre estas dos variables. La variable que muestra una correlación mayor con la de *conducta creativa* es la de *confianza* ($r = .265$). No olvidemos que el constructo de *confianza* en los compañeros tiene un peso fundamental a la hora de aportar sin tapujos soluciones creativas para la resolución de un problema en cualquier equipo de trabajo. Sin embargo, las bajas puntuaciones que arroja el análisis para muchas de las variables en su relación tanto con la *conducta creativa* como con los *resultados*, podrían estar apuntando hacia un bajo

⁸⁹ Incluye también una opción de respuesta “neutral” (0), para aquellos casos en que uno de los tripulantes considere que no conoce lo suficiente a alguno de sus compañeros en particular, como para poder decir en qué grado confía en él/ella.

cumplimiento de algunas de las hipótesis inicialmente planteadas.

Con el fin de conocer con mayor detalle la importancia que puede llegar a tener la generación de ideas *creativas* en la resolución exitosa de situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad, estos análisis de correlación fueron complementados con otros de tipo descriptivo.

Para ello, se hizo una revisión de la puntuación media y la desviación típica obtenidas por la muestra total para cada una de las variables (ver Tabla 11). Dichos análisis arrojaron interesante información sobre las mismas. Las puntuaciones medias correspondientes a las medidas de coordinación explícita (*comunicación y planificación*) presentaron valores, en una escala tipo Likert de 1 a 5, de 4.066 y 4.006, respectivamente. Dichos valores elevados ponen de manifiesto que las tripulaciones consideran haber realizado en gran medida, durante la misión de vuelo llevada a cabo en el simulador, acciones de coordinación explícita. Por otro lado, las puntuaciones medias obtenidas en las variables de coordinación implícita (*ajuste dinámico y anticipación*), con valores medios de 3.929 y 3.650, respectivamente, son algo más moderadas, aunque apuntan en la misma dirección, lo que nos lleva a concluir que las tripulaciones pusieron en práctica mecanismos y procesos tanto de coordinación explícita como de coordinación implícita durante la realización de los vuelos de simulación.

Las puntuaciones medias en la variable *conducta creativa* arrojaron un valor de 1.687, puntuación que se sitúa en la zona media de su escala de medida (que abarca de 0 a 3). Dichos valores son, *a priori*, lógicos con el planteamiento del presente estudio, ya que no debemos olvidar que la mitad de las tripulaciones formaron parte de la condición experimental de “alta peligrosidad”, mientras la otra mitad participaba en la condición de “baja peligrosidad”.

Las puntuaciones medias correspondientes a la variable *experiencia de la tripulación* (5.31 en una escala de 1 a 10) nos indican que nos encontramos con un grupo profesional de experiencia “media”, en el que, analizando los datos pormenorizadamente y atendiendo a la elevada desviación típica (3.516), encontramos una gran dispersión, con componentes de la muestra a los que podríamos calificar como de muy baja experiencia, mientras otros poseerían un gran bagaje profesional.

En cuanto a la variable *confianza*, las puntuaciones medias arrojadas son elevadas (3.906 en una escala con puntuaciones de 1 a 5), lo que demuestra la gran *confianza* que existe entre los miembros de las tripulaciones de vuelo, al menos en lo que respecta a aquellas tripulaciones que vuelan este tipo de aeronave (Canadair CL-215T y CL-415), que es lo que cabría esperar, ya que, particularmente en este tipo de misiones (como son las de extinción de incendios forestales) que conllevan un riesgo extra asociado, todos ellos deben creer firmemente en el buen hacer del resto de los componentes del equipo, pues son numerosas las situaciones en que su propia vida depende de la actuación en vuelo de un compañero.

Por último, la puntuación media de la variable *resultados* se sitúa en un valor elevado (2.562 en una escala de medida que va de 0 a 3), lo que implica que las situaciones de emergencia planteadas en el simulador de vuelo fueron resueltas en su mayoría con éxito. Habrá que esperar a posteriores análisis para ver si esta exitosa resolución de las mismas se encuentra en relación con los objetivos e hipótesis planteados en el presente trabajo.

10.3. Análisis de diferencias en función de la condición experimental

Con la intención de comprobar la variabilidad conjunta de los constructos planteados en función de la alta o baja peligrosidad de las emergencias aéreas, se llevó a cabo un análisis multivariante de la varianza (MANOVA). En este, se utilizó como variable independiente la condición experimental a la que cada uno de los participantes del estudio había sido asignado.

Interesaba saber si existían diferencias intergrupales significativas en función del grupo experimental, esto es, si los participantes pertenecientes al grupo de “alta peligrosidad” presentaban diferentes niveles que los pertenecientes al grupo “baja peligrosidad” respecto a las diferentes variables analizadas: *coordinación (explícita e implícita)*, *experiencia de la tripulación*, *confianza*, *conducta creativa*, *entrenamiento* y *resultados*.

En primer lugar, se analizó el efecto de la pertenencia a la condición experimental “baja peligrosidad” frente a la condición experimental “alta peligrosidad” sobre las VDs tomadas conjuntamente. Tal como se resume en la Tabla 12, los resultados del MANOVA confirmaron la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre los tripulantes de ambos grupos en el agregado de variables, con unos valores λ de Wilks = .629; $F(7, 40) = 12.50$; y $\eta^2 = .371$, significativo a un nivel de $p < .005$.

Cuando se analizaron las diferencias intergrupales para cada VD por separado, puede observarse que solamente la dimensión relativa a la *conducta creativa*, con $F(1, 46) = 12.234$ y $\eta^2 = .210$, alcanzó niveles de significación estadística de acuerdo al criterio ajustado de Bonferroni de $p < .007$ (.05/7 VDs). En cualquier caso, el tamaño del efecto del grupo de pertenencia sobre dichas variables fue relativamente bajo.

Mientras, el resto de variables no presentaron diferencias con grado de significación a la hora de comparar ambos grupos experimentales. No emergieron diferencias significativas entre los tripulantes de los dos grupos experimentales en las variables de *coordinación*, ni en la explícita (en las dimensiones *planificación* y *comunicación*), ni en la implícita (en las dimensiones *anticipación* y *ajuste dinámico*), ni tampoco en las dimensiones de *confianza* y *resultados*.

La Tabla 12 y la Figura 21 recogen las puntuaciones medias obtenidas por los tripulantes (pilotos y mecánicos de vuelo) que componen los dos grupos experimentales, esto es, el grupo que realizó la misión caracterizada por su “baja peligrosidad” y el grupo al que se le asignó la misión de “alta peligrosidad”. Ciñendo nuestro análisis a las dimensiones asociadas a diferencias estadísticamente significativas, puede concluirse que los tripulantes aéreos pertenecientes al grupo de “baja peligrosidad” exhibieron valores medios ligeramente más altos que sus iguales del grupo “alta peligrosidad” en las variables de *coordinación implícita (ajuste dinámico)* con $M = 3.986$ frente a $M = 3.972$; y *anticipación* con $M = 3.783$ frente a $M = 3.516$; *planificación* (perteneciente al constructo de *coordinación explícita*) con $M = 4.107$

Tabla 12. Resultados del MANOVA en función de la condición experimental.

VD	Baja peligrosidad	Alta Peligrosidad	Diferencias conjuntas			Diferencias individuales	
	Media (DT)	Media (DT)	λ de Wilks	F	η^2	F	η^2
			0.629	3.364**	0.371		
Confianza	3.917 (0.482)	3.896 (0.551)				0.019	0
CE Comunicación	4.430 (0.525)	4.458 (0.448)				0.039	0.001
CE Planificación	4.107 (0.646)	3.904 (0.439)				1.611	0.034
CI Ajuste Dinámico	3.986 (0.525)	3.972 (0.450)				0.010	0
CI Anticipación	3.783 (0.618)	3.516 (0.527)				2.585	0.053
Conducta creativa	1.380 (0.495)	2.000 (0.722)				12.234*	0.210
Resultado	2.880 (0.338)	2.250 (1.327)				5.000	0.098

* $p < .007$ (ajuste Bonferroni); ** $p < .005$.

Fuente: Elaboración propia.

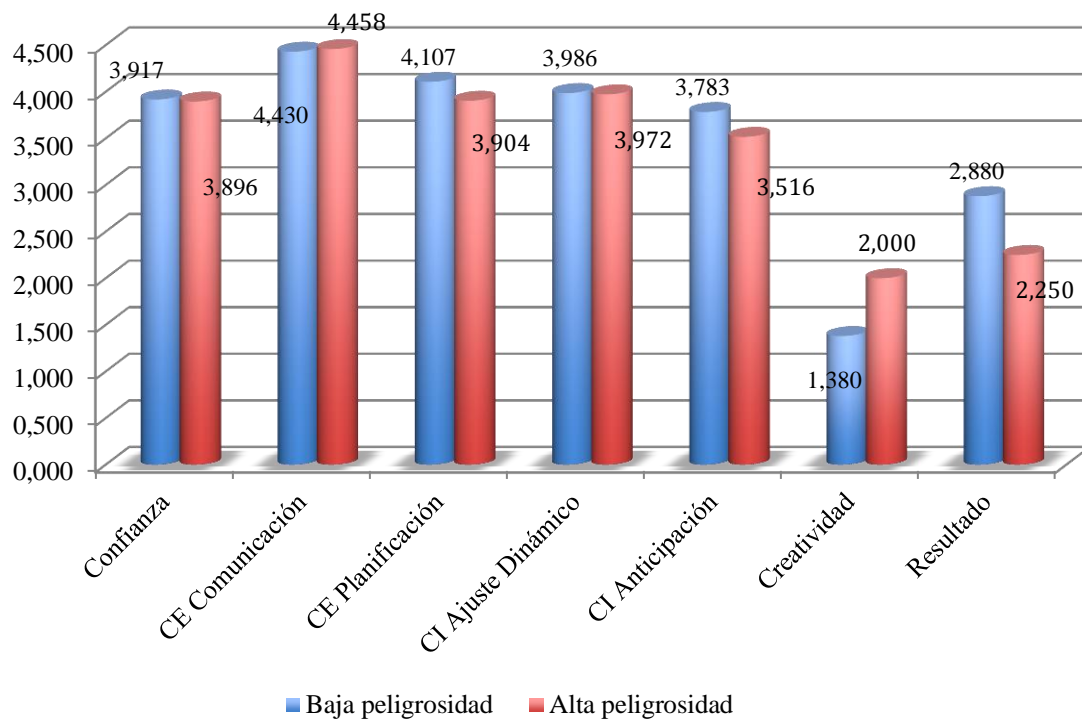


Figura 21. Diferencias intergrupales en las variables en función de la condición experimental.

Fuente: Elaboración propia.

frente a $M = 3.904$); *confianza* ($M = 3.917$ mayor que $M = 3.896$); y *resultados* ($M = 2.88$ frente a $M = 2.25$). Sin embargo, en las variables *conducta creativa* y *comunicación* (segundo de los componentes del constructo *coordinación extrínseca*) fueron los tripulantes aéreos pertenecientes al grupo de “alta peligrosidad” los que obtuvieron valores medios ligeramente más elevados, alcanzando para la variable *conducta creativa* $M = 2$ frente a $M = 1.38$; y para *comunicación* $M = 4.458$ frente a $M = 4.43$).

10.4. Análisis predictivos mediante PLS: evaluación del modelo estructural

Finalmente, partiendo de los resultados obtenidos por los análisis descritos en los apartados anteriores, se utilizó la técnica de modelado estructural PLS con el fin de comprobar el grado de cumplimiento de las hipótesis planteadas. En un primer momento, con la intención de obtener una idea general de la tendencia de las relaciones entre las variables del modelo, se aplicó dicha técnica a la muestra total, para posteriormente (ver apartado 10.5) realizar dicho análisis en cada una de las condiciones experimentales.

Inicialmente, se estudió la varianza explicada por el modelo, mediante el análisis de los índices R^2 de predictibilidad global y Q^2 . En primer lugar, observando los valores para el estadístico R^2 , extraídos a partir del *algoritmo PLS* como muestra la Tabla 9 y trasladados a la Tabla 13, puede verse que todos aquellos pertenecientes a las variables endógenas del estudio resultaron ser superiores al umbral aceptable de .10, explicando de este modo entre el 10.6% y el 50.5% de las varianzas.

Tabla 13. Valores que alcanzan los estadísticos R^2 y Q^2 para las diferentes variables endógenas.

	R^2	Q^2
CE Comunicación	0.505	0.188
CE Planificación	0.106	0.025
CI Ajuste Dinámico	0.244	0.055
CI Anticipación	0.410	0.137
Conducta creativa	0.117	-0.044
Resultados	0.044	-0.001

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, analizando los estadísticos Q^2 que nos proporciona la realización de la técnica *jackknife* (a partir de la herramienta *blindfolding* de SmartPLS 2) para todas las variables latentes endógenas (ver Tabla 13), encontramos que los valores arrojados por las diferentes variables no superaron el valor aceptable de .20. Si bien es cierto que autores menos estrictos recomiendan simplemente que estos valores sean positivos, eso sí, cuanto más elevados mejor (Chin, 1998b). En cualquier caso, el modelo funciona relativamente bien para explicar los constructos de *coordinación*, pero no para los de *conducta creativa* y *resultados*. Esto puede deberse a que el análisis hasta aquí presentado se ha realizado con la muestra total, no por condiciones experimentales, y por tanto se están mezclando variables.

Seguidamente, y con la intención de conocer los efectos directos entre variables latentes, se realizó de nuevo el procedimiento de *bootstrapping* con 200 submuestras, que confirmó los efectos directos. Una vez integrados con los efectos totales entre las variables latentes del modelo se presentan todos ellos en la Tabla 14, que proporciona una visión global de cara a la interpretación posterior de todos los resultados una vez se hayan realizado los análisis de las diferentes condiciones experimentales.

Presentados los efectos entre las variables latentes, la Figura 22 permite la observación, de forma gráfica, de las relaciones entre variables que alcanzan nivel de significación. Llegados a este punto, es importante señalar que la variable *conducta creativa*, que juega un papel central en el presente trabajo, recibe influencia directa con nivel de significación de las variables *confianza*, *experiencia* de la tripulación y *planificación*. Los análisis posteriores proporcionarán el grado de estas relaciones entre variables, así como su signo positivo o negativo.

Tabla 14. Efectos directos y totales del modelo.

Hipótesis	Variables	Efectos directos				Efectos totales			
		Coefficiente estandarizado	Valor medio de la muestra	Desviación típica	t Student	Coefficiente estandarizado	Valor medio de la muestra	Desviación típica	t Student
H1-H2	Conducta creativa → Resultado	-0.208***	-0.210	0.033	6.324	-0.208***	-0.210	0.033	6.324
H3a-H3b	Experiencia → Conducta creativa	-0.147**	-0.138	0.056	2.611	-0.094 (ns)	-0.088	0.056	1.698
H3c	Experiencia → CE Comunicación	0.168***	0.161	0.042	4.009	0.146**	0.150	0.050	2.930
H3c	Experiencia → CE Planificación	0.053 (ns)	0.061	0.049	1.084	0.053 (ns)	0.061	0.049	1.084
H3d	Experiencia → CI Ajuste Dinámico	-0.086 (ns)	-0.083	0.089	0.961	0.013 (ns)	0.017	0.086	0.150
H3d	Experiencia → CI Anticipación	0.268***	0.269	0.050	5.385	0.299***	0.304	0.065	4.587
	Experiencia → Resultado					-0.385 (ns)	-0.042	0.079	0.489
H4a	Confianza → Conducta creativa	-0.203**	-0.204	0.063	3.202	-0.126*	-0.132	0.063	1.993
H4b	Confianza → CE Comunicación	0.040 (ns)	0.041	0.034	1.166	0.268***	0.265	0.045	5.943
H4b	Confianza → CE Planificación	0.311***	0.301	0.063	4.954	0.311***	0.301	0.063	4.954
H4c	Confianza → CI Ajuste Dinámico	0.195**	0.193	0.072	2.710	0.287***	0.280	0.067	4.298
H4c	Confianza → CI Anticipación	-0.05 (ns)	-0.059	0.052	0.950	0.127 (ns)	0.113	0.074	1.723
	Confianza → Resultado					0.026*	0.027	0.013	2.003
H5a	CE Comunicación → Conducta creativa	0.122 (ns)	0.127	0.075	1.631	0.122 (ns)	0.127	0.075	1.631
H5a	CE Planificación → Conducta creativa	0.192*	0.184	0.084	2.285	0.289***	0.290	0.049	5.909
H5b	CI Ajuste Dinámico → Conducta creativa	-0.093 (ns)	-0.094	0.092	1.002	-0.081 (ns)	-0.080	0.089	0.906
H5b	CI Anticipación → Conducta creativa	0.088 (ns)	0.092	0.061	1.433	0.038 (ns)	0.044	0.060	0.638
	CE Comunicación → Resultado					-0.025 (ns)	-0.027	0.018	1.427
	CE Planificación → Resultado					-0.060***	-0.061	0.012	4.987
	CI Ajuste Dinámico → Resultado					0.017 (ns)	0.016	0.019	0.866
	CI Anticipación → Resultado					-0.008 (ns)	-0.009	0.013	0.625

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (ns) p no significativo; (199 grados de libertad).

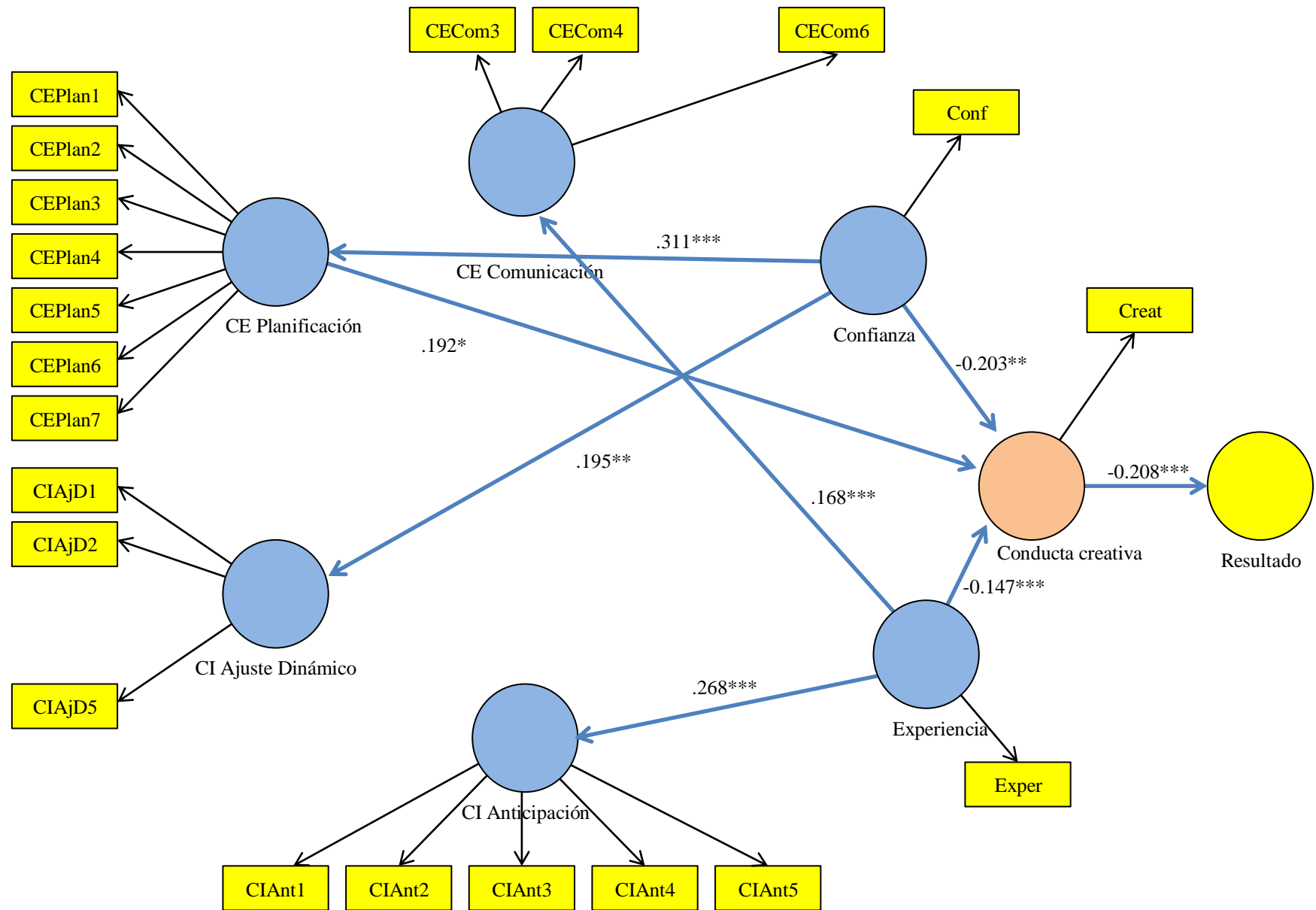
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Efectos indirectos del modelo.

					Efectos indirectos			
Hipótesis	Variables				Coefficiente estandarizado	Desviación típica	t Student	
H3e	Experiencia	→	Cond. creativa	→	Resultado	.024 (ns)	.025	1.232
H4d	Confianza	→	Cond. creativa	→	Resultado	.039 (ns)	.024	1.734
H5c	CE Comunicación	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.027 (ns)	.031	-0.814
H5c	CE Planificación	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.038 (ns)	.034	-1.184
H5c	CI Ajuste Dinámico	→	Cond. creativa	→	Resultado	.015 (ns)	.041	.475
H5c	CI Anticipación	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.016 (ns)	.031	-0.592

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (ns) p no significativo; (199 grados de libertad).

Fuente: Elaboración propia.



* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (199 grados de libertad).

Figura 22. Representación gráfica de las relaciones con grado de significación entre variables.

Fuente: Elaboración propia utilizando SmartPLS 3 (Ringle, Wende y Becker, 2015).

10.5. Análisis predictivos con PLS de las diferentes condiciones experimentales

Una vez analizados los datos correspondientes a la totalidad de la muestra, y puesto de manifiesto que se cuenta con un modelo de medida robusto, que cumple con los criterios de fiabilidad y validez, se hizo uso, de nuevo, de la técnica de modelado estructural PLS, a través del paquete informático estadístico SmartPLS 2 (Ringle et al., 2005), para realizar la evaluación estructural del modelo de investigación. Este proceso se llevó a cabo partiendo de los datos proporcionados por cada una de las condiciones experimentales planteadas en la investigación: situación de “baja peligrosidad” y situación de “alta peligrosidad”, cuyas características fueron descritas con detalle en el capítulo 7⁹⁰. Con dicho análisis se pretende facilitar las comparaciones pertinentes entre los diferentes grupos experimentales y analizar el grado de certeza de las hipótesis planteadas al respecto. A continuación, se describen los pasos metodológicos realizados para cada una de las condiciones experimentales descritas.

10.5.1. Condición experimental “baja peligrosidad”

Siguiendo el mismo procedimiento utilizado anteriormente, con el fin de comprobar el ajuste del modelo estructural, se estudió, inicialmente, la varianza explicada por el modelo mediante el análisis de los índices R^2 y Q^2 . El índice de predictibilidad global R^2 (ver Tabla 16) arroja valores pertenecientes a las variables endógenas del estudio que se sitúan por encima del umbral mínimo de .10, en alguno de los casos muy por encima, como es el caso de la variable *comunicación* (72.7%). De este modo, los datos explican, para la condición experimental “baja peligrosidad”, entre el 22.8% (*planificación*) y el 72.7% (*comunicación*) de las varianzas.

Seguidamente, se analizaron los estadísticos Q^2 arrojados gracias a la técnica *jackknife* (procedimiento *blindfolding* en SmartPLS 2) para las variables latentes endógenas. Los resultados, que aparecen expuestos en la Tabla 16, presentan valores, en este caso, realmente heterogéneos. Mientras las variables *comunicación* (perteneciente al constructo de coordinación explícita [CE]) y *resultados* poseen valores superiores al umbral aceptable de .20, no ocurre lo mismo con la otra variable de coordinación

⁹⁰ Ver apartados 7.3. *Condición experimental: grado de peligrosidad*, y 8.1.1. *Grado de peligrosidad*.

explícita, esto es, *planificación* (.048), ni con las dos variables correspondientes al constructo de coordinación implícita (CI), *anticipación* (.129) y *ajuste dinámico* (.042) ni tampoco con la de *conducta creativa* (.065), todas ellas con valores situados por debajo del mínimo establecido. No obstante, tal y como se mencionó anteriormente, autores menos estrictos dan por válidos estos valores siempre que sean positivos (Chin, 1998b). De este modo, con valores Q^2 positivos, y teniendo en cuenta que las puntuaciones correspondientes al índice de predictibilidad global R^2 están situadas todas ellas dentro de los márgenes adecuados, se puede considerar que el modelo funciona relativamente bien, fundamentalmente a la hora de explicar la variable *resultados*, por lo que la relevancia predictiva del modelo en la condición de “baja peligrosidad” es buena, o lo que es lo mismo, el modelo funciona de forma adecuada para explicar los resultados en situaciones de emergencia de “baja peligrosidad”.

Tabla 16. Valores que alcanzan los estadísticos R^2 y Q^2 para la condición experimental “baja peligrosidad”.

	R^2	Q^2
CE Comunicación	0.727	0.334
CE Planificación	0.228	0.048
CI Ajuste Dinámico	0.370	0.042
CI Anticipación	0.394	0.129
Conducta creativa	0.389	0.065
Resultados	0.240	0.229

Fuente: Elaboración propia.

Avanzando en la evaluación del modelo estructural para esta condición experimental concreta, se llevó a cabo el procedimiento de *bootstrapping* con 200 submuestras, con el objetivo de conocer tanto los efectos directos como los efectos indirectos entre variables latentes. Para una más fácil lectura los datos resultantes han sido integrados todos ellos en dos tablas. La primera de ellas incluye los efectos directos y totales (Tabla 17) y la segunda recoge los efectos indirectos que se producen entre las variables (Tabla 18).

La Figura 23 muestra gráficamente las relaciones entre variables para la condición experimental de “baja peligrosidad” cuyos valores están por encima del nivel de significación.

Tabla 17. Efectos directos y totales del modelo para la condición experimental “baja peligrosidad”.

Hipótesis	Variables		Efectos directos				Efectos totales				
			Coefficiente estandarizado	Valor medio de la muestra	Desviación típica	t Student	Coefficiente estandarizado	Valor medio de la muestra	Desviación típica	t Student	
H2	Conducta creativa	→	Resultado	-0.497***	-0.503	0.047	10.691	-0.497***	-0.503	0.047	10.691
H3b	Experiencia	→	Conducta creativa	-0.282***	-0.284	0.052	5.403	-0.256***	-0.255	0.060	4.302
H3c	Experiencia	→	CE Comunicación	0.301***	0.302	0.032	9.290	0.227***	0.236	0.061	3.694
H3c	Experiencia	→	CE Planificación	-0.052 (ns)	-0.043	0.055	0.951	-0.052 (ns)	-0.043	0.055	0.951
H3d	Experiencia	→	CI Ajuste Dinámico	0.100*	0.108	0.042	2.379	0.108*	0.119	0.054	1.989
H3d	Experiencia	→	CI Anticipación	0.113*	0.113	0.055	2.061	0.087 (ns)	0.091	0.070	1.255
	Experiencia	→	Resultado					0.082***	0.078	0.024	3.441
H4a	Confianza	→	Conducta creativa	0.155**	0.160	0.048	3.234	0.365***	0.362	0.046	7.934
H4b	Confianza	→	CE Comunicación	-0.062*	-0.064	0.026	2.423	0.278***	0.268	0.052	5.345
H4b	Confianza	→	CE Planificación	0.483***	0.473	0.045	10.801	0.483***	0.473	0.045	10.801
H4c	Confianza	→	CI Ajuste Dinámico	-0.006 (ns)	-0.002	0.061	0.101	0.299***	0.295	0.063	4.759
H4c	Confianza	→	CI Anticipación	0.192***	0.183	0.047	4.120	0.430***	0.417	0.055	7.887
	Confianza	→	Resultado					-0.181***	-0.181	0.026	6.989
H5a	CE Comunicación	→	Conducta creativa	0.248*	0.251	0.103	2.418	0.248*	0.251	0.103	2.418
H5a	CE Planificación	→	Conducta creativa	0.303**	0.300	0.109	2.791	0.453***	0.451	0.038	12.098
H5b	CI Ajuste Dinámico	→	Conducta creativa	-0.281***	-0.280	0.055	5.114	-0.275***	-0.274	0.059	4.699
H5b	CI Anticipación	→	Conducta creativa	0.180**	0.178	0.055	3.273	0.021 (ns)	0.020	0.049	0.424
	CE Comunicación	→	Resultado					-0.123**	-0.124	0.047	2.625
	CE Planificación	→	Resultado					-0.225***	-0.227	0.026	8.802
	CI Ajuste Dinámico	→	Resultado					0.137***	0.139	0.036	3.777
	CI Anticipación	→	Resultado					-0.010 (ns)	-0.009	0.024	0.421

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (ns) p no significativo; (199 grados de libertad).

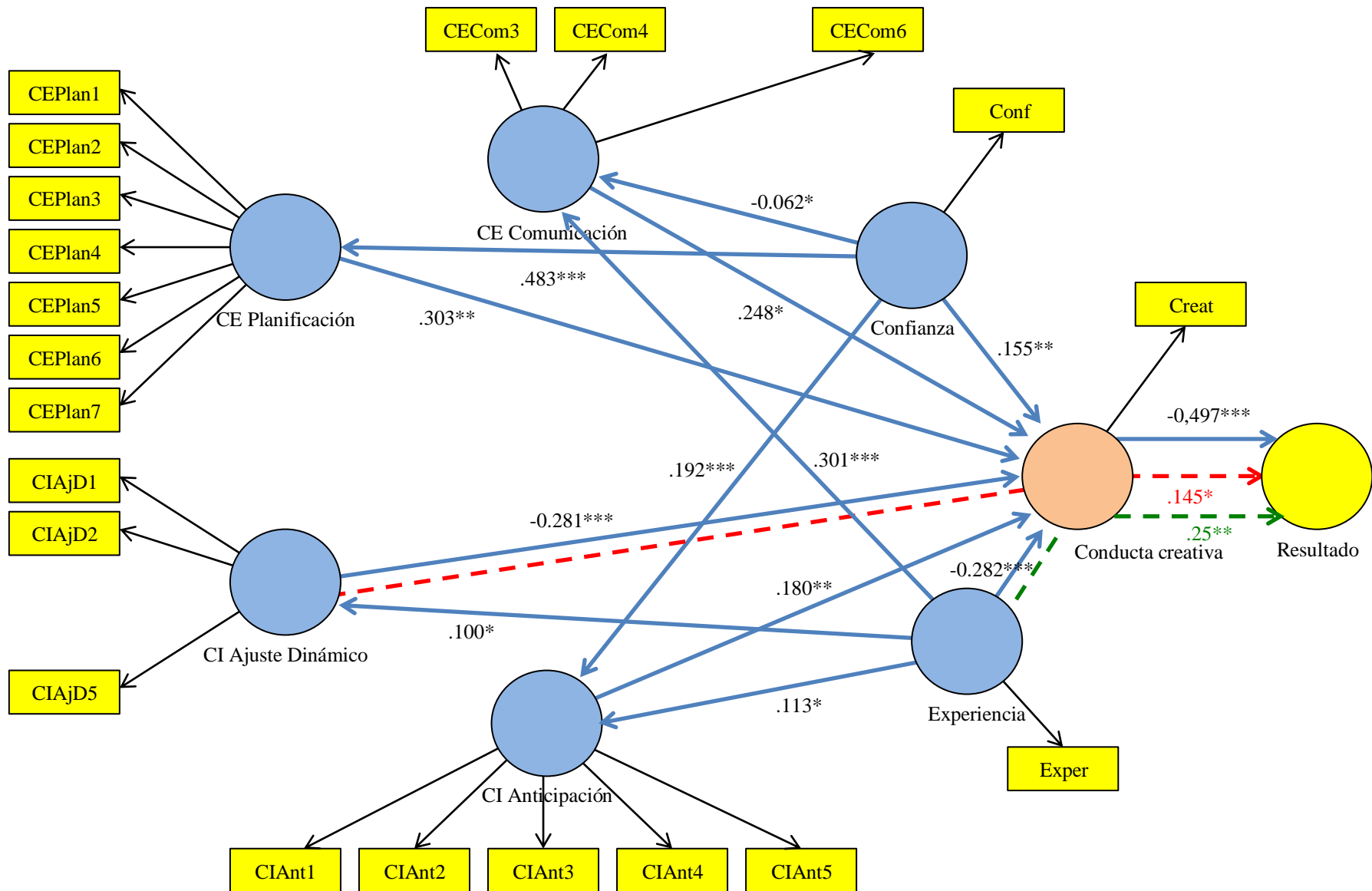
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Efectos indirectos para la condición experimental “baja peligrosidad”.

					Efectos indirectos			
Hipótesis	Variables				Coefficiente estandarizado	Desviación típica	t Student	
H3e	Experiencia	→	Cond. creativa	→	Resultado	0.025**	0.050	2.778
H4d	Confianza	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.075 (<i>ns</i>)	0.040	-1.954
H5c	CE Comunicación	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.122 (<i>ns</i>)	0.080	-8.712
H5c	CE Planificación	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.162 (<i>ns</i>)	0.109	-1.382
H5c	CI Ajuste Dinámico	→	Cond. creativa	→	Resultado	0.145*	0.061	2.290
H5c	CI Anticipación	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.088 (<i>ns</i>)	0.052	-1.719

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (*ns*) p no significativo; (199 grados de libertad).

Fuente: Elaboración propia.



* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (ns) p no significativo; (199 grados de libertad).

Figura 23. Representación gráfica de las relaciones directas (en color azul) e indirectas (en colores rojo y verde) con grado de significación entre variables para la condición experimental “baja peligrosidad”.

Fuente: Elaboración propia utilizando SmartPLS 3 (Ringle, Wende y Becker, 2015).

10.5.2. Condición experimental “alta peligrosidad”

Del mismo modo descrito en el apartado anterior para el grupo experimental de “baja peligrosidad”, se puso a prueba el ajuste del modelo estructural en la condición experimental de “alta peligrosidad”. Para ello, y siguiendo el procedimiento ya expuesto anteriormente, estudiamos la varianza explicada por el modelo, realizando el análisis de los índices R^2 y Q^2 . Los resultados arrojados por el índice de predictibilidad global R^2 , que pueden observarse en la Tabla 19, presentan, para las variables endógenas del modelo, unos valores superiores al umbral mínimo de .10, exceptuando de nuevo el que corresponde a la variable de *planificación* (perteneciente a coordinación explícita), que presenta un .083, así como el valor correspondiente a la variable *resultados* (.042). El resto de los datos explican desde el 36.5% (*conducta creativa*) al 56.4% (*ajuste dinámico*) de las varianzas.

Igual que se hizo para la anterior condición experimental, analizando el estadístico Q^2 para esta condición experimental de “alta peligrosidad”, tras realizar el procedimiento *blindfolding (jacknife)* con SmartPLS 2, se obtienen los resultados que se presentan en la Tabla 19. Para las variables latentes endógenas, los valores no resultan adecuados para el cumplimiento de los objetivos planteados. Como puede observarse, ninguna de las variables presenta valores por encima del umbral mínimo aceptable de .20. Sin embargo, del mismo modo que se defendió para la condición experimental de “baja peligrosidad”, hay autores que consideran adecuados estos valores siempre que sean positivos, si bien es cierto que cuanto más elevados mejor (Chin, 1998b). A pesar de que no todos los valores Q^2 son positivos, es cierto que los valores correspondientes al índice de predictibilidad global R^2 si están todos dentro de los márgenes recomendados, por lo que podemos considerar que el modelo funciona fundamentalmente a la hora de explicar las variables principales del modelo, esto es, *conducta creativa* y *resultados*, que presentan valores Q^2 positivos. De este modo, el modelo funcionaría de forma adecuada para explicar los resultados en las situaciones de alta peligrosidad, o lo que es lo mismo, la relevancia predictiva del modelo en la condición de alta peligrosidad sería buena. Si bien es cierto, que el modelo tendría una mayor relevancia predictiva para la condición de baja peligrosidad.

Tabla 19. Valores que alcanzan los estadísticos R^2 y Q^2 para la condición experimental “alta peligrosidad”.

	R^2	Q^2
CE Comunicación	0.474	-0.055
CE Planificación	0.083	-0.025
CI Ajuste Dinámico	0.564	-0.012
CI Anticipación	0.472	0.083
Conducta creativa	0.365	0.178
Resultados	0.042	0.088

Fuente: Elaboración propia.

Al objeto de conocer los efectos directos, así como los efectos totales entre variables latentes, de forma concreta para la condición experimental de “alta peligrosidad”, el procedimiento de *bootstrapping* con 200 submuestras proporcionó los datos que se presentan integrados en la Tabla 20. De igual modo, los efectos indirectos entre variables que se producen para esta condición experimental aparecen reflejados en la Tabla 21.

La Figura 24 muestra gráficamente las relaciones entre variables para la condición experimental de “alta peligrosidad”, cuyos valores t de Student se encuentran por encima del nivel de significación.

Tabla 20. Efectos directos y totales del modelo para la condición experimental “alta peligrosidad”.

Hipótesis	Variables	Efectos directos				Efectos totales			
		Coefficiente estandarizado	Valor medio de la muestra	Desviación típica	t Student	Coefficiente estandarizado	Valor medio de la muestra	Desviación típica	t Student
H1	Conducta creativa → Resultado	0.031 (ns)	0.029	0.028	1.091	0.031 (ns)	0.029	0.028	1.091
H3a	Experiencia → Conducta creativa	0.232***	0.237	0.043	5.422	0.257***	0.259	0.037	6.986
H3c	Experiencia → CE Comunicación	-0.014 (ns)	-0.013	0.051	0.272	0.095 (ns)	0.093	0.062	1.525
H3c	Experiencia → CE Planificación	0.113 (ns)	0.115	0.067	1.690	0.113 (ns)	0.115	0.067	1.690
H3d	Experiencia → CI Ajuste Dinámico	-0.134**	-0.136	0.055	2.441	0.079 (ns)	0.078	0.059	1.343
H3d	Experiencia → CI Anticipación	0.320***	0.320	0.038	8.515	0.387***	0.389	0.038	10.232
	Experiencia → Resultado					-0.199***	-0.196	0.054	3.680
H4a	Confianza → Conducta creativa	-0.488***	-0.491	0.067	7.290	-0.493***	-0.488	0.051	9.584
H4b	Confianza → CE Comunicación	0.114 (ns)	0.110	0.084	1.358	0.311***	0.315	0.045	6.987
H4b	Confianza → CE Planificación	0.241**	0.250	0.081	2.983	0.241**	0.250	0.081	2.983
H4c	Confianza → CI Ajuste Dinámico	0.759***	0.759	0.036	21.244	0.525***	0.523	0.038	13.693
H4c	Confianza → CI Anticipación	-0.304***	-0.305	0.055	5.485	-0.161**	-0.154	0.053	3.011
	Confianza → Resultado					-0.015 (ns)	-0.014	0.013	1.135
H5a	CE Comunicación → Conducta creativa	0.015 (ns)	0.015	0.087	0.173	0.015 (ns)	0.015	0.087	0.173
H5a	CE Planificación → Conducta creativa	0.298***	0.300	0.087	3.405	0.324***	0.324	0.067	4.803
H5b	CI Ajuste Dinámico → Conducta creativa	-0.153 (ns)	-0.146	0.086	1.782	-0.151 (ns)	-0.143	0.082	1.834
H5b	CI Anticipación → Conducta creativa	0.005 (ns)	-0.000	0.072	0.073	-0.098 (ns)	-0.096	0.056	1.742
	CE Comunicación → Resultado					0.001 (ns)	-0.000	0.003	0.133
	CE Planificación → Resultado					0.010 (ns)	0.010	0.010	0.966
	CI Ajuste Dinámico → Resultado					-0.005 (ns)	-0.004	0.005	0.952
	CI Anticipación → Resultado					-0.003 (ns)	-0.002	0.003	1.019

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (ns) p no significativo; (199 grados de libertad).

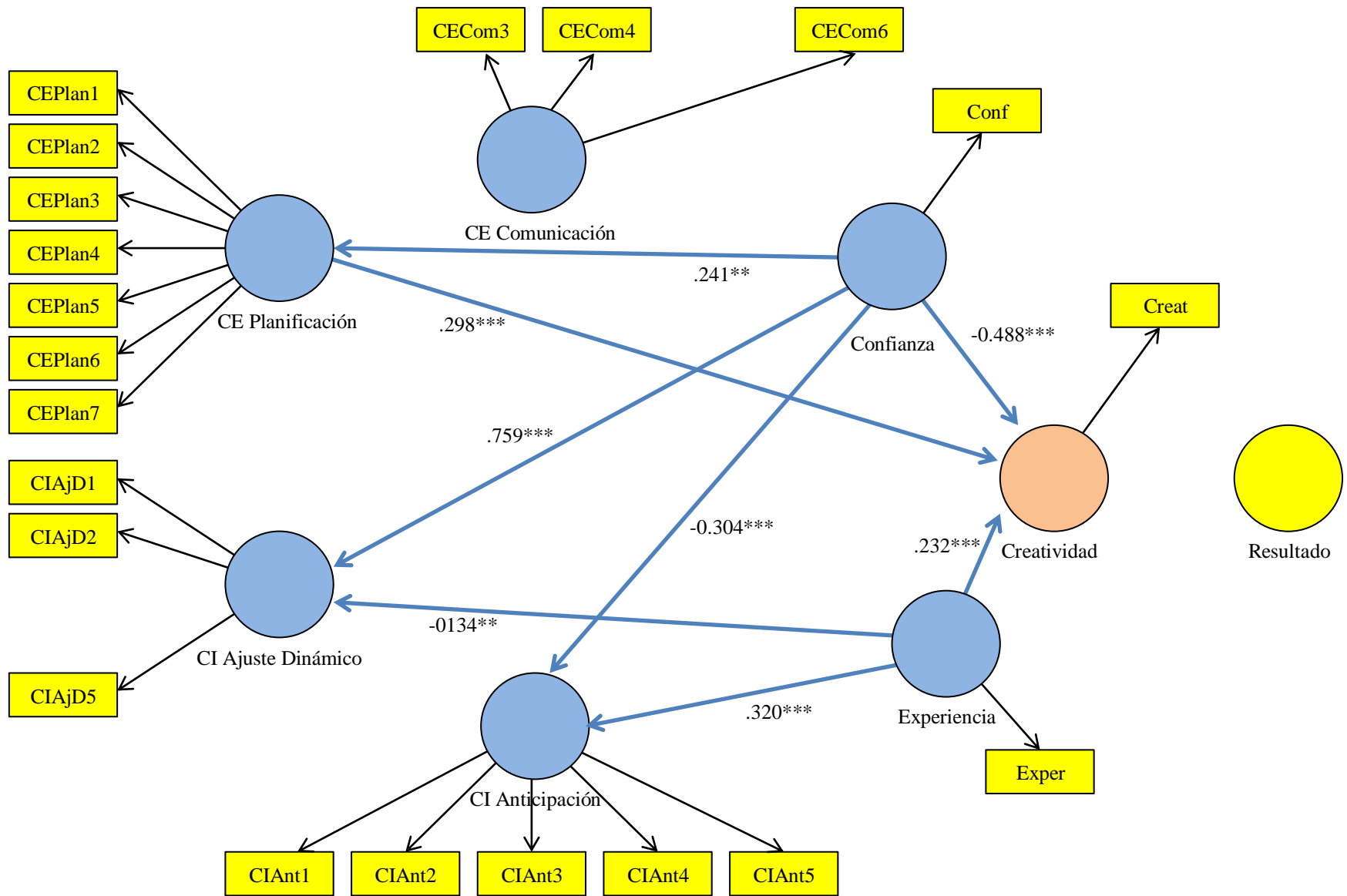
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Efectos indirectos para la condición experimental “alta peligrosidad”.

					Efectos indirectos			
Hipótesis	Variables				Coefficiente estandarizado	Desviación típica	t Student	
H3e	Experiencia	→	Cond. creativa	→	Resultado	0.006 (ns)	0.017	0.429
H4d	Confianza	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.013 (ns)	0.031	-0.492
H5c	CE Comunicación	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.002 (ns)	0.011	0.043
H5c	CE Planificación	→	Cond. creativa	→	Resultado	0.009 (ns)	0.020	0.455
H5c	CI Ajuste Dinámico	→	Cond. creativa	→	Resultado	-0.006 (ns)	0.150	-0.323
H5c	CI Anticipación	→	Cond. creativa	→	Resultado	0.003 (ns)	0.011	0.105

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (ns) p no significativo; (199 grados de libertad).

Fuente: Elaboración propia.



* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; (ns) p no significativo; (199 grados de libertad).

Figura 24. Representación gráfica de las relaciones con grado de significación entre variables para la condición experimental “alta peligrosidad”.

Fuente: Elaboración propia utilizando SmartPLS 3 (Ringle, Wende y Becker, 2015).

10.6. Análisis de resultados: hipótesis 1 a 5

Del análisis de los datos presentados en las Tablas 14, 15, 17, 18, 20 y 21, que recogen los efectos directos, indirectos y totales de las variables del estudio, tanto de forma global como para las dos condiciones experimentales respectivamente (“baja peligrosidad” y “alta peligrosidad”), se extraen y presentan a continuación los diferentes efectos significativos que resultan de interés para el estudio del grado de cumplimiento de los objetivos e hipótesis planteados en la presente tesis doctoral.

En primer lugar, se observa para la condición experimental “alta peligrosidad” (Tabla 20) un efecto directo ligeramente positivo de la variable *conducta creativa* sobre el *resultado*. Dicha relación presenta un coeficiente estandarizado de regresión Beta (β) de .031, lo que supone una influencia de baja intensidad. A pesar de que estos resultados irían en la dirección de confirmar la Hipótesis 1, de modo que la aparición de *conductas creativas* frente a una emergencia aérea con alto grado de peligrosidad influiría positiva y directamente sobre el *resultado*, es cierto que, como puede verse en la Figura 24, los valores t de Student para dicha relación no alcanzan niveles de significación, por lo que no podríamos, con los datos de que disponemos, confirmar la misma, quedando a la espera de posteriores estudios.

En lo que respecta a la segunda de las hipótesis del presente estudio, se produce un efecto directo negativo de la variable *conducta creativa* sobre el *resultado* en aquellos casos en que la peligrosidad es baja (Tabla 17). El valor alcanzado para el coeficiente estandarizado de regresión β (-0.497), nos permite confirmar plenamente la Hipótesis 2 y afirmar que en situaciones de emergencia aérea con bajo grado de peligrosidad, el desarrollo de *conductas creativas* influirá negativa y directamente sobre el *resultado*. En este caso, en línea con los resultados expuestos, el nivel de significación es realmente elevado ($t = 10.691$).

Seguidamente, y analizando los datos expuestos en la Tabla 20, la Hipótesis 3a queda confirmada, en base a las puntuaciones obtenidas por el coeficiente estandarizado de regresión que, para esta condición experimental, muestra como la *experiencia* de la tripulación tendría un efecto positivo directo ($\beta = .232$) sobre la *conducta creativa*,

acompañado de altos niveles de significación ($t = 5.422$), lo que nos llevaría a defender que la *experiencia* acumulada por la tripulación influirá positivamente sobre la generación de ideas *creativas* siempre que estemos ante una situación de emergencia aérea caracterizada por una alta peligrosidad.

Lo contrario ocurre cuando analizamos la influencia que presenta la *experiencia* de la tripulación respecto a la generación de ideas *creativas* a la hora de enfrentarse a situaciones de baja peligrosidad. En este caso, y en la línea que apuntaba la Hipótesis 3b, que queda de esta forma confirmada, la *experiencia* de la tripulación influye negativamente ($\beta = -0.282$) sobre la generación de ideas *creativas* a la hora de hacer frente a situaciones de baja peligrosidad (ver Tabla 17), presentando una significación estadística de $t = 5.403$.

La Hipótesis 3c defiende que la *experiencia* de la tripulación influiría, en cualquier situación, positiva y directamente sobre los procesos de coordinación explícita (*comunicación y planificación*) entre los miembros de la tripulación. Según los datos extraídos del estudio realizado (ver Tabla 14), esta hipótesis puede ser confirmada parcialmente, ya que los coeficientes de regresión alcanzan valores significativos y ligeramente positivos para la variable *comunicación* ($\beta = .168$), con grado de significación de $t = 4.009$, mientras para la variable *planificación*, a pesar de que el coeficiente de regresión Beta apunta en la misma dirección, el grado de significación no llega a alcanzar el umbral mínimo para poder considerar que dicho resultado apoya la relación hipotetizada. Adentrándonos en el análisis individualizado de los datos de las dos condiciones experimentales planteadas, tenemos que para la situación de “baja peligrosidad” (ver Tabla 17) los resultados son igualmente positivos para la variable *comunicación* ($\beta = .301$), con un grado de significación de $t = 9.290$, mientras para la variable *planificación* no alcanzan el grado de significación mínimo para poder considerarlos como definitivos. Respecto a la condición experimental de “alta peligrosidad” los datos referentes a ambas variables no alcanzan en ninguno de los dos casos significación estadística (ver Tabla 20). Los datos analizados predicen así que la *experiencia* de la tripulación influirá positiva y directamente sobre los procesos de coordinación explícita relacionados con la *comunicación* entre los miembros de la tripulación, en aquellas situaciones caracterizadas por una baja peligrosidad, a la espera de que posteriores investigaciones puedan confirmar si ocurre lo mismo con las

acciones de *planificación*, así como con aspectos relacionados con la *comunicación* y la *planificación* en situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad.

Del mismo modo, la Hipótesis 3d sólo puede ser confirmada parcialmente, debido fundamentalmente a la falta de significación ($t = .961$) que presentan los valores que hacen referencia a la relación existente de la *experiencia* de la tripulación sobre la variable de coordinación implícita *ajuste dinámico*. Respecto a la relación de la *experiencia* con la otra variable de coordinación implícita, esto es, la *anticipación*, los valores del coeficiente de regresión Beta ($\beta = .268$) sí poseen alta significación ($t = 5.385$) de modo que permiten esta confirmación parcial de la hipótesis (ver Tabla 14). Con estos datos, podríamos afirmar que la *experiencia* de la tripulación influye positiva y directamente sobre los procesos de coordinación implícita entre los miembros de la tripulación en aquellas acciones relacionadas con la *anticipación*, pero no en aquellas otras que guardan relación con aspectos de *ajuste dinámico*. Si bien es cierto que se produce una relación directa y positiva entre la *experiencia* de la tripulación y los dos constructos analizados de coordinación implícita (*anticipación* y *ajuste dinámico*) en aquellas situaciones caracterizadas por su baja peligrosidad (ver Tabla 17) con coeficientes estandarizados de regresión de $\beta = .100$ para la variable *ajuste dinámico* y $\beta = .113$ para la de *anticipación* (con valores de significación $t = 2.379$ y $t = 2.061$ respectivamente), no podemos decir lo mismo, con los datos disponibles, respecto a aquellas situaciones caracterizadas por su alta peligrosidad (ver Tabla 20), ya que a pesar de que los resultados alcanzan el grado de significación estadística necesario para ambas variables, sólo apuntan en la dirección hipotetizada para la variable *anticipación*. Es por ello por lo que la influencia hipotetizada se produciría siempre en aquellas situaciones caracterizadas por su baja peligrosidad, mientras en las que presentan un alto grado de peligro sólo se produciría la relación directa entre *experiencia* de la tripulación y coordinación implícita en aquellos aspectos relacionados con la *anticipación*.

La Hipótesis 3e hace referencia a la influencia positiva e indirecta de la *experiencia* de la tripulación sobre el *resultado*, por mediación total de la *conducta creativa*. Los valores que arroja el presente estudio, presentes en la Tabla 15, a pesar de apuntar levemente en la dirección hipotetizada con un coeficiente de regresión Beta ($\beta = .024$), no resultan significativos ($t = 1.232$). Si bien es cierto, que analizando los datos

de las dos situaciones experimentales planteadas de forma independiente tenemos que para la condición de “baja peligrosidad” (ver Tabla 18) los datos apoyan lo hipotetizado, es decir la influencia positiva e indirecta de la *experiencia* de la tripulación sobre el *resultado*, por mediación total de la *conducta creativa*, con un coeficiente de regresión Beta ($\beta = .025$) y un grado de significación ($t = 2.778$) que sustentarían la Hipótesis 3e. Sin embargo, si atendemos a los datos aportados en el presente estudio para la condición experimental de “alta peligrosidad” (ver Tabla 21) a pesar de apuntar en la dirección hipotetizada no alcanzan el grado de significación estadística necesario para que sean concluyentes, por lo que sería necesario esperar a estudios posteriores para su confirmación. Por lo tanto, y a la vista de los datos disponibles, podemos sostener que la *experiencia* de la tripulación influye parcialmente sobre el *resultado* por mediación de la generación de ideas *creativas*, dependiendo del grado de peligrosidad de la situación.

Atendiendo a los efectos atribuidos al *clima de confianza* entre los miembros de la tripulación sobre la generación de ideas *creativas*, los resultados, como muestra la Tabla 14, resultaron significativos ($t = 3.202$). Sin embargo, como puede apreciarse en la Figura 22, existe una influencia negativa de la primera de estas variables sobre la segunda ($\beta = -0.203$), de modo que, según los datos extraídos del estudio, un buen clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación predecirá, pero de forma negativa, la generación de ideas *creativas* para resolver situaciones de emergencia. Si analizamos de un modo pormenorizado el resto de datos arrojados por el estudio y presentes en las diferentes tablas, tenemos que la influencia hipotetizada sí se cumple para aquellas tripulaciones que se enfrentan a situaciones caracterizadas por su baja peligrosidad ($\beta = .155$ y $t = 3.234$), no ocurriendo lo mismo cuando las situaciones a las que deben hacer frente son de alta peligrosidad ($\beta = -0.488$ y $t = 7.290$), en las que la influencia de la *confianza* sobre la generación de ideas *creativas* sigue siendo negativa (ver Tabla 17 y Tabla 20 respectivamente). Según estos resultados, se puede concluir que la Hipótesis 4a se cumple parcialmente, debido a que en las situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad el *clima de confianza* entre los miembros del equipo influirá de un modo positivo sobre la generación de ideas *creativas* para la resolución de la emergencia.

La Hipótesis 4b también se confirma de forma parcial, debido a que sólo se alcanzan valores significativos (ver Tabla 14 y Figura 22) para la variable de

coordinación explícita *planificación* ($t = 4.954$), mientras que las puntuaciones para la variable *comunicación* (CE) quedan fuera de poder resultar significativas ($t = 1.166$). Con un coeficiente de regresión β de .311, tenemos de este modo que un buen *clima de confianza* entre los miembros de la tripulación influirá positiva y directamente sobre los procesos de coordinación explícita relacionados con aspectos de *planificación*, pero no con aquellos otros de *comunicación*, para los que, a pesar de apuntar en la misma dirección, deberíamos esperar a que se alcanzaran valores de significación. Al analizar de forma individualizada los datos de las tablas correspondientes a las diferentes condiciones experimentales (Tabla 17 y Tabla 20) puede observarse el mismo fenómeno, de modo que la relación hipotetizada entre las dos variables se cumple en todos los casos para la variable *planificación* con coeficientes de regresión β de .483 ($t = 10.801$) para el grupo experimental de baja peligrosidad y de .241 ($t = 2.983$) para el grupo experimental de alta peligrosidad, mientras en ninguno de los dos grupos la relación hipotetizada entre las dos variables se cumple para la variable *comunicación*. De modo que se puede afirmar que, según los resultados obtenidos, un buen clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación influirá parcialmente sobre los procesos de coordinación explícita entre los miembros de la misma, ya que habrá una influencia directa en los aspectos de *planificación*, pero no en aquellos relacionados con la *comunicación*, independientemente del grado de peligrosidad de la situación de emergencia a la que se enfrenten.

Por su parte, la Hipótesis 4c se confirma también parcialmente, debido a que los valores del coeficiente estandarizado β para la variable de coordinación implícita *anticipación* ni van en la dirección de lo hipotetizado, ni alcanzan el grado de significación necesario (ver Tabla 14). Sin embargo, en cuanto a la otra variable de la coordinación implícita, la de *ajuste dinámico*, tenemos que los valores del coeficiente de regresión son ligeramente positivos ($\beta = .195$) al tiempo que significativos ($t = 2.710$), lo que apoyaría la relación hipotetizada según la cual la existencia de un buen clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación influirá positiva y directamente sobre los procesos de coordinación implícita, siempre teniendo en cuenta que dicha relación sólo se cumple en aquellos procesos de coordinación implícita relacionados con el *ajuste dinámico*, dejando pendientes de confirmación, por la falta de significación, los que tienen que ver con la *anticipación*. Si atendemos a los datos aportados para cada una de las condiciones experimentales, tenemos que para la condición de “baja

peligrosidad” (ver Tabla 17) la existencia de un buen clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación influirá positiva y directamente sobre los procesos de coordinación implícita relacionados con la *anticipación* en dichas situaciones de emergencia aérea (con valores $\beta = .192$ y $t = 4.120$). Mientras en aquellas situaciones caracterizadas por su “alta peligrosidad” (ver Tabla 20) a pesar de que los datos que arroja el estudio alcanzan grado de significación estadístico para las dos variables pertenecientes al constructo de coordinación implícita ($t = 21.244$ para *ajuste dinámico* y $t = 5.485$ para *anticipación*), estos son contradictorios, presentando valores del coeficiente de regresión positivos ($\beta = .759$) para la variable *ajuste dinámico* y negativos para la de *anticipación* ($\beta = -.0304$). De modo que en el caso de situaciones caracterizadas por su alta peligrosidad la Hipótesis 4c se confirmaría parcialmente, esto es, solamente para la variable del constructo de coordinación implícita que hace referencia al *ajuste dinámico*.

Respecto a la Hipótesis 4d, que hipotetizaba la influencia positiva e indirecta de la existencia de un buen clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación sobre el *resultado*, por mediación total de la *conducta creativa*, no encontramos valores significativos asociados a un coeficiente de regresión ligeramente positivo ($\beta = .39$). Estos datos, recogidos en la Tabla 15, nos indican que con los datos disponibles no puede confirmarse dicha influencia entre la existencia de un clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación y el *resultado*. A esto se añade el hecho de que analizando las dos condiciones experimentales, alta y baja peligrosidad, de forma independiente (ver Tabla 18 y Tabla 21) los datos que arroja el estudio tampoco alcanzan el grado de significación necesario en ninguno de los dos casos. Es por ello, que mientras se espera la realización de nuevos análisis debemos descartar el cumplimiento de la Hipótesis 4d.

Por su parte, la posible influencia positiva de la coordinación explícita entre los miembros de la tripulación sobre la generación de ideas *creativas*, planteada en la Hipótesis 5a puede ser confirmada sólo parcialmente. Del análisis de los resultados obtenidos se extrae que el coeficiente de regresión no presenta valores significativos para la variable de coordinación explícita *comunicación* ($t = 1.631$), mientras que la variable *planificación* sí alcanza niveles de significación ($t = 2.285$), con una influencia directa de $\beta = .192$ (ver Tabla 14), de modo que los datos del estudio van en la línea de

lo postulado acerca de que los procesos de coordinación explícita entre los miembros de la tripulación influyen positiva y directamente sobre la *conducta creativa* en aquellos procesos de coordinación que abordan aspectos de *planificación*, sin poder aportar datos relevantes, hasta el momento, sobre los que guardan relación con la variable *comunicación*, que a pesar de apuntar en la dirección de lo hipotetizado no alcanzan el grado de significación necesario. Si ponemos nuestra atención en los datos correspondientes a la condición experimental de “baja peligrosidad” (ver Tabla 17) tenemos que el coeficiente de regresión presenta valores significativos para las dos variables pertenecientes al constructo de coordinación explícita ($t = 2.418$ para *comunicación* y $t = 2.791$ para *planificación*) con una influencia directa de $\beta = .248$ y $\beta = .303$ respectivamente, lo que apoyaría el cumplimiento de la Hipótesis 5a para ambas variables en situaciones de emergencia aérea poco peligrosas. Respecto a aquellas situaciones caracterizadas por su alta peligrosidad (ver Tabla 20), los datos avalan la influencia positiva hipotetizada para la variable *planificación* ($\beta = .298$ y $t = 3.405$) pero no para la variable *comunicación* que no alcanza la significación estadística necesaria a pesar de apuntar en la dirección hipotetizada.

Respecto a la influencia de la coordinación implícita (a partir de las variables *ajuste dinámico* y *anticipación*) entre los miembros de la tripulación sobre la generación de ideas *creativas*, postulada en la Hipótesis 5b, los resultados que arroja la presente investigación no son significativos (ver Tabla 14 y Figura 22). De los dos constructos que componen en el presente estudio la variable de coordinación implícita, los resultados son ligeramente positivos, es decir, apuntan en la dirección adecuada en lo referente a la *anticipación*, al tiempo que son ligeramente negativos cuando analizamos la variable referida al *ajuste dinámico*. A este hecho se añade el que en ninguno de los dos casos se alcanza la significación estadística necesaria, lo que nos emplaza a futuros estudios para conocer la influencia de los procesos de *coordinación implícita* sobre la generación de ideas *creativas* a la hora de afrontar con éxito las emergencias aéreas. Si nos detenemos en el análisis individualizado de las dos condiciones experimentales creadas para los fines de la investigación tenemos que para la condición experimental de “alta peligrosidad” (ver Tabla 20) los resultados obtenidos son los mismos que para la totalidad de la muestra descritos anteriormente, no existiendo significación estadística para resultados ligeramente positivos en la variable *anticipación* y ligeramente negativos en la variable *ajuste dinámico*. Sin embargo, analizando los datos referentes a

la condición de “baja peligrosidad” (ver Tabla 17) se observa que van en la dirección de lo hipotetizado en el caso de la variable *anticipación* ($\beta = .180$), alcanzando además el grado de significación estadística necesario ($t = 3.273$), no ocurriendo lo mismo para la variable *ajuste dinámico* en la que, a pesar de presentar significación estadística, los datos no apuntan en la dirección planteada en la Hipótesis 5b. Es por ello por lo que dicha hipótesis sólo podría confirmarse parcialmente.

En cuanto a la Hipótesis 5c, que plantea la influencia positiva e indirecta de los procesos de *coordinación* entre los miembros de la tripulación sobre el *resultado*, por mediación total de la *conducta creativa*, los valores presentados en la Tabla 15 para las dos variables de coordinación explícita y las dos variables de coordinación implícita no alcanzan en ninguno de los casos el nivel de significación necesario. Si analizamos los resultados obtenidos para las dos condiciones experimentales de forma individualizada, tenemos que tampoco existe significación estadística para la influencia hipotetizada de los procesos de *coordinación* sobre el *resultado* por mediación de la *conducta creativa* para ninguna de las cuatro variables (*comunicación* [CE], *planificación* [CE], *ajuste dinámico* [CI] y *anticipación* [CI]) en la condición experimental de “alta peligrosidad” (ver Tabla 21). Respecto a los datos extraídos de la condición de “baja peligrosidad” (ver Tabla 18) sólo la variable *ajuste dinámico* (perteneciente al constructo de coordinación implícita) alcanza el grado de significación estadística necesario ($t = 2.290$) al tiempo que apunta en la dirección hipotetizada ($\beta = .145$), quedando el resto de las variables fuera de los rangos de significación establecidos. Estos resultados nos llevan a aceptar el cumplimiento de la Hipótesis 5c de forma parcial, esto es, solamente para aquellos procesos de coordinación implícita que guardan relación con el *ajuste dinámico* en situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad. El resto de efectos indirectos no se cumplen en ninguna otra condición.

La Tabla 22 muestra de forma resumida la descripción anteriormente expuesta acerca del grado de cumplimiento de las diferentes hipótesis que componen el presente estudio.

Tabla 22. Relación del cumplimiento de las hipótesis planteadas en el estudio (de H1 a H5).

Hipótesis	Variables		Condición	Apunta en la dirección hipotetizada	Puede confirmarse con datos disponibles (alcanza grado de significación)	Cumple	
H1	Cond. creativa	→	Resultado	Alta peligrosidad	SI	NO	NO
H2	Cond. creativa	→	Resultado	Baja peligrosidad	SI	SI	SI
H3a	Experiencia	→	Cond. creativa	Alta peligrosidad	SI	SI	SI
H3b	Experiencia	→	Cond. creativa	Baja peligrosidad	SI	SI	SI
H3c	Experiencia	→	CE Comunicación	Todas	SI	SI	Parcialmente
	Experiencia	→	CE Planificación		SI	NO	
	Experiencia	→	CE Comunicación	Alta peligrosidad	NO	NO	NO
	Experiencia	→	CE Planificación		SI	NO	
	Experiencia	→	CE Comunicación	Baja peligrosidad	SI	SI	Parcialmente
	Experiencia	→	CE Planificación		NO	NO	
H3d	Experiencia	→	CI Ajuste Dinámico	Todas	NO	NO	Parcialmente
	Experiencia	→	CI Anticipación		SI	SI	
	Experiencia	→	CI Ajuste Dinámico	Alta peligrosidad	NO	SI	Parcialmente
	Experiencia	→	CI Anticipación		SI	SI	
	Experiencia	→	CI Ajuste Dinámico	Baja peligrosidad	SI	SI	SI
	Experiencia	→	CI Anticipación		SI	SI	
H3e	Experiencia	→	Cond. creativa → Resultado	Todas	SI	NO	Parcialmente
	Experiencia	→	Cond. creativa → Resultado	Alta peligrosidad	SI	SI	SI
	Experiencia	→	Cond. creativa → Resultado	Baja peligrosidad	SI	NO	NO
H4a	Confianza	→	Cond. creativa	Todas	NO	SI	Parcialmente
	Confianza	→	Cond. creativa	Alta peligrosidad	NO	SI	NO
	Confianza	→	Cond. creativa	Baja peligrosidad	SI	SI	SI
H4b	Confianza	→	CE Comunicación	Todas	SI	NO	Parcialmente
	Confianza	→	CE Planificación		SI	SI	

	Confianza	→	CE Comunicación		Alta peligrosidad	SI	NO	
	Confianza	→	CE Planificación			SI	SI	Parcialmente
	Confianza	→	CE Comunicación		Baja peligrosidad	NO	SI	
	Confianza	→	CE Planificación			SI	SI	Parcialmente
H4c	Confianza	→	CI Ajuste Dinámico		Todas	SI	SI	
	Confianza	→	CI Anticipación			NO	NO	Parcialmente
	Confianza	→	CI Ajuste Dinámico		Alta peligrosidad	SI	SI	
	Confianza	→	CI Anticipación			NO	SI	Parcialmente
	Confianza	→	CI Ajuste Dinámico		Baja peligrosidad	NO	SI	
	Confianza	→	CI Anticipación			SI	SI	Parcialmente
H4d	Confianza	→	Cond. creativa → Resultado		Todas	SI	NO	NO
	Confianza	→	Cond. creativa → Resultado		Alta peligrosidad	NO	NO	NO
	Confianza	→	Cond. creativa → Resultado		Baja peligrosidad	NO	NO	NO
H5a	CE Comunicación	→	Cond. creativa		Todas	SI	NO	
	CE Planificación	→	Cond. creativa			SI	SI	Parcialmente
	CE Comunicación	→	Cond. creativa		Alta peligrosidad	SI	NO	
	CE Planificación	→	Cond. creativa			SI	SI	Parcialmente
	CE Comunicación	→	Cond. creativa		Baja peligrosidad	SI	SI	
	CE Planificación	→	Cond. creativa			SI	SI	SI
H5b	CI Ajuste Dinámico	→	Cond. creativa		Todas	NO	NO	
	CI Anticipación	→	Cond. creativa			SI	NO	Parcialmente
	CI Ajuste Dinámico	→	Cond. creativa		Alta peligrosidad	NO	NO	
	CI Anticipación	→	Cond. creativa			SI	NO	NO
	CI Ajuste Dinámico	→	Cond. creativa		Baja peligrosidad	NO	SI	
	CI Anticipación	→	Cond. creativa			SI	SI	Parcialmente
H5c	CE Comunicación	→	Cond. creativa → Resultado			NO	NO	
	CE Planificación	→	Cond. creativa → Resultado		Todas	NO	NO	
	CI Ajuste Dinámico	→	Cond. creativa → Resultado			SI	NO	Parcialmente

CI Anticipación	→	Cond. creativa	→	Resultado		NO	NO	
CE Comunicación	→	Cond. creativa	→	Resultado		NO	NO	
CE Planificación	→	Cond. creativa	→	Resultado	Alta peligrosidad	SI	NO	NO
CI Ajuste Dinámico	→	Cond. creativa	→	Resultado		NO	NO	
CI Anticipación	→	Cond. creativa	→	Resultado		SI	NO	
CE Comunicación	→	Cond. creativa	→	Resultado		NO	NO	
CE Planificación	→	Cond. creativa	→	Resultado	Baja peligrosidad	NO	NO	Parcialmente
CI Ajuste Dinámico	→	Cond. creativa	→	Resultado		SI	SI	
CI Anticipación	→	Cond. creativa	→	Resultado		NO	NO	

Fuente: Elaboración propia.

10.7. Análisis de resultados: hipótesis 6 a 8

Una vez analizado el cumplimiento de las hipótesis planteadas para las variables de *confianza, coordinación y experiencia de equipo*, y su influencia en la *conducta creativa* y el *resultado*, pasamos a realizar el análisis de las hipótesis que guardan relación con los programas de *entrenamiento* que reciben las tripulaciones y la influencia que la ejecución de *conductas creativas* tiene en los mismos. A la vista de los datos recogidos mediante la aplicación del Instrumento 1⁹¹, cumplimentado por el grupo de expertos con calificación de Instructor/Probador de Vuelo, abordamos el resto de las hipótesis planteadas.

En primer lugar, en lo referente a la Hipótesis 6, dichos resultados van en la dirección de lo hipotetizado (ver Tabla 23, Item 2). En respuesta a la afirmación planteada en la última parte del Instrumento 1 (*la formación y entrenamiento que reciben las tripulaciones aéreas en el 43 Grupo prepara a estas para resolver situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad [emergencias amarillas]*), los datos aportados por el grupo de expertos consultado, todos ellos componentes de tripulaciones aéreas, apoyan el hecho de que los programas de formación y entrenamiento que reciben las tripulaciones aéreas son muy eficaces para resolver este tipo de emergencias de baja peligrosidad. Con una puntuación media de 7.538 en una escala de 0 a 9 (ver Tabla 6) y una desviación típica de .967, la Hipótesis 6 quedaría confirmada.

No ocurre lo mismo respecto a la Hipótesis 7a, que hace referencia a si el entrenamiento que reciben las tripulaciones aéreas es lo suficientemente eficaz para resolver las situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad que aparecen recogidas en las listas de verificación o *checklists*. Al analizar los resultados que surgen de la cumplimentación por parte del grupo de expertos al Instrumento 1, encontramos (ver Tabla 23, Item 3) que estos consideran que dichos programas de entrenamiento resultan suficientemente adecuados ($M = 8.077$ en una escala tipo Likert de 0 a 9, y desviación típica de .760) para resolver aquellas emergencias de alta peligrosidad que sí aparecen

⁹¹ Ver Anexo 5. *Cuestionario de Identificación de Situaciones de Emergencia, Experiencia del personal y Eficacia de entrenamiento.*

recogidas en las *checklists*, lo que iría en contra de lo hipotetizado. Estos resultados conducen a rechazar la hipótesis 7a.

Tabla 23. Puntuaciones otorgadas por el grupo de expertos respecto a la formación de las tripulaciones aéreas.

Expertos	Puesto		Puntuación otorgada						
	en el avión	Calificación	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	
Experto 1	Piloto al Mando (P.I.C.)	TRI/MTP	8	8	7	6	5	5	
Experto 2		TRI/MTP	7	8	7	7	8	7	
Experto 3		TRI	6	6	7	7	7	8	
Experto 4		MTP	7	9	0	7	3	7	
Experto 5		TRI	9	9	6	2	2	2	
Experto 6		TRI	9	9	6	9	9	9	
Experto 7		TRI/MTP	6	8	6	7	7	7	
Experto 8		TRI/MTP	7	8	3	7	7	8	
Experto 9		TRI	8	8	5	2	2	9	
Experto 10		TRI/MTP	8	8	6	0	0	8	
Experto 11	Mecánico de a bordo	TRI/MTE	8	8	4	6	6	7	
Experto 12		TRI/MTE	7	8	7	7	8	8	
Experto 13		TRI/MTE	8	8	4	7	6	8	
Media			7.538	8.077	5.231	5.692	5.385	7.154	
Desviación típica			0.967	0.760	2.048	2.626	2.785	1.864	

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, los mismos resultados aportados por los pilotos y mecánicos de a bordo expertos indican que los programas de entrenamiento que reciben las tripulaciones aéreas son lo suficientemente eficaces para resolver aquellas situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad que no aparecen recogidas en las *checklists* (ver Tabla 23, Item 4). Con valores ligeramente por encima del valor intermedio 4.5 (con una puntuación media de 5.231 en una escala tipo Likert de 0 a 9), estos datos son

contrarios a lo expuesto en la Hipótesis 7b. Si bien es cierto que, a pesar de que con los datos disponibles, la Hipótesis 7b no puede ser confirmada, no lo es menos que los resultados arrojados por el estudio no son categóricos, ya que la puntuación extraída del análisis de los datos proporcionados por el grupo de expertos supera por poco el aprobado y resulta muy inferior a la que se alcanzó respecto del mismo axioma relacionado tanto con las emergencias de baja peligrosidad ($M = 7.538$, del Item 2) como con aquellas que presentan alta peligrosidad ($M = 8.077$, del Item 3), que sí aparecen recogidas en las listas de verificación. Lo cual nos lleva a concluir que los programas de entrenamiento que reciben las tripulaciones aéreas, caracterizados por su excesiva rigidez en el cumplimiento estricto de los procedimientos de vuelo, son lo suficientemente eficaces para resolver las situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad y aquellas de alta peligrosidad que sí están recogidas en las listas de verificación o *checklists*, pero no muestran tanta eficacia a la hora de solucionar con éxito aquellas situaciones de emergencia en vuelo caracterizadas por su alta peligrosidad y que no están recogidas en las *checklists*, lo que es completamente congruente con los objetivos específicos 6 y 7 del presente trabajo⁹².

Por último, en la misma línea de lo expuesto anteriormente, se aborda la importancia que puede tener el desarrollo de *conductas creativas* en la resolución de problemas dentro de los programas de formación de las tripulaciones aéreas en la búsqueda de la eficacia en la solución de las emergencias aéreas. La Hipótesis 8 queda confirmada en la medida en que la introducción de técnicas creativas en la formación de las tripulaciones aéreas favorecerá la eficacia en la resolución de emergencias aéreas, fundamentalmente de las caracterizadas por su alto grado de peligrosidad y, dentro de estas, especialmente de aquellas que no están recogidas en las *checklists*. Los datos que arroja el estudio sustentan dicha hipótesis, ya que para las situaciones de emergencia de baja peligrosidad (ver Tabla 23, Item 5) el grupo de expertos proporcionó una puntuación media de 5.692 y una desviación típica asociada igual a 2.626. Los valores siguen siendo bajos ($M = 5.385$ y desviación típica de 2.785) para aquellas situaciones de emergencia de alta peligrosidad que sí están recogidas en las *checklists* (ver Tabla 23, Item 6). Sin embargo, la puntuación media sube hasta un 7.154 (desviación típica igual a 1.864) cuando se consulta a los expertos sobre la eficacia de introducir técnicas

⁹² Ver objetivos generales y específicos en el Capítulo 7. *Modelo Teórico Propuesto*.

creativas en la formación de las tripulaciones aéreas a la hora de resolver aquellas emergencias aéreas que, caracterizadas por un alto grado de peligrosidad, no están recogidas en las listas de verificación (ver Tabla 23, Item 7). Podemos, de este modo, confirmar la Hipótesis 8 en su axioma fundamental, el cual respecto a este último tipo de emergencias, si bien, teniendo en cuenta los datos anteriormente expuestos, no se confirmaría para aquellas emergencias, ya sean de baja o alta peligrosidad, que sí aparecen recogidas en las listas de verificación o *checklists*.

La Tabla 24 recoge de forma resumida el grado de cumplimiento de las últimas hipótesis planteadas en el estudio.

Tabla 24. Relación del cumplimiento de las hipótesis planteadas en el estudio (de H6 a H8).

Hipótesis		Variables			Condición	Aparecen en Checklist	Cumple	
H6	Entrenamiento	→	Resultado		Baja peligrosidad	---	SI	
H7a	Entrenamiento	→	Resultado		Alta peligrosidad	SI	NO	
H7b	Entrenamiento	→	Resultado		Alta peligrosidad	NO	NO	
H8	Entrenamiento	→	Cond. creativa	→	Resultado	Todas	SI	SI
	Entrenamiento	→	Cond. creativa	→	Resultado	Baja peligrosidad	SI	SI
	Entrenamiento	→	Cond. creativa	→	Resultado	Alta peligrosidad	SI	SI
	Entrenamiento	→	Cond. creativa	→	Resultado	Alta peligrosidad	NO	SI

Fuente: Elaboración propia.

IV. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

11. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Una vez analizados los datos y resultados obtenidos fruto de la investigación planteada, la parte final del presente trabajo de tesis doctoral está dedicada a la discusión de las conclusiones derivadas de la puesta a prueba del modelo teórico y al análisis de las implicaciones teóricas y prácticas que la validación del mismo ha llevado consigo, así como a la exposición de las limitaciones asociadas al procedimiento metodológico y de las futuras líneas de investigación que este estudio abre en el campo de los factores humanos, especialmente en aquellos relacionados con la gestión de recursos de la tripulación, y su relación con la seguridad aérea.

11.1. Conclusiones

El objetivo de la presente tesis doctoral ha sido analizar el papel fundamental que puede jugar la utilización del pensamiento divergente como motor de los procesos de búsqueda de soluciones creativas en la resolución de las emergencias aéreas, principalmente en aquellas caracterizadas por su alta peligrosidad, fruto de su carácter imprevisible, de la limitación de tiempo con que se cuenta para su posible resolución y de la inexistencia de procedimientos escritos para afrontar con éxito las mismas. Como ya se puso anteriormente de manifiesto, el gran desarrollo tecnológico y humano que ha sufrido la aviación en las últimas décadas es lo que ha provocado que este tipo de emergencias aéreas tenga, afortunadamente, una ocurrencia mínima, lo que lleva consigo su difícil estudio en condiciones empíricas reales.

Por esta razón, en este trabajo hemos estudiado, desde el ámbito de la simulación, cómo responden tripulaciones aéreas reales ante las tareas planteadas. Utilizando un simulador de vuelo propiedad del Ejército del Aire (E.A.), hemos tratado de aportar nuestro grano de arena al conocimiento de las actuaciones humanas en aviación, con el fin último de contribuir a la seguridad aérea.

Como aspectos generales más concluyentes, podemos destacar los descritos a continuación:

Del objetivo general 1:

1. Tal y como se hipotetizó, la resolución exitosa de emergencias caracterizadas por su baja peligrosidad y que están incluidas en las *checklists* de operación de la aeronave, no necesita de la generación de ideas creativas (Hipótesis 2), ya que la aparición de estas últimas es perjudicial en la resolución de este tipo de emergencias de carácter más rutinario. En tales términos, según postulaba el objetivo específico planteado número 2, la generación de ideas creativas influye negativamente sobre la ejecución cuando la tripulación se enfrenta a situaciones rutinarias (de baja peligrosidad), lo que nos conduce al hecho de que la generación de *conductas creativas* ante este tipo de situaciones resulta peligrosa, demostrando que, efectivamente, la resolución exitosa de las mismas exige del cumplimiento estricto de los procedimientos de vuelo y la utilización de las *checklists*, lo que choca frontalmente con la generación de ideas creativas para su resolución.

Del objetivo general 2:

En cuanto a la propuesta del segundo de los objetivos generales, que trataba de poner de manifiesto que la existencia de unas determinadas condiciones psicosociales dentro de las cabinas de vuelo permitiría maximizar las capacidades de las tripulaciones para enfrentarse a las situaciones caracterizadas por un alto grado de peligrosidad, hallamos resultados diversos que conviene analizar detenidamente. Por proceder de un modo secuencial, comenzando con la *experiencia* de la tripulación (objetivo específico número 3), puesta a prueba mediante las Hipótesis 3a, 3b, 3c y 3d, diremos que dicha variable es, según nuestros resultados, relevante en el sentido de favorecer la generación de ideas creativas cuando estas son necesarias, esto es, en situaciones de emergencia de alta peligrosidad (Hipótesis 3a) y restringirlas cuando no lo son, en aquellas situaciones de emergencia aérea caracterizadas por su baja peligrosidad (Hipótesis 3b). A esto hay que añadir que la variable *experiencia*, también influye sobre los procesos de coordinación explícita (Hipótesis 3c) y coordinación implícita (Hipótesis 3d) entre los miembros de la tripulación, si bien dicha influencia es parcial, y se produce en mayor medida en aquellas

situaciones caracterizadas por su baja peligrosidad, si bien es cierto que los resultados no alcanzan la significación estadística deseable para sacar conclusiones definitivas. Todo lo cual nos conduce a las tres siguientes conclusiones:

2. La *experiencia* de la tripulación está directamente relacionada con la generación de ideas creativas, cuando estas son necesarias para la resolución de las emergencias aéreas.
3. La *experiencia* de la tripulación influye positivamente sobre los procesos de coordinación explícita entre los componentes de la misma, fundamentalmente en situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad, y sobre todo en lo referente al constructo de *comunicación*, a pesar de no alcanzarse el nivel de significación exigido para que los datos sean del todo concluyentes.
4. La *experiencia* de la tripulación influye positivamente en todos los procesos de coordinación implícita entre los miembros de la misma en las situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad. Respecto a la influencia de la *experiencia* sobre los diferentes constructos pertenecientes a la coordinación implícita existe una influencia directa en lo referente al constructo de *anticipación*, no ocurriendo lo mismo para el de *ajuste dinámico*.

Por otro lado, si abordamos el objetivo específico número 4, dedicado a buscar la relación existente entre un buen clima de confianza entre los miembros de la tripulación y la generación de soluciones creativas eficaces ante situaciones de emergencia aérea (puesto a prueba mediante la contrastación de las Hipótesis 4a, 4b, 4c y 4d), las conclusiones extraídas de los datos analizados son:

5. La existencia de un buen clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación influye de forma negativa y directa, sobre la generación de ideas creativas para la resolución de la emergencia (Hipótesis 4a). De modo que cuanto mayor sea la *confianza* entre los miembros de la tripulación, menor será la generación de ideas creativas, si bien es cierto que esta influencia se produce, según los datos extraídos del estudio, solamente en aquellas situaciones caracterizadas por alta

peligrosidad. En las situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad, la existencia de un buen clima de *confianza* entre los miembros del equipo si influirá de forma positiva y directa, sobre la generación de ideas creativas de cara a la resolución de la emergencia.

6. El establecimiento de un buen clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación influye positivamente sobre los procesos de coordinación explícita (Hipótesis 4b) entre los componentes de la misma, fundamentalmente en lo referente al constructo de *planificación*, independientemente de si la emergencia aérea presenta alto o bajo grado de peligrosidad.
7. El establecimiento de un buen clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación influye positivamente sobre los procesos de coordinación implícita (Hipótesis 4c) entre los miembros de la tripulación en lo referente al constructo de *ajuste dinámico* en situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad, y en referencia a procesos de *anticipación* en aquellas situaciones de emergencia aérea caracterizadas por presentar una baja peligrosidad.
8. La existencia de un buen clima de *confianza* entre los miembros de la tripulación no influye indirectamente, por mediación de la *conducta creativa*, sobre los *resultados* (resolución exitosa de las situaciones de emergencia planteadas [Hipótesis 4d]), y son necesarios más datos que avalen dicho supuesto.

Respecto al quinto de los objetivos específicos planteados, que intentaba estudiar la influencia entre la existencia de una buena coordinación entre los miembros de la tripulación y la generación de soluciones creativas eficaces ante situaciones de emergencia aérea (puesto a prueba a partir del estudio del grado de cumplimiento de las Hipótesis 5a, 5b y 5c), nos encontramos con lo siguiente:

9. Los procesos de coordinación explícita entre los miembros de la tripulación influyen positivamente en la generación de ideas creativas (Hipótesis 5a) de forma parcial, ya que esta influencia se produce siempre (independientemente del grado de peligro de la situación) en lo referente al constructo de *planificación*, mientras que para el de *comunicación*, aún apuntando en la misma

dirección, los resultados sólo alcanzan los niveles de significación necesarios para situaciones de emergencia aérea caracterizadas por presentar una baja peligrosidad.

10. Los procesos de coordinación implícita (*ajuste dinámico y anticipación*) entre los miembros de la tripulación influyen positivamente en la generación de ideas creativas (Hipótesis 5b) también de un modo parcial, debido a que esta influencia se produce exclusivamente para los procesos de *anticipación* en situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad, presentando problemas de falta de significación estadística o influencia negativa en el resto de variables y condiciones.
11. No son determinantes ni significativos los datos con los que pretendíamos estudiar la influencia indirecta, mediada por la *conducta creativa*, entre la existencia de una buena coordinación entre los miembros de la tripulación y el *resultado* o resolución exitosa de la situación de emergencia planteada (Hipótesis 5c). Si bien es cierto, que dicha influencia si se puede ver en aquellas situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad respecto a los aspectos de coordinación implícita relacionados con el *ajuste dinámico*. Para el resto de variables, independientemente del grado de peligrosidad de la situación los resultados no alcanzan el grado de significación estadístico necesario como para tenerlos en consideración.

Del objetivo general 3:

Por último, el tercer objetivo general se centraba en el tema del entrenamiento de las tripulaciones aéreas y su relación con el abordaje de las emergencias aéreas desde la generación de *conductas creativas*, e intentaba demostrar que el entrenamiento que actualmente reciben las tripulaciones se basa fundamentalmente en problemas cerrados, siendo excesivamente rígido, con el riesgo de interferir en la generación de dichas soluciones cuando estas son necesarias para resolver con éxito una emergencia. Como quedó expuesto en el capítulo anterior, los resultados de la investigación ponen de manifiesto que los programas de entrenamiento que reciben las tripulaciones son muy eficaces para resolver problemas de baja peligrosidad (es decir, aquellos de carácter más

rutinario) que no requieren más que el cumplimiento estricto de las normas y los procedimientos escritos, alcanzando con ello el cumplimiento del objetivo específico número seis. Además, los mismos resultados nos llevan a concluir que los programas de entrenamiento que reciben las tripulaciones siguen siendo suficientes (según los datos analizados) para resolver aquellos problemas de alta peligrosidad siempre que estos estén recogidos en las listas de verificación o *checklists*, si bien no lo son tanto cuando las situaciones de emergencia a resolver no aparecen en dichas *checklists*, todo lo cual apunta en la dirección postulada por nuestro objetivo específico número siete. Por tanto, concluimos que:

12. Los programas de formación y entrenamiento que actualmente reciben las tripulaciones aéreas son muy eficaces para resolver tanto las emergencias de baja peligrosidad que no requieren más que el cumplimiento estricto de las normas y los procedimientos recogidos en las *checklists*, como aquellas caracterizadas por su alto grado de peligrosidad, siempre que estas estén recogidas en las *checklists*.

13. Los programas de entrenamiento que reciben las tripulaciones son lo suficientemente eficaces a la hora de resolver aquellas emergencias de alta peligrosidad que no están recogidas en las *checklists*, pero mucho menos que lo son para resolver aquellas otras que si están incluidas. Esto nos conduce a concluir que deben introducirse medidas adicionales para atajar con éxito este tipo de emergencias aéreas caracterizadas por su alta peligrosidad y que por diferentes razones no son recogidas por las listas de chequeo o verificación.

Además, el tercer objetivo general del presente trabajo de tesis doctoral buscaba, al mismo tiempo, poner de manifiesto que la inclusión de técnicas creativas en los programas de entrenamiento de las tripulaciones aéreas aumentará la capacidad de dichas tripulaciones para hacer frente a situaciones de emergencia de alta peligrosidad. De esta última parte del tercero de los objetivos generales se obtiene una de las conclusiones más relevantes del estudio, debido fundamentalmente a que, a pesar de que las propias tripulaciones aéreas (a partir de los datos proporcionados por el grupo de pilotos y mecánicos de a bordo expertos) consideran que los entrenamientos actuales son lo suficientemente eficaces para resolver las emergencias aéreas, también

manifiestan que la introducción del concepto de creatividad (entendido como desarrollo de *conductas creativas*) en los programas de formación de tripulaciones supondría un importante elemento de mejora de los mismos. No debemos olvidar que, según los datos analizados en el décimo capítulo, los componentes de las tripulaciones más cualificados (Instructores/Probadores de Vuelo) consideran que la formación y entrenamiento que reciben las tripulaciones aéreas preparan a estas en gran medida para resolver aquellas situaciones de emergencia aérea, tanto de baja como de alta peligrosidad, que están recogidas en las *checklists* de operación de la aeronave, al tiempo que manifiestan que las preparan, aunque en menor medida, para resolver aquellas emergencias aéreas de alta peligrosidad que no aparecen en la *checklist*. Del mismo modo, y directamente relacionado con esto último, los expertos consultados, pilotos y mecánicos de a bordo consideran que la introducción en la formación y entrenamiento de las tripulaciones aéreas de un programa de creatividad -*consistente en la posibilidad de aportar recursos y respuestas originales y eficaces en la resolución de problemas no previstos*- (ver Instrumento 1 en Anexo 5) favorecerá la aparición de *conductas creativas* y con ellas la eficacia en la resolución de todas las situaciones de emergencia, fundamentalmente aquellas caracterizadas por su elevada peligrosidad y que debido a la imprevisibilidad de su aparición no son susceptibles de estar recogidas en las *checklists* de la aeronave. En consecuencia, concluimos que:

14. La introducción del concepto de creatividad (entendido como desarrollo de *conductas creativas*) en los programas de formación de las tripulaciones aéreas supondrá un importante elemento de mejora en la eficacia de los mismos de cara a la resolución exitosa de las situaciones de emergencia caracterizadas por su elevada peligrosidad y que no están recogidas en las *checklists* de operación de la aeronave.

Una vez expuestas las principales conclusiones arrojadas por el presente trabajo de tesis doctoral, se hace necesario realizar otra serie de consideraciones respecto a aspectos de importancia que nuestro estudio no ha terminado de constatar y que, debido a la importancia que presentan, planteamos a continuación con la intención de dejarlos abiertos de cara a la investigación futura.

El primero de ellos hace referencia al primer objetivo general del presente trabajo, que trataba de poner de manifiesto que la resolución exitosa de las situaciones caracterizadas por un alto grado de peligrosidad exige de la utilización de *conductas creativas*. Contando con los datos del estudio, esta afirmación no puede defenderse de forma categórica. La generación de ideas creativas para resolver las emergencias aéreas parece ser relevante ante situaciones de alta peligrosidad; sin embargo, y tal y como se expuso en el capítulo anterior, los resultados, a pesar de apuntar en esta dirección, carecen del grado de significación estadística necesario y se precisan futuros estudios para comprobar si dicha relación se mantiene.

Por otra parte, atendiendo a los aspectos relacionados con la formación de las tripulaciones aéreas, los resultados del estudio avalan que la introducción del concepto de creatividad en los programas de formación de las mismas supondrá un elemento de mejora en su eficacia de cara a la generación de *conductas creativas* que proporcionen una resolución exitosa de las situaciones de emergencia (tanto de baja como de alta peligrosidad) que aparecen recogidas en las *checklists*. Sin embargo, la formación y entrenamiento en la generación de *conductas creativas* no resulta tan relevante para este tipo de situaciones como lo es (tal y como se presenta en el punto 14 de las conclusiones) para las situaciones de emergencia no contempladas en dichas *checklists*.

Por último, los datos ponen de manifiesto que la existencia de un buen clima de confianza entre los miembros de la tripulación no guarda relación alguna con la generación de ideas creativas para la resolución de las emergencias aéreas. Estos resultados pueden deberse a diferentes factores, entre los que nos gustaría resaltar fundamentalmente dos.

El primero de ellos hace referencia a la complejidad del constructo creatividad. El concepto, al que ya Guilford (1968) se ocupó de dar entidad a finales de la década de los años sesenta del siglo XX, es extremadamente complejo, lo que se acrecenta en el caso de personas que no están familiarizadas con el término, como es el caso de la mayoría de los componentes de las tripulaciones aéreas participantes en el estudio. La creatividad es una actividad diseñada para resolver problemas (Anderson, 2006; Titus, 2000) y esto puede ser sencillo de entender, pero el cómo se llega a esa solución a través de la creatividad es una cuestión más difícil de asimilar. Esto provocó que

hubiese que incluir en los cuestionarios de recogida de datos, concretamente en las preguntas en las que aparecía el concepto, algunas indicaciones que ayudaran a los componentes de la muestra a comprender mejor de qué estábamos hablando⁹³. Aún así, es posible que hayan quedado dudas al respecto, y esto haya provocado algún desajuste en las respuestas proporcionadas. De hecho, nuestra impresión es que los pilotos y mecánicos de a bordo participantes en el estudio no llegan a captar en toda su complejidad y eficacia las implicaciones que supone la inclusión del concepto de creatividad (en cuanto a generación de *conductas creativas* se refiere) aplicado a su formación y entrenamiento. Se trata de un concepto tan novedoso como poco estudiado en el ámbito de la aviación.

El segundo de los aspectos está relacionado con la *complacencia*. La complacencia⁹⁴, entendida como la manifestación de una conducta inadecuada de tolerancia o permisividad que provoca la relajación en el cumplimiento de las normas de seguridad (Amézcu Pacheco, 2011), está sin duda alguna fuertemente relacionada, entre otras cosas, con el clima de confianza existente entre los miembros de la tripulación aérea. La generación de un buen clima de confianza en cualquier equipo de trabajo provoca cierto relax en el estado de alerta o vigilia, que hace descender el nivel de atención en las tareas, habitualmente rutinarias, que las tripulaciones tienen que llevar a cabo durante el vuelo. Es esta misma razón la que pudo provocar durante nuestra investigación que la generación de un buen clima de confianza en cabina durante los vuelos realizados en el simulador no guardara relación directa con la generación de ideas creativas. La complacencia puede llegar a provocar que un equipo trabaje cómoda pero ineficazmente. No olvidemos que a este fenómeno se le atribuyen un gran número de catástrofes aéreas de las ocurridas en los últimos años (Amézcu Pacheco, 2011).

En conjunto, la evidencia empírica que aporta la presente tesis doctoral contribuye a la mejora de la seguridad aérea. El modelo teórico propuesto y puesto a prueba incide tanto en el papel principal que pueden tener las *conductas creativas* en la resolución de emergencias aéreas como en la importancia que los integrantes de las

⁹³ Esto pudo hacerse gracias a la realización del estudio piloto descrito en el punto 8.3.3. *Procedimiento* del capítulo 8.

⁹⁴ El tema de la complacencia es desarrollado en el capítulo 5 del presente trabajo.

tripulaciones aéreas otorgan a la introducción de dicho concepto en sus programas de entrenamiento de vuelo, aspectos ambos que irían asociados a un aumento en los niveles de seguridad aérea.

11.2. Implicaciones teórico-prácticas

Los resultados del estudio arrojan una serie de implicaciones, tanto teóricas como prácticas, que deberían tenerse en cuenta.

El tráfico regular de pasajeros ha aumentado un 300% cada década desde 1940 (Roed, 1995); tal ha sido el avance, que la aviación es considerada hoy en día uno de los más importantes medios de transporte, su papel está ampliamente consolidado y su potencial desarrollo es aún tan grande como desconocido. Como se ha expuesto en capítulos precedentes, la seguridad operacional se ha convertido, desde hace unas décadas, en compañero de viaje, ya siempre inseparable, de dicho desarrollo. Si bien es cierto que la seguridad en la operación de las aeronaves ha ido aumentando según lo hacía la industria aeronáutica y otras ciencias afines, de modo que el número de accidentes en aviación es escaso si lo comparamos con el del número de viajeros que a diario utilizan el avión, no lo es menos que, cuando estos ocurren, están presentes en gran medida factores psicológicos y psicosociales (*Federal Aviation Administration* [F.A.A.], 2016; Rojas y Beauregard, 2007; Sebastián, 2009). Y es aquí donde la ciencia psicológica, fundamentalmente en su vertiente aplicada, aún tiene mucho que decir. Los factores humanos en aviación han sido ampliamente estudiados ya desde la I Guerra Mundial (Sáiz y Sáiz, 2012) y potenciados a partir de los años setenta del pasado siglo, cuando se convierten en uno de los aspectos críticos a tener en cuenta para reducir la siniestralidad aérea. Los logros han sido espectaculares, pero no debemos olvidar que, desde entonces, el carácter teórico de los entrenamientos ha necesitado de una evolución constante. Programas de entrenamiento de tripulaciones como los de Gestión de Recursos de la Tripulación (*Crew Resource Management* [C.R.M.]⁹⁵) (Byrnes y Black, 1993; CAE, 2018; Cooper, White y Lauber, 1980; F.A.A., 2012; Helmreich, 1999; Helmreich y Foushee, 1993; Helmreich, Merritt y Wilhelm, 1999; Helmreich y Taggart, 1995; Marshall, 2010; McKeel, 2012; O'Connor, Hahn y Nullmeyer, 2010; Orlady y

⁹⁵ Ver Capítulo 3. *C.R.M. (Crew Resource Management - Gestión de Recursos de la Tripulación)*.

Foushee, 1987; Prince y Salas, 1993; Salas, Burke, Bowers y Wilson, 2001) o el Entrenamiento Orientado a Línea de Vuelo (*Line Oriented Flight Training* [L.O.F.T.]) (CAE, 2018; Helmreich et al., 1999; Helmreich y Foushee, 1993; Organización de Aviación Civil Internacional [O.A.C.I.], 1989b), que inciden en diferentes aspectos del factor humano, han sido y deben ser revisados continuamente, de acuerdo con las necesidades marcadas fundamentalmente por el constante desarrollo de mejoras tecnológicas en el sector aeronáutico, a las que los diferentes profesionales que trabajan en él deben adaptarse con rapidez.

Ciertas aportaciones del presente trabajo pueden ser de utilidad en el avance hacia propuestas teóricas e intervenciones prácticas en esta dirección. En tales términos, si bien los programas curriculares de los diferentes profesionales del sector aeronáutico parecen ser adecuados, el presente trabajo contiene propuestas de mejora de los mismos. El currículo de los estudios para la obtención de la licencia de piloto, controlador aéreo o mecánico de a bordo, debería actualizarse tan rápido como lo hagan los avances científicos, tanto en el campo de la aeronáutica como en el de las ciencias del comportamiento humano, del mismo modo que deben actualizarse de forma continua los programas de entrenamiento de tripulaciones de las compañías aéreas y Unidades de Fuerzas Aéreas en todo el mundo. Y es en este último aspecto donde defendemos la introducción de conceptos que, como indican los resultados del estudio, es recomendable tener en cuenta.

En el caso de la introducción de estrategias de entrenamiento en generación de *conductas creativas* y desarrollo del, denominado por Guilford (1968), pensamiento divergente, nuestros hallazgos señalan la importancia que tiene el crear las condiciones adecuadas para que los centros de formación de pilotos y tripulantes aéreos, ya pertenezcan al sector público o al privado, puedan desarrollar dichas enseñanzas y habilidades dentro de sus planes de estudio. La creatividad es una actividad diseñada para resolver problemas (Anderson, 2006; Titus, 2000) y constituye un factor importante de respuesta de éxito ante los desastres de todo tipo (Kendra y Wachtendorf, 2003a). Los expertos consultados en el presente estudio, pilotos y mecánicos de a bordo, consideran que la introducción en la formación y entrenamiento de las tripulaciones aéreas de un programa de creatividad (consistente en la posibilidad de aportar recursos y respuestas originales y eficaces en la resolución de problemas no

previstos) favorecerá la eficacia en la resolución de todas las situaciones de emergencia, fundamentalmente de aquellas caracterizadas por su elevada peligrosidad y que, debido a la imprevisibilidad de su aparición, no son susceptibles de estar recogidas en las *checklists* de operación de la aeronave. Sería necesario, entonces, introducir dichos conceptos en los currículos académicos con el objetivo de que las tripulaciones obtuviesen dicha formación, de forma tanto teórica como práctica (durante los vuelos que conforman sus planes de instrucción y adiestramiento), de cara a que cada uno de sus integrantes, dentro de las funciones que tienen asignadas, estén preparados para actuar eficazmente ante una situación de emergencia de alta peligrosidad.

No podemos olvidar la repercusión que tiene, en vidas humanas, en costes económicos y en todo el resto de factores, la actuación exitosa de una tripulación cuando es capaz de salvar una aeronave del desastre. El valor intrínseco que poseen estas acciones es incalculable, tanto para la tripulación como para la compañía u organización gubernamental a la que pertenece el aparato, así como para el sector aeronáutico y la sociedad en general. Es por ello por lo que proponemos la inclusión de estos programas en la formación de los tripulantes aéreos, especialmente los pilotos. Inicialmente, y tratando de encontrar una solución práctica, podría incluirse el concepto de creatividad y el aprendizaje de las más importantes técnicas para su desarrollo (Muñoz Adánez, 2006) dentro de las asignaturas ya existentes dedicadas a la formación en factores humanos en vuelo y que aún hoy en día siguen poniendo demasiado peso en lo referente a conceptos de medicina aeronáutica clásica, que sin haber perdido su vigencia están algo alejados de los conocimientos sobre factores humanos en aviación vigentes actualmente. Posteriormente, se trataría de desarrollar estas técnicas de resolución exitosa de problemas para aplicarlas a las situaciones de emergencia aérea, con el objetivo final de crear programas estructurados de entrenamiento de lo que podríamos definir como *generación de conductas creativas eficaces en vuelo* o *conductas creativas eficaces para tripulantes aéreos*. Estos programas formativos deberían incluir el aprendizaje de aquellos aspectos más relevantes que posibiliten la generación de *conductas creativas* en el momento adecuado, redundando en una actuación más eficaz y segura de las tripulaciones.

Otro de los aspectos fundamentales de los resultados arrojados por el presente estudio, y que posee una enorme implicación práctica, es la importancia que parece

tener la experiencia de las tripulaciones en la resolución de las emergencias aéreas. Esta afirmación, que puede parecer banal, no lo es tanto si la analizamos desde la política “de lucha” por la reducción de costes que actualmente llevan a cabo compañías aéreas de todo el mundo y que afectan también al personal. Nos referimos sobre todo, a aquellas conocidas popularmente como compañías *Low Cost*. Fruto de esta política, se han llegado a plantear medidas que afectan tanto a la comodidad del pasajero (como reducir el espacio entre filas de asientos o incluso llegar a volar sentados en banquetas) como a la seguridad aérea. Alguna de estas últimas realmente drástica, como podría ser la de volar sólo con uno de los dos pilotos⁹⁶. Sin ánimo de criticar la gestión empresarial de este tipo de compañías que tienen aspectos muy positivos, como puede ser el de haber “democratizado” el mundo de la aviación, haciéndola accesible al gran público, ideas como esta, basadas en que “la máquina” puede realizar la mayor parte de la operación, son desmontadas por los resultados aquí presentados. Si bien es cierto que los avances tecnológicos han hecho que la actuación de las tripulaciones quede reducida a su mínimo exponente, lo es mucho más que esto sólo ocurre cuando el vuelo se desarrolla con normalidad, ya que en el momento en que se presenta una emergencia aérea, nuestros datos sostienen que la actuación de la tripulación basada en la experiencia acumulada por los miembros de la misma, como factor determinante, resulta decisiva para solventar el problema con éxito. Este aspecto debe tenerse muy presente respecto a los procesos de selección de personal que las compañías aéreas realizan habitualmente, en los que, desde nuestra opinión, la experiencia de las tripulaciones no adquiere toda la relevancia que consideramos necesaria y que los resultados aquí presentados avalan.

Siguiendo esta misma línea argumental, habría que continuar trabajando en todos aquellos aspectos relacionados con el trabajo en equipo, teniendo siempre presente que la cabina de vuelo constituye uno de los hábitats perfectos para el estudio de infinidad de variables de carácter psicológico que afectan al trabajo en grupo. La actuación individual no es, a menudo, suficiente y se hace cada vez más necesaria la interacción de dos o más profesionales para alcanzar los resultados deseados (CAE, 2018; Torrelles, 2011). Debido en cierta medida a los avances tecnológicos y a su capacidad para reaccionar con rapidez a los cambios (Hakanen y Soudunsaari, 2012), muchas organizaciones han adoptado en el trabajo un enfoque de equipo (Alcover, Rico

⁹⁶ Michael O'Leary, Consejero Delegado de la aerolínea Ryanair llegó a plantear esta medida como método para reducir los costes de operación lo máximo posible.

y Gil, 2011; Mathieu, Heffner, Goodwin, Salas y Cannon-Bowers, 2000), lo que genera mayores beneficios que el trabajo individual (Alcover, Gil y Barrasa, 2004; Gil, Rico y Sánchez-Manzanares, 2008), así como una fuente de ventaja competitiva (Rousseau, Aubé y Savoie, 2006). Este enfoque, que comenzó a estar presente en aviación con la aparición de los primeros programas de entrenamiento en C.R.M. (Helmreich y Foushee, 1993) y que ya nunca se ha abandonado, debe continuar siendo abordado con la finalidad de generar equipos o tripulaciones cada vez más cohesionados, con gran coordinación entre sus miembros, de modo que sus actuaciones, en caso de emergencia, puedan ser tan rápidas como certeras, minimizando cada vez más el riesgo de accidente. Aquí se hipotetizó que la existencia de un clima de confianza entre los miembros de la tripulación favorecería la aparición de ideas creativas capaces de dar respuesta a emergencias aéreas de alta peligrosidad. A pesar de que los resultados, en el caso concreto del clima de confianza, no han sido los esperados, y estando convencidos plenamente, por los hechos presentes a lo largo de la historia de la aviación, de la importancia que tiene la aparición de soluciones creativas cuando son necesarias, animamos a que la investigación siga ahondando en cuáles son aquellas condiciones psicosociales que deben darse en un equipo para favorecer la aparición de dichas ideas capaces de lograr una solución exitosa a un problema que *a priori* puede parecer prácticamente irresoluble.

Finalmente, cabe señalar un aspecto realmente potente de nuestro estudio, y es que está cimentado en la importancia que adquiere la validez externa de los resultados expuestos, al haber utilizado como muestra tripulaciones aéreas compuestas por profesionales del sector, realizando cada uno de ellos, durante el vuelo simulado, la función que tienen atribuida en su desempeño profesional diario. Los equipos de trabajo utilizados para poner a prueba nuestras hipótesis, compuestos por pilotos y mecánicos de a bordo, superan con creces las muestras que habitualmente se emplean en investigaciones de este tipo y que suelen estar compuestas por estudiantes universitarios. La utilización de equipos de trabajo naturales en investigación pone a prueba la validez y aplicación de los hallazgos en contextos organizacionales (Sánchez-Manzanares, 2007), permitiendo generalizar los resultados directamente al contexto real.

11.3. Limitaciones y futuras líneas de investigación

El alcance de los resultados contenidos en la presente investigación debe ser interpretado teniendo en cuenta ciertas limitaciones teóricas y metodológicas, de cuyo aprendizaje puede valerse la investigación futura. A continuación se exponen y analizan estas limitaciones, aportando posibles soluciones de cómo podría afrontarse cada una de ellas.

1. Introducción del constructo *creatividad*. Una primera debilidad del modelo de investigación desarrollado en el presente trabajo hace referencia a la novedad de la introducción del concepto de creatividad en relación con los factores humanos en aviación. Muchos factores relativos al comportamiento humano y cercanos a la psicología han sido y siguen siendo muy estudiados en el campo de la seguridad aérea, pero entre los conceptos incluidos en los diferentes estudios no aparece la creatividad. La aviación es un campo de conocimiento con características propias muy marcadas, en el que cualquier cambio implica un gran esfuerzo por las elevadas reticencias que el sector aeronáutico y todos los elementos que lo componen presentan ante cualquier novedad. Dichas reservas ante los cambios se ven acentuadas en aquellos aspectos poco tangibles y difíciles de cuantificar, como lo son los relacionados con el comportamiento humano. Es cierto que, desde la aparición del concepto de *Crew Resource Management* (C.R.M.) (Helmreich et al., 1999; Marshall, 2010; McKeel, 2012), son numerosos los estudios que abordan dicha temática, lo que ha facilitado en gran medida que el sector aeronáutico haya avanzado a pasos agigantados en cuanto a factores humanos se refiere. Sin embargo, hasta el momento, no se ha encontrado ningún estudio que incluya el concepto de creatividad y la relación que guarda la conducta creativa con los procesos de toma de decisiones en aviación. El escaso desarrollo de esta variable, que resulta central en nuestro modelo, supedita el alcance de nuestras contribuciones al desarrollo de nuevas investigaciones en el campo de la psicología aeronáutica que repliquen los resultados aquí presentados y profundicen en el análisis de los constructos propuestos y las relaciones existentes entre los mismos, fundamentalmente en el ámbito de la toma de decisiones a la hora de abordar las emergencias aéreas.

2. Muestra limitada. Posiblemente el mayor de los problemas con el que nos hemos encontrado fue el de no poder contar con una muestra más numerosa. Como apuntamos en el capítulo correspondiente⁹⁷, el estudio se llevó a cabo con la participación de tripulaciones aéreas reales que operan un tipo de aeronave determinado. Más concretamente, las tripulaciones estaban compuestas por pilotos y mecánicos de a bordo que operan el avión anfibia Canadair de lucha contra incendios forestales en las dos versiones que posee el Ejército del Aire (E.A.): CL-215T y CL-415. Se seleccionó este tipo de aeronave fundamentalmente por dos cuestiones: (1) las características de las misiones que lleva a cabo, que implican situaciones poco rutinarias más propias de la aviación comercial (Hawkes, 1992); y, (2) la circunstancia de que cuentan con simulador de vuelo propio, lo que supuso una ventaja metodológica de inestimable valor. Si bien el tipo de avión y las tripulaciones parecen perfectas para la realización del estudio, no lo es tanto el limitado número de las mismas que existen en toda España. Esta cuestión obstaculizó el poder contar con una muestra mayor y, como consecuencia de ello, poder utilizar un mayor número de datos de cara al análisis de los resultados. Como la elección de la tipología de aeronave y de sus tripulaciones e instalaciones para realizar el estudio con muestra real nos parece del todo acertada, se plantearían dos posibles soluciones pensando en el futuro. La primera sería alargar en el tiempo los estudios cuando se trate de muestras de tamaño reducido, con la finalidad de poder aumentar el número de las mismas, gracias a la incorporación de nuevos miembros, aunque reduciendo la novedad y el impacto que pueden tener los resultados alcanzados. Es cierto que se produce una rotación lenta de personal en el 43 Grupo de Fuerzas Aéreas (Unidad del E.A. que opera la citada aeronave), aunque podría estudiarse esta propuesta como posible solución al problema planteado. La segunda pasaría por realizar en un idioma común a la aviación, en este caso el inglés, todas y cada una de las pruebas, de modo que aumentara así el número de tripulaciones potenciales de participar en el estudio. Tengamos en cuenta que al mismo simulador de vuelo utilizado para la investigación acuden tripulaciones de diferentes países para realizar sus entrenamientos semestrales, con lo que la muestra podría verse aumentada mediante esta última propuesta.

⁹⁷ Ver Capítulo 8, apartado 8.2. *Descripción de la muestra.*

3. Herramientas de evaluación. Algunos de los instrumentos utilizados para la medición de las variables del modelo han sido desarrollados específicamente para el presente trabajo. Se hace del todo necesaria su futura validación en investigaciones similares a la aquí presentada. Aunque los análisis estadísticos realizados (y presentados en el capítulo 9) demuestran la fiabilidad y validez de los instrumentos empleados, así como del modelo de medida teorizado para ahondar en las relaciones positivas hipotetizadas entre variables, es importante seguir trabajando en la línea del refinamiento de los indicadores inicialmente propuestos, ya que, a pesar del estudio piloto llevado a cabo, expuesto en el capítulo 8 (ver apartado 8.3.3. *Procedimiento*), y las entrevistas a grupos de expertos para testarlos, las escalas han quedado configuradas, para algunas variables, por un número de ítems no demasiado elevado (sólo 3 ítems en el caso de las variables CE *comunicación* y CI *ajuste dinámico*) una vez depurado el modelo de medida (ver capítulo 9). Al mismo tiempo, el establecimiento de la robustez predictiva del modelo también requiere de futuros desarrollos psicométricos capaces de desarrollar instrumentos de medida válidos y fiables para los constructos implicados, basados en una mayor concreción en la definición de los mismos.

En relación con este mismo ámbito, no podemos dejar de lado la evidencia de que muchas de las herramientas utilizadas en el estudio han sido cuestionarios cumplimentados por los miembros de las tripulaciones participantes. Este hecho puede provocar una varianza común del método al utilizar para la evaluación de las variables una misma fuente de información. Con el fin de controlar los posibles efectos de la varianza común (Podsakoff, MacKenzie, Lee y Podsakoff, 2003), se tomaron, en la presente investigación, ciertas precauciones. En primer lugar, se respetó el anonimato de los participantes y la confidencialidad de sus respuestas. Se introdujeron los mecanismos necesarios para que cada uno de los componentes de las tripulaciones no pudieran ver en ningún momento las respuestas a los cuestionarios del resto de participantes mediante pantallas opacas (ver Figura 14 en el Capítulo 8) y se les facilitaron sobres individuales con cierre (ver Anexo 4) para introducir los cuestionarios al finalizar su cumplimentación. Del mismo modo, y con el objetivo de reducir algunas de las debilidades que presenta

cualquier tipología de autoinforme (Heinonen y Poikkijoki, 2006), como pueden ser la honestidad a la hora de responder, la deseabilidad social de los participantes y su aprehensión durante la cumplimentación de los cuestionarios, se puso énfasis tanto en las instrucciones orales como en las escritas incluidas en las propias herramientas, insistiendo tanto en la garantía y respeto de la confidencialidad⁹⁸, como en la no existencia de respuestas buenas o malas en las escalas, con el fin de que los participantes dieran respuesta a las mismas con la máxima sinceridad posible. Con el fin de aumentar la fiabilidad y validez de los instrumentos utilizados, se optó por la triangulación de métodos, fundamentalmente para la creación del Instrumento 4, Cuestionario de Información General y Procesos de Equipo (ver Anexo 8), en cuya construcción se utilizaron entrevistas individuales y grupales, así como observación directa.

4. Nivel de análisis. En el presente estudio hemos puesto el foco de atención en las tripulaciones aéreas. La investigación referente a tripulaciones aéreas como grupo de trabajo es escasa. La mayor parte de los estudios sobre factores humanos en aviación se desarrollan a nivel individual, concentrándose fundamentalmente en el papel del piloto. Si tenemos en cuenta que, como expusimos en el capítulo correspondiente⁹⁹, las organizaciones actuales dejan de lado el papel individual, para atribuir a los equipos gran parte del éxito en las mismas (Alcover et al., 2011; Gil et al., 2008; Kozlowski, y Ilgen, 2006), este hecho debe trasladarse plenamente al mundo de la aviación. Las aeronaves modernas son aparatos complejos, que no pueden ser pilotados por un único profesional, por muy grandes que sean sus habilidades (CAE, 2018). Es cierto que los pilotos deben poseer una gran habilidad, no tanto manual como mental, que les permita gestionar los recursos, humanos y materiales, a su alcance para lograr el éxito de la misión. Sin embargo, una aeronave del siglo XXI es una máquina compleja que necesita de un equipo altamente coordinado para su operación. Fruto de este nuevo nivel de análisis, comenzó a implantarse la investigación sobre C.R.M. (Helmreich y Foushee, 1993) expuesta en el capítulo 3. Estudios futuros deberían centrar su análisis en estos equipos de trabajo, en

⁹⁸ Ver Instrumento 1 (Anexo 5), Instrumento 2 (Anexo 6) e Instrumento 4 (Anexo 8).

⁹⁹ Ver Capítulo 6. *Trabajo en Equipo*.

estas tripulaciones aéreas que han pasado a convertirse y suponen ya el elemento básico de los factores humanos en aviación.

5. Diseño de la investigación. Sin olvidar la gran operatividad que poseen los diseños de carácter comparativo-transversal, como el utilizado en el presente trabajo de investigación, es justo defender la gran ventaja en cuanto al establecimiento de relaciones de causa-efecto entre variables que tendrían los diseños de carácter longitudinal en futuras investigaciones. A pesar de nuestra fuerte creencia en ello, es difícil tener la certeza total de si un elemento, como es la conducta creativa, será decisivo en la reducción de la tasa de los accidentes aéreos. Lo que si es evidente es que serían bien recibidos estudios longitudinales que incluyeran técnicas de entrenamiento para la generación y desarrollo de *conductas creativas*, así como métodos creativos de resolución de problemas a los diferentes componentes de las tripulaciones aéreas, con el fin de conocer su repercusión a lo largo de los años de vuelo de dichos profesionales. La razón es obvia: nos jugamos mucho en costes humanos y materiales, aparte de la gran repercusión mediática que llevan aparejada dichos accidentes. Si, al mismo tiempo, la relación existente entre la toma de decisiones creativas y la ejecución exitosa consigue aislarse de otro tipo de variables que pudieran estar mediando en la misma, el resultado podría ser de gran ayuda para el análisis futuro de otros aspectos relevantes en el ámbito de los factores humanos y su relación con la seguridad aérea.

6. Análisis estadístico con PLS (*Partial Least Squares*). En lo referente a la metodología utilizada para el análisis de los datos, es preciso matizar que los procedimientos basados en los modelos de ecuaciones estructurales (M.E.E.), como el aquí utilizado, permiten evaluar el grado en que los resultados empíricos resultan consistentes con el modelo teórico planteado, pero no proporcionan una evidencia total acerca de la existencia de una única representación posible de la realidad a partir de los datos disponibles. Es por ello por lo que la naturaleza transversal del diseño empleado condiciona que las conclusiones expuestas anteriormente deban ser interpretadas como evidencias de relaciones estadísticamente significativas entre variables, en lugar de como inferencias causales entre dichas variables. Se hacen necesarias futuras

investigaciones con diseños fundamentalmente longitudinales para estudiar en profundidad las relaciones causales entre tales variables. A esto hay que añadir, que a pesar de que la técnica de análisis PLS es considerada un potente método de análisis (Chin, Marcolin y Newsted, 2003), posee unos requerimientos mínimos en lo que a escalas de medida de las variables y tamaño de la muestra se refiere, y es especialmente útil para aquellos casos, como el presente, en que las circunstancias obligan al empleo de muestras pequeñas (Barclay, Higgins y Thompson, 1995), en su utilización nos encontramos con algún problema. El fundamental fue que para la realización de los distintos análisis, de medida y estructural, fue necesario incluir en el modelo, para que el programa funcionase correctamente, algunas relaciones entre variables que no habían sido hipotetizadas. La dificultad para tener acceso a una muestra mayor, ya mencionada como limitación de cierta embergadura, estuvo nuevamente detrás de esta otra limitación, que obligó a realizar de este modo el procedimiento de análisis para que los paquetes estadísticos informáticos SmartPLS 2 (Ringle, Wende, y Will, 2005) y SmartPLS 3 (Ringle, Wende y Becker, 2015) funcionaran de un modo adecuado. La solución a esta limitación, de cara a futuras investigaciones, pasaría por emplear una muestra mayor, ya que la técnica PLS fue precisamente elegida por ser muy útil para aquellos análisis en el que se utilizan muestras de pequeño tamaño (Barclay et al., 1995).

Por todo ello, este trabajo pretende constituir un paso más en la investigación sobre seguridad aérea, más concretamente en lo referente a los factores humanos implicados en ella. Hemos puesto de manifiesto la importancia que puede jugar un factor como es la conducta creativa en la resolución de aquellas emergencias aéreas caracterizadas por su elevada peligrosidad. No obstante, es necesario seguir ahondando en la relación que guarda dicho constructo con la resolución de problemas de equipo, especialmente cuando no existen procedimientos estandarizados al respecto y el factor temporal en la toma de decisiones es limitado y crítico de cara a una ejecución exitosa.

12. BIBLIOGRAFÍA

- A.C.E.T.A. (2015). *Aceta - Asociación de compañías españolas de transporte aéreo*. Madrid, España: ACETA. Recuperado de <http://www.aceta.es>
- Acuña, C. (2013). *El entrenamiento C.R.M. (Crew Resource Management) aplicado al ámbito de la Fuerza de Submarinos de la Armada Argentina (Operaciones de Submarinos y de Buzos Tácticos)* (Tesis para magister universitario). Universidad Nacional del Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina.
- A.E.S.A. (2015). *AESA - Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento*. España: Ministerio de Fomento. Recuperado de http://www.seguridadaerea.gob.es/lang_castellano/home.aspx
- Alcover, C. M., Rico, R. y Gil, F. (2011). Equipos en contexto: dinámicas de cambio, adaptación y aprendizaje de equipos en entornos organizacionales flexibles. *Papeles del Psicólogo*, 32(1), 7-16.
- Alcover, C. M., Gil, F. y Barrasa, A. (2004). Aprendizaje de equipo: Adaptación en una muestra española de las escalas de actividades de aprendizaje [Team learning: Adaptation of learning activities scales in a Spanish sample]. *Psicothema*, 16(3), 378-383.
- Alkov, R. A. (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.
- Allen, N. J. y Hecht, T. D. (2004). The "romance of teams": Toward an understanding of its psychological underpinnings and implications. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 77, 439-461.

- Alonso, M. M. (1997). Psicología Aeronáutica: Desarrollos Actuales. En *9º Congreso Argentino de Psicología*, Tucumán, Argentina.
- Alonso, M. M. (2011). Estrés y seguridad operacional en la actividad aeroespacial. En *III Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología; XVIII Jornadas de Investigación; Séptimo Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR*, Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Álvaro, A. (2015). 43 Grupo. Ahí estamos. *Revista de Aeronáutica y Astronáutica*, 848, 954-959.
- Amabile, T. M. (1983). The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of Personality and Psychology*, 45, 357-376.
- Amabile, T. M. (1998). How to kill creativity. *Harvard Business School*, 76(5), 76-87.
- Amézcua González, L., Lareo, J. y Amézcua Pacheco, O. (2001). *Medicina aeronáutica*. Madrid, España: Fundación de Estudios y Formación Sanitaria.
- Amézcua Pacheco, O. (2011). *Factores humanos en aviación*. Recuperado de <http://www.semae.es/wp-content/uploads/2011/11/Factores-Humanos.pdf>
- Ancona, D. G. (1990). Outward bound: Strategies for team survival in an organization. *Academy of Management Journal*, 33(2), 334-365.
- Anderson, L. (2006). Building confidence in creativity: MBA students. *Marketing Education Review*, 16, 91-96.
- Anderson, J. y Gerbing, D. (1988). Structural equation modelling in practice: A review and recommended two step approach. *Psychological Bulletin*, 103, 285-309.
- Annett, J., Cunningham, D. y Mathias-Jones, P. (2000). A method for measuring team skills. *Ergonomics*, 43(8), 1076-1094.

- Aslanides, M. y Poy, M. (2001). Ergonomía y Seguridad Aérea en una Organización Militar Argentina. En *5º Congreso de la Asociación Argentina de Especialistas en Estudios del Trabajo (ASET)*, Buenos Aires, Argentina.
- Ausubel, D., Novak, D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo* (Vol. 2). México: Trillas.
- Barba, G. (25 de marzo de 2015). El "virus" de la inseguridad aérea. *El País*, p. 8.
- Barclay, D., Higgins, C. y Thompson, R. (1995). The Partial Least Squares (PLS) approach to causal modelling: Personal computer adoption and use as an illustration. *Technology Studies*, 2, 285-309.
- Barroso, C., Cepeda, G. y Roldan, J. L. (2010). Applying Maximum Likelihood and PLS on Different Sample Sizes: Studies on SERVQUAL Model and Employee Behavior Model.. En V. Esposito Vinci, W. W. Chin, J. Henseler y H. Wang (Eds.), *Handbook of Partial Least Squares* (pp. 427-447). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Baumgarten, F. (1957). *Examen de las aptitudes profesionales*. Barcelona, España: Labor.
- Bendrick, G.A. y Alessandrini, S. (en prensa). No Second-in command: Human fatigue and the crash of the airship Italia revised.
- Bernotat, R. K. (1991). El Factor Humano en las Máquinas: Estudio y Aplicación. En R. Gal y D. Mangelsdorff (Eds.), *Hanbook of Military Psychology* (pp. 237-251). Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Biddle, W. (1991). *Barons of the Sky*. New York, NY: Simon & Schuster.
- Bird Jr., F. E. (1974). *Management Guide to Loss Control*. Atlanta, GA: Institute Press.

- Birnback, R. y Longridge, T. (1993). The regulatory perspective. En E. Wiener, B. Kanki, y R. Helmreich (Eds.), *Cockpit Resource Management* (pp. 263-282). San Diego, CA: Academic Press.
- Blanch, J., Gil, F., Antino, M. y Rodríguez-Muñoz, A. (2016). Modelos de liderazgo positivo: marco teórico y líneas de investigación. *Papeles del Psicólogo*, 37(3), 170-176.
- Boletín Oficial del Estado (1969). Instrumento de ratificación del Protocolo relativo al texto auténtico trilingüe del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944). B.O.E. 311, de 29.12.1969 (pp. 20248-20259).
- Brannick, M. T. y Prince, T. (1997). An overview of team performance measurement. En E. Salas y C. Prince (Eds.), *Team performance assessment and measurement* (pp. 3-16). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bravo, P. (2016). *La Historia de la Aviación – Revista Sucesos*. Recuperado de <http://www.librosmaravillosos.com/lahistoriadelaaviacion/index.html>
- Brehmer, B. (2007). Understanding the functions of C2 is key to progress. *International Journal of C2*, 1, 211-232.
- Buck, D. A., Trainor, J. y Aguirre, B. E. (2006). A critical evaluation of the incident command system and NIMS. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 3(3), 1-27.
- Burke, C. S., Stagl, K. C., Salas, E., Pierce, L. y Kendall, L. (2006). Understanding team adaptation: A conceptual analysis and model. *Journal of Applied Psychology*, 91(6), 1189-1207.
- Burrell, G. (Ed.) (1992). *Crónica de la Aviación*. Barcelona, España: Plaza y Janes.
- Byrnes, R. E. y Black, R. (1993). Developing and implementing CRM programs. En E. Wiener, B. Kanki, y R. Helmreich (Eds.), *Cockpit Resource Management* (pp.

- 421-446). San Diego, CA: Academic Press.
- CAE (2018). *Human Performance and Limitations. ATPL Ground Training Series*. Oxford, UK: Oxford Aviation Academy.
- Caesar, H. (1988). International jet-loss statistics, update of airline safety. Records, lessons learned, and avoidance strategies. *Proceedings of FSF 41st Annual International Air Safety Seminar (IASS)*, Sydney, Australia.
- Campion, M. A., Medsker, G. J. y Higgs, A. C. (1993). Relations between work group characteristics and effectiveness: Implications for designing effective work groups. *Personnel Psychology*, 46, 823-850.
- Cannon-Bowers, J. A., Salas, E. y Converse, S. A. (1993). Shared mental models in expert decision-making teams. En N. J. Castellan, Jr. (Ed.), *Current issues in individual and group decision making* (pp. 221-246). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cannon-Bowers, J. A., Tannenbaum, S. I., Salas, E. y Volpe, C. E. (1995). Defining competencies and establishing team training requirements. En R. A. Guzzo y E. Salas (Eds.), *Team effectiveness and decision making in organizations* (pp. 333-381). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Carmines, E. G. y Zeller, R. A. (1979). *Reliability and validity assessment*. Newbury Park, CA: Sage.
- Castaño, D. y Hoermann, H. J. (2004). Investing for the long term: research in safety and human factors. En *26^a Conferencia de la Asociación Europea de Psicología de la Aviación*, Sesimbra, Portugal.
- Cepeda, G. A., Barroso, C. y Roldán, J. L. (2005). Investigar en Economía de la Empresa: ¿Partial Least Squares o Modelos Basados en la Covarianza? *Best Paper Proceedings 2005: el Comportamiento de la Empresa Ante Entornos Dinámicos*. AEDEM (1), 625-634. Vitoria-Gasteiz, España.

- Cepeda, G. y Roldán, J. L. (2004). Aplicando en la práctica la técnica PLS en la Administración de Empresas. Conocimiento y Competitividad. En *XIV Congreso Nacional de la Asociación Científica de Economía y Dirección de Empresa (ACEDE)* (pp. 74-78), Murcia, España.
- Chin, W. W. (1998a). The partial least squares approach to structural equation modeling. En A. George (Ed.), *Modern Methods for Business Research* (pp. 295-336). Mahwah, NJ: Laurence Erlbaum Associates.
- Chin, W. W. (1998b). Issues and opinion on structural equation modeling. *MIS Quarterly*, 22(1), 7-16.
- Chin, W. W., Marcolin, B. L. y Newsted, P. R. (2003). A partial least squares latent variable modeling approach for measuring interaction effects: Results from a Monte Carlo simulation study and an electronic mail emotion/adoption study. *Information Systems Research*, 14, 189-217.
- Cohen, S. G. y Bailey, D. E. (1997). What makes teams work: Group effectiveness research from the shop floor to the executive suite. *Journal of Management*, 23, 239-290.
- Coleman, J. (1990). *Foundations of social theory*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.
- Cooke, N. y Durso, F. (2007). *Stories of Modern Technology Failures and Cognitive Engineering Successes*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Cooper, G. E., White, M. D. y Lauber, J. K. (Eds.) (1980). *Resource Management on the Flightdeck: proceedings of a NASA Industry Workshop (NASA CP-2120)*. Moffett Field, CA: NASA-Ames Research Center.
- Corroto, S. (2012). Psicología aeronáutica: selección de pilotos en el Ejército del Aire. En D. Donoso (Coord.), *Psicología en las Fuerzas Armadas* (pp. 587-603). Madrid, España: Ministerio de Defensa.

- Cortina, J. M. (1993). What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of Applied Psychology*, 78(1), 98-104. <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.78.1.98>
- Couger, J. D. (1995). *Creative problem solving and opportunity finding*. Anvers, MA: Boyd & Fraser.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334.
- Cronbach, L. J. y Meehl, P. E. (1955). Construct validity in psychological test. *Psychological Bulletin*, 52, 281-302.
- Daniel, C. (Ed.) (1987). *Chronicle of the 20th Century*. Mount Kisco, NY: Chronicle Publications.
- Decisión (UE) del Consejo y de los Representantes de los Gobiernos de los Estados miembros de la Unión Europea, de 25 de abril de 2007, relativa a la firma y aplicación provisional del Acuerdo de transporte aéreo entre la Comunidad Europea y sus Estados miembros, por una parte, y los Estados Unidos de América, por otra. Diario Oficial de la Unión Europea, L 134, de 25.05.2007. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2007-80805>
- De Jong, B. y Dirks, K. (2012). Beyond shared perceptions of trust and monitoring in teams: Implications of asymmetry and dissensus. *Journal of Applied Psychology*, 97(2), 391-406. <http://dx.doi.org/10.1037/a0026483>
- De Jong, B., Dirks, K. y Gillespie, N. (2015). Trust and Team Performance: A Meta-Analysis of Main Effects, Contingencies, and Qualifiers. *Academy of Management Proceedings*, 2015(1), 14561-14561. <http://dx.doi.org/10.5465/ambpp.2015.234>
- DeVellis, R. F. (1991). *Scale development: Theory and applications*. Newbury Park, CA: Sage.

- Devine, D. J. (2002). A Review and Integration of Classification Systems Relevant to Teams in Organizations. *Group Dynamics: Theory, Research, and Practice*, 6, 291-310.
- DiazGranados, D., Shuffler, M. L., Wingate, J. A. y Salas, E. (2017). Team Development Interventions. En E. Salas, R. Rico y J. Passmore (Eds.), *The Psychology of Team Working and Collaborative Processes* (pp. 297-315). West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Díez Medrano, J. (1992). Métodos de análisis causal. *Cuadernos metodológicos*, 3. Madrid, España: CIS.
- Dipboye, R. L., (1992). *Selection interviews: Process perspectives*. Cincinnati, OH: South-Western.
- Directiva 2006/23/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, relativa a la licencia comunitaria de controlador de tránsito aéreo. Diario Oficial de la Europea, L 114, de 27.04.2006. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2006/114/L00022-00037.pdf>
- Dirks, K. (2000). Trust in leadership and team performance: Evidence from NCAA Basketball. *Journal of Applied Psychology*, 85(6), 1004-1012. <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.85.6.1004>
- Dirks, K. T. y Skarlicki, D. P. (2009). The relationship between being perceived as trustworthy by coworkers and individual performance. *Journal of Management*, 35, 136-157.
- Dockeray, F. y Isaacs, S. (1921). Psychological Research in Aviation in Italy, France, England, and the American Expeditionary Forces. *Journal of Comparative Psychology*, 1, 115-148.
- Dynes, R. R. (2003). Finding Order in Disorder: Continuities in the 9-11 Response. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 21(3), 9-23.

- E.A.S.A. (2015). *E.A.S.A. | European Aviation Safety Agency*. (2015). Colonia, Alemania. Recuperado de <https://www.easa.europa.eu>
- Edwards, E. (1972). *Man and machine: Systems for safety. Proceedings of the British Airline Pilots Association Technical Symposium* (pp. 21-36), London, UK.
- Ejército del Aire (1999). *Ejército del Aire. Transporte*. Madrid, España: Autor. Recuperado de <http://www.ejercitodelaire.mde.es/ea/pag?idDoc=86CE48F02C0CB52CC12574480029ABE1>
- Ejército del Aire (2015). *Directrices del CGMACOM a los Jefes de Unidad sobre la IG 10-9: Seguridad de Vuelo*. Torrejón de Ardoz, España: Mando Aéreo de Combate del Ejército del Aire.
- Ejército del Aire (2017). *Manual de C.R.M. del Ejército del Aire*. Madrid, España: División de Operaciones del Estado Mayor del Ejército del Aire.
- Ejército del Aire (2018). *Ejército del Aire. Escala de Suboficiales*. Madrid, España: Autor. Recuperado de <http://www.ejercitodelaire.mde.es/ea/pag?idDoc=A51CE054C6078761C1257C44003F111C>
- Ericsson, K. A. y Lehmann, A. C. (1996). Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology*, 47, 273-305.
- Espinosa, J. A., Lerch, J. y Kraut, R. (2004). Explicit vs. implicit coordination mechanisms and task dependencies: One size does not fit all. En E. Salas y S. M. Fiore (Eds.), *Team cognition: Understanding the Factors that Drive Process and Performance* (pp. 107-129). Washington, DC: APA Books.
- EUROCONTROL (2006). *Revising the "Swiss Cheese" Model of Accidents*. Brétigny-sur-Orge: EUROCONTROL Agency.

- Falk, R. F. y Miller, N. B. (1992). *A Primer for Soft Modeling*. Akron, OH: The University of Akron.
- Faraj, S. y Sproull, L. (2000). Coordinating expertise in software development teams. *Management Science*, *46*, 1554-1568.
- Federal Aviation Administration (1997). Aviation safety action programs. *Advisory Circular 120-66*. Washington, DC: Autor.
- Federal Aviation Administration (2007). *Pilot's Encyclopedia of Aeronautical Knowledge*. New York, NY: Skyhorse Publishing Inc.
- Federal Aviation Administration (2012). *The History of CRM* [Video]. Washington, DC: FAA TV.
- Federal Aviation Administration (2016). *Accident & Incident Data*. Washington, DC: Autor. Recuperado de https://www.faa.gov/data_research/accident_incident/
- Fernández del Vado, S. (2015). Entregas de Despachos en las Academias. *Revista Española de Defensa*, *319*, 7-11.
- Flin, R. y Martin, L. (2001). Behavioural markers for CRM: a review of current practice. *International Journal of Aviation Psychology*, *11*, 95-118.
- Fornell, C. (1982). A second generation of multivariate analysis: An overview. En C. Fornell (Ed.), *A Second Generation of Multivariate Analysis* (Vol. 1, pp. 1-21). Nueva York, NY: Praeger Publishers.
- Fornell, C. y Bookstein, F. L. (1982). A comparative analysis of two structural equation models: Lisrel and PLS applied to market data. En C. Fornell (Ed.), *A Second Generation of Multivariate Analysis* (Vol. 1, pp. 289-324). Nueva York, NY: Praeger Publishers.
- Fornell, C. y Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with

unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18, 39-50.

Freeman, C. y Simmon, D. A. (1991). Taxonomy of Crew Resource Management: Information processing domain. En R. S. Jensen (Ed.), *Proceedings of the 6th Annual International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 391-397). Columbus, OH: Ohio State University.

Garland D. J., Wisw J. A. y Hopkin V. D. (1999). *Handbook of Aviation Human Factors*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Gefen, D., Straub, D. W. y Boudreau, M. (2000). Structural equation modeling techniques and regression: Guidelines for research practice. *Communications of Association for Information System*, 4(7), 2-78.

Geisser, S. (1974). A predictive approach to the random effects model. *Biometrika*, 61, 101-107.

Geneviève, D., Sebastien, T., Simon, B., Vincent, R., Vincent, R. y Vincent, R. (2010). Team Performance and Adaptability in Crisis Management: A comparison of cross-functional and functional teams. *Proceedings of The Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 54(19), 1610-1614. <http://dx.doi.org/10.1177/154193121005401953>

Georgsdottir, A. S., Lubart, T. I. y Getz, I. (2003). The role of Flexibility in Innovation. En L. V. Shavinina (Ed.), *The International Handbook on Innovation* (pp. 180-190). Oxford, UK: Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-008044198-6/50013-9>

Germain, J. (1970). Fisiología y Psicología en Aeronáutica. Discurso inaugural del ciclo. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 25(103-104), 231-238.

Gersick, C. J. G. (1988). Time and transition in work teams: Toward a new model of group development. *Academy of Management Journal*, 41, 9-41.

- Gersick, C. J. G., y Hackman, J. R. (1990). Habitual routines in task-performing groups. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 47, 65-97.
- Gil, F., Rico, R. y Sánchez-Manzanares, M. (2008). Eficacia de equipos de trabajo. *Papeles del psicólogo*, 29(1), 25-31.
- Gist, M. E., Locke, E. A. y Taylor, M. S. (1987). Organizational behavior: Group structure, process, and effectiveness. *Journal of Management*, 13, 237-257.
- Gladstein, D. (1984). Groups in context: A model of task group effectiveness. *Administrative Science Quarterly*, 29, 499-517.
- Gómez Cerdá, A. y Cicuendez, J. M. (1993). *En busca de la aventura aérea (1926-1936)*. Madrid, España: Museo del Aire.
- Gordon, S., Mendenhall, P. y O'Connor, B. B. (2013). *Beyond the Checklist, What else Health Care can learn from Aviation Teamwork and Safety*. New York, NY: Cornell University Press.
- Graebner, M. E. (2009). Caveat venditor: Trust asymmetries in acquisitions of entrepreneurial firms. *Academy of Management Journal*, 52, 435-472. <https://doi.org/10.5465/amj.2009.41330413>
- Grajales, T. (1996). *Conceptos básicos para la investigación social*. Nuevo León, México: Publicaciones Universidad de Montemorelos.
- Greenberg, P., Greenberg, R. y Antonucci, Y. (2007). Creating and sustaining trust in virtual teams. *Business Horizons*, 50(4), 325-333. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2007.02.005>
- Gregorich, S. E. y Wilhelm, J. A. (1993). Crew Resource Management Training Assessment. En E. L. Wiener, B. G. Kanki, y R. L. Helmreich (Eds.), *Cockpit Resource Management* (pp. 173-196). San Diego, CA: Academic.

- Guilford, J. P. (1968). *Creativity, intelligence, and their educational implications*. San Diego, CA: Robert Knapp.
- Guilford, J. P. y Fruchter, B. (1984). *Estadística Aplicada a la Psicología y a la Educación*. Mexico City, Mexico: McGraw-Hill.
- Guzzo, R. A. y Dickson, M. W. (1996). Teams in organization: Recent research on performance and effectiveness. *Annual Review of Psychology*, 47, 307-338.
- Hackman, J. R. y Morris, C. G. (1975). Group tasks, group interaction processes, and group performance effectiveness: A review and proposed integration. *Advances in Experimental Psychology*, 8, 45-99.
- Hakanen, M. y Soudunsaari, A. (2012). Building Trust in High-Performing Teams. *Technology Innovation Management Review*. June 2012, 38-41.
- Hale, A. R. y Glendon, A. I. (1987). *Individual behavior in the control of danger*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Haro Tecglen, E. (1963). Operación Big Lift. *Triunfo*. Año XVIII, 76, 26-33.
- Hättig, H. J. (1991). Selección de Controladores de Tráfico Aéreo. En R. Gal y D. Mangelsdorff (Eds.), *Hanbook of Military Psychology* (pp. 159-174). Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Hawkes, N. (1992). *Vehículos*. Barcelona, España: Debate.
- Hawkins, F. H. (1987). *Human factors in flight* (2nd Ed.). Aldershot, UK: Ashgate.
- Heinonen, J. y Poikkijoki, S. (2006). An entrepreneurial-directed approach to entrepreneurship education: mission impossible? *Journal of Management*, 25, 80-94.

- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial accident prevention: a scientific approach*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Helmreich, R. L. (1997). Managing human error in aviation. *Scientific American*, 276(5), 62-67.
- Helmreich, R. L. (1999). Building safety on the three cultures of aviation. *Proceedings of the IATA Human Factors Seminar* (pp. 39- 43). Bangkok, Thailand, August 12, 1998.
- Helmreich, R. L. (2006). Red Alert. *Flight Safety Australia, September-October*, 24-31.
- Helmreich, R. L., Chidester, T. R., Foushee, H. C., Gregorich, S. E. y Wilhelm, J. A. (1990). How effective is Cockpit Resource Management training? Issues in evaluating the impact of programs to enhance crew coordination. *Flight Safety Digest*, 9(5), 1-17. Arlington, VA: Flight Safety Foundation.
- Helmreich, R. L. y Foushee, H. C. (1993). Why Crew Resource Management? Empirical and theoretical bases of human factors training in aviation. En E. Wiener, B. Kanki y R. Helmreich (Eds.), *Cockpit Resource Management* (pp. 3-45). San Diego, CA: Academic Press.
- Helmreich, R. L., Hines, W. E. y Wilhelm, J. A. (1996). *Common issues in human factors and automation use: Data from line audits at three airlines (NASA/UT/FAA Technical Report 96-1)*. Austin, TX: The University of Texas.
- Helmreich, R. L. y Merritt, A. C. (1998). *Culture at work in aviation and medicine*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Helmreich, R. L., Merritt, A. C., Sherman, P. J., Gregorich, S. E. y Wiener, E. L. (1993). *The Flight Management Attitudes Questionnaire (FMAQ) (NASA/UT/FAA Technical Report 93-4)*. Austin, TX: The University of Texas.
- Helmreich, R. L., Merritt, A. C. y 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. L. y Taggart, W. R. (1995). CRM: Where are we today? *Proceedings of the CRM Industry Update Workshop*. Seattle, WA, September 12-13, 1995.

Helmreich, R. L. y Wilhelm, J. A. (1991). Outcomes of Crew Resource Management training. *International Journal of Aviation Psychology*, 1(4), 287-300.

Henseler, J., Ringle, C. M. y Sinkovics, R. R. (2009). The use of Partial Least Squares path modelling in international marketing. *Advances in International Marketing*, 20, 277-320.

Hilton, T. F. y Dolgin, D. L. (1991). Selección de Pilotos Militares en el Mundo Libre. En R. Gal y D. Mangelsdorff (Eds.), *Hanbook of Military Psychology* (pp. 123-143). Chichester, UK: John Wiley and Sons.

Hofstede, G. (1980). *Culture's consequences: International differences in work related values*. Beverly Hills, CA: Sage.

Hoiberg, A. (1991). La Psicología Militar y el Papel de la Mujer en el Ejército. En R. Gal y D. Mangelsdorff (Eds.), *Hanbook of Military Psychology* (pp. 789-804). Chichester, UK: John Wiley and Sons.

Instrucción General 10-9 (2ª Revisión)(2006). *Organización y Funciones de la Seguridad de Vuelo en el Ejército del Aire*. Madrid, España: División de Operaciones del Estado Mayor del Ejército del Aire.

International Air Transport Association (2014). *Annual Review*. Montreal, Canadá: Autor.

International Air Transport Association (2015a). *Annual Review*. Montreal, Canadá: Autor.

- International Air Transport Association (2015b). *100 Years of Commercial Flight / Small World, Big Future*. Montreal, Canadá: Autor. Recuperado de <http://www.flying100years.com/stories>
- International Air Transport Association (2017). *IATA*. Montreal, Canadá: Autor. Recuperado de <http://www.iata.org>
- Ioerger, T. R. (2003). *Literature Review: Modeling Teamwork as Part of Human Behavior Representation (Technical Report TSSTI-TR-10- 03: Training System Science and Technology Initiative)*. College Station, TX: Texas A&M University.
- Isaksen, S. G. y Treffinger, D. J. (1985). *Creative problem solving: The basic course*. Buffalo, NY: Beady Limited.
- Jackson, R. (2003). *Aviones comerciales*. Madrid, España: LIBSA.
- Jarvenpaa, S. L., Shaw, T. R. y Staples, D. S. (2004). Toward contextualized theories of trust: The role of trust in global virtual teams. *Information Systems Research*, 15(3), 250–267.
- Jones, A. (1991). La Contribución de los Psicólogos a la Selección de Oficiales en las Fuerzas Armadas. En R. Gal y D. Mangelsdorff (Eds.), *Hanbook of Military Psychology* (pp. 103-121). Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Jones, G. R. y George, J. M. (1998). The experience and evolution of trust: Implications for cooperation and teamwork. *Academy of Management Review*, 23, 531–546.
- Kendra, J. y Wachtendorf, T. (2003a). Elements of resilience after the World Trade Center disaster: Reconstituting New York City's Emergency Operations Centre. *Disasters*, 27(1), 37-53.
- Kendra, J. y Wachtendorf, T. (2003b). Creativity in Emergency Response after the World Trade Center Attack. En *Beyond September 11th: An Account of Post*

Disaster Research. Natural Hazards Research and Applications Information Center, Public Entity Risk Institute, and Institute for Civil Infrastructure Systems. Special Publication No. 39 (pp. 121-146). Boulder, CO: Natural Hazards Research and Applications Information Center, University of Colorado.

Kendra, J. y Wachtendorf, T. (2006). Community Innovation and Disasters. En H. Rodríguez, E. Quarantelli y R. Dynes (Eds.), *Handbook of Disaster Research* (pp. 316-334). New York, NY: Springer.

Kerlinger, F. N. (1979). *Enfoque conceptual de la investigación del comportamiento*. México: Interamericana.

Kerlinger, F. N. y Lee, H. B. (2000). *Foundations of behavioral research* (4^a ed.). Fort Worth, TX: Harcourt College Publishers.

Kohn, L.T., Corrigan, J.M., & Donaldson, M.S. (2000). *To err is human: Building a safer health system*. Washington, DC: National academy press.

Koestler, A. (1964). *The Act of Creation*. London, UK: Hutchinson.

Kozlowski, S. W. J. y Ilgen, D. R. (2006). Enhancing the effectiveness of work groups and teams. *Psychological science in the public interest*, 7(3), 77-124.

Kraut, R. y Streeter, L. (1995). Coordination in large scale software development. *Communications of the ACM*, 38(3), 69-81.

Kreps, G. A. (1991). Organizing for emergency management. En T. E. Drabek y G. J. Hoetmer (Eds.), *Emergency Management: Principles and Practice for Local Governments* (pp. 30-54). Washington, DC: International City Management Association.

Kreps, G. A. y Bosworth, S. L. (1993). Disaster, Organizing, and Role Enactment: A Structural Approach. *American Journal of Sociology*, 99(2), 428-463.
<https://doi.org/10.1086/230270>

- Kreps, G. A., Bosworth, S. L., Mooney, J. A., Russell, S. T. y Myers, K. A. (1994). *Organizing, Role Enactment, and Disaster: A Structural Theory*. Newark, DE: University of Delaware Press.
- Lanero, A. (2011). *Factores sociocognitivos en el desarrollo de la iniciativa emprendedora en la educación superior universitaria* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Langfred, C. W. (2004). Too Much of a Good Thing? Negative Effects of High Trust and Individual Autonomy in Self-Managing Teams. *Academy of Management Journal*, 47(3), 385-399. <http://dx.doi.org/10.2307/201595888>
- Larson, C. y LaFasto, F. (1989). *Teamwork*. Newbury Park, CA: Sage.
- Lauber, J. K. (1984). Resource Management in the cockpit. *Air Line Pilot*, 53, 20-23.
- Leimann Patt, H. O. (1998). *CRM: Una Filosofía Operacional* (2ª Edición). Buenos Aires: Sociedad Interamericana de Psicología Aeronáutica.
- Ley 28/2006 de Agencias Estatales para la mejora de los servicios públicos (texto consolidado). B.O.E. 171, de 19.07.2006. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-13011-consolidado.pdf>
- Ley 39/2007, de 19 de noviembre, de la carrera militar (texto consolidado). B.O.E. 278, de 20.11.2007, pp. 47336-47377. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19880>
- Ley Orgánica 9/2011, de 27 de julio, de Derechos y deberes de los miembros de las Fuerzas Armadas (texto consolidado). B.O.E. 180, de 28.07.2011. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-12961-consolidado.pdf>
- Lindell, M. K., Prater, C. y Perry, R. W. (2007). *Introduction to Emergency Management*. Hoboken, NJ: Wiley.

- Lubart, T. I. (1994). Creativity. En R. J. Sternberg (Ed.). (1994), *Thinking and problem solving* (pp. 289-332). New York, NY: Academic Press.
- MacMillan, J., Entin, E. E. y Serfaty, D. (2004). Communication overhead: The hidden cost of team cognition. Team cognition. En E. Salas y S. M. Fiore (Eds.), *Team cognition: Understanding the factors that drive process and performance* (pp. 61-82). Washington, DC: American Psychological Association.
- Malone, T. W. y Crowston, K. (1994). The Interdisciplinary Study of Coordination. *ACM Computing Surveys*, 26(1), 87-119.
- March, J. y Simon, H. A. (1958). *Organizations*. New York, NY: Wiley.
- Marimón, L. (1973). *Historia de la aeronáutica*. San Javier, España: Academia General del Aire.
- Marck, B. (2009). *Ellas conquistaron el cielo*. Barcelona, España: Blume.
- Marks, M. A., Zaccaro, S. J. y Mathieu, J. E. (2000). Performance implications of leader briefings and team-interaction training for team adaptation to novel environments. *Journal of Applied Psychology*, 85, 971-986.
- Marshall, D. (2010). *Crew Resource Management: From Patient Safety to High Reliability*. Denver, CO: Safer Healthcare Partners.
- Martínez-García, J. A. y Martínez-Caro, L. (2009). La validez discriminante como criterio de evaluación de escalas: ¿teoría o estadística?. *Universitas Psychologica*, 8(1), 27-36. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64712168003>
- Mathieu, J. E., Heffner, T. S., Goodwin, G. F., Cannon-Bowers, J. A. y Salas, E. (2005). Scaling the quality of teammates' mental models: Equifinality and normative comparisons. *Journal of Organizational Behavior*, 26, 37-56.

- Mathieu, J. E., Heffner, T. S., Goodwin, G. F., Salas, E. y Cannon-Bowers, J. A. (2000). The influence of shared mental models on team process and performance. *Journal of Applied Psychology*, 85, 273-283.
- Maurino, D. E. (1999). Crew Resource Management: A Time for Reflection. En D. J. Garland, J. A. Wise y V. D. Hopkin (Eds.), *Handbook of Aviation Human Factors* (pp. 215-234), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- McEntire, D. A. (2005). Revolutionary and evolutionary change in emergency management: Assessing the need for a paradigm shift and the possibility of progress in the profession. En *FEMA Higher Education Conference*, Emmitsburg, MD.
- McGrath, J. E. y Argote, L. (2001). Group processes in organizational contexts. En M. A. Hogg y R. S. Tindale (Eds.), *Blackwell handbook of social psychology: Group processes* (Vol. 3, pp. 603-627). Oxford, UK: Blackwell.
- McKeel, G. (2012). Crew Resource Management. What's Next to SADCLAM?. *Marine Corps Gazette*, 96(5), 44-46.
- McKnight, D. H., Choudhury, V. y Kacmar, C. (2002). Developing and validating trust measures for e-commerce: An integrative typology. *Information Systems Research*, 13(3), 334-359.
- Mendonça, D., Beroggi, G. E. G. y Wallace, W. A. (2001). Decision Support for improvisation during emergency response operations. *International Journal of Emergency Management*. 1(1), 30-39.
- Merritt, A. C. (1996). *National Culture and Work Attitudes in Commercial Aviation: A Cross-Cultural Investigation* (Unpublished doctoral dissertation). The University of Texas at Austin, Austin, TX.
- Merritt, A. C. y Helmreich, R. L. (1997a). CRM: I hate it, what is it? (Error, stress,

- culture). *Proceedings of the Orient Airlines Association Air Safety Seminar* (pp. 123-134). Jakarta, Indonesia, April 23, 1996.
- Merritt, A. C. y Helmreich, R. L. (1997b). Creating and sustaining a safety culture: Some practical strategies. En B. Hayward y A. Lowe (Eds.), *Applied Aviation Psychology: Achievement, change, and challenge* (pp. 135-142). London, UK: Avebury Aviation.
- Messick, S. (1989). Validity. En R. L. Linn (Ed.), *Educational measurement* (pp. 13-103). New York, NY: American Council on Education.
- Mohrman, S. A., Cohen, S. G. y Mohrman, A. M. (1995). *Designing Team-Based Organizations: New Forms for Knowledge Work*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Molina, F. (2015). Fin de Campaña para el 43 Grupo. Ahí estamos. *Revista de Aeronáutica y Astronáutica*, 848, 953.
- Most, R. B. y Zeidner, M. (1995). Constructing personality and intelligence instruments: Methods and instruments. En D. H. Saklofse y M. Zeidner (Eds.), *International handbook of personality and intelligence* (pp. 475-503). Nueva York, NY: Plenum Press.
- Muñoz Adánez, A. (2006). *Métodos creativos para organizaciones*. Madrid, España: Pirámide.
- Muñoz-Marrón, D. (2009). El 43 Grupo en Bulgaria. *Revista de Aeronáutica y Astronáutica*, 780, 114-117. Recuperado de <http://www.ejercitodelaire.mde.es/stweb/ea/ficheros/pdf/F3C4D919B8C5AA23C125758900528FFE.pdf>
- Muñoz-Marrón, D. (2018). Factores Humanos en Aviación: CRM (Crew Resource Management-Gestión de Recursos de la Tripulación) [Human Factors in

Aviation: CRM (Crew Resource Management)]. *Papeles del Psicólogo*, 39(3), 191-199. <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2018.2870>

Muñoz-Marrón, D., Gil, F. y Lanero, A. (2018). Are crews empowered with all the resources needed to successfully address an inflight emergency? Checklists, a necessary but insufficient tool. *Aviation*, 22(3), 93–101. <https://doi.org/10.3846/aviation.2018.6254>

Museo de Aeronáutica y Astronáutica (2007). *Aviación Española. Grandes vuelos 1926/1935*. Madrid, España: Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa.

National Transportation Safety Board (1978). *Aircraft Accident Report: United Airlines, Inc. McDonnell-Douglas DC-8-81, N8082U Portland, Oregon. December 28, 1978*. Washington, DC: United States Government.

National Transportation Safety Board (1986). *Aircraft Accident Report: Delta Air Lines, Inc. Lockheed L-1011-385-1, N726DA Dallas/Fort Worth-International Airport, Texas. August 2, 1985*. Washington, DC: United States Government.

Navas, J. A. (2012). Aportación de la psicología a la formación de pilotos militares. En D. Donoso (Coord.), *Psicología en las Fuerzas Armadas* (pp. 369-384). Madrid, España: Ministerio de Defensa.

Neal, D. M. y Phillips, B. D. (1995). Effective emergency management: Reconsidering the bureaucratic approach. *Disasters*, 19, 327-337.

Newell, A., Shaw, J. C. y Simon, H. A. (1962). The process of creative thinking. En E. Gruber, G. Terrel y M. Wertheimer (Eds.), *Contemporary approaches to creative thinking*. New York, NY: Atherton.

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory*. Nueva York, NY: McGraw-Hill.

Nunnally, J. C. y Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3^a ed.). Nueva York,

NY: McGraw-Hill.

Nystrom, P. (1990). Vertical exchanges and organisational commitments of American business managers. *Group and Organisational Studies*, 15, 296-312.

O'Connor, P. y Flin, R. (2003). Crew Resource Management Training for Offshore Oil Production Teams. *Safety Science*, 41, 591-609.

O'Connor, P., Hahn, R. G. y Nullmeyer, R., (2010). The Military Perspective. En Kanki, B. G., Helmreich, R. L. y Anca, J. (Eds.), *Crew Resource Management* (pp. 445-466). San Diego, CA: Academic Press.

O'Connor, P., Jones, D., McCauley, M. y Buttrey, S. E. (2012). An evaluation of the effectiveness of the crew resource management programme in naval aviation. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 1(1), 21-40.

O'Connor, P., Muller, M. (2006). A novel human factors training curriculum for U.S. Navy diving. Paper presented at the *Undersea and Hyperbaric Medical Society Meeting*, Orlando, FL.

Orasanu, J. (1997). Estrés and naturalistic decision making: Strengthening the wak links. En R. Flinn, E. Salas, Strub, M. y Martin, L. (Eds.) (1997), *Decision making under estres. Emerging themes and applications*. Brookfield, VT: Ashgate.

Orden, de 14 de julio de 1995, sobre títulos y licencias aeronáuticos civiles. B.O.E. 176, de 25.07.1995, pp. 22723-22752. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/1995/07/25/pdfs/A22723-22752.pdf>

Orden DEF/1626/2015, de 29 de julio, *por la que se aprueban las directrices generales para la elaboración de los currículos de la enseñanza de formación para el acceso a las diferentes escalas de suboficiales de los cuerpos de las Fuerzas Armadas*. B.O.D. 150, de 04.08.2015, pp. 19010-19041.

Orden DEF/284/2016, de 23 de febrero, por la que se aprueban los currículos de la Enseñanza de Formación de Oficiales para la integración o adscripción en el Cuerpo General del Ejército del Aire mediante las formas de ingreso con titulación. B.O.E. 47, de 09.03.2016, pp. 5596-5603.

Orden DEF/287/2016, de 23 de febrero, por la que se aprueba el currículo de la enseñanza de formación de oficiales para la integración en el Cuerpo General del Ejército del Aire mediante las formas de ingreso sin titulación previa. B.O.E. 57, de 07.03.2016, pp. 18193-18199.

Orden DEF/368/2017, de 4 de abril, por la que se aprueba el Régimen del Alumnado de la enseñanza de formación y se modifica la Orden DEF/1626/2015, de 29 de julio, por la que se aprueban las directrices generales para la elaboración de los currículos de la enseñanza de formación para el acceso a las diferentes escalas de suboficiales de los cuerpos de las Fuerzas Armadas. B.O.E. 100, de 27.04.2017, pp. 32706-32729.

Orden FOM/3376/2009, de 26 de noviembre, por la que se modifica la Orden de 21 de marzo de 2000, por la que se adoptan los requisitos conjuntos de aviación para las licencias de la tripulación de vuelo relativos a las condiciones para el ejercicio de las funciones de los pilotos de los aviones civiles. B.O.E. 302, de 16.12.2009, pp. 106070-106296.

Orden Ministerial 62/2011, de 25 de agosto, por la que se aprueban los planes de estudios de la formación militar para el acceso a la escala de suboficiales correspondientes a las especialidades fundamentales del Cuerpo General del Ejército del Aire. B.O.D. 172, de 02.09.2011, pp. 23322-23328.

Orden PRE/921/2004, de 6 de abril, por la que se regula la valoración de la formación teórica y práctica y la experiencia como piloto adquiridas al servicio de las Fuerzas Armadas españolas para la obtención de los títulos y licencias requeridos a los pilotos de aviones civiles. B.O.E. 86, de 09.04.2004, pp. 14759-14766. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-6327>

- Organización de Aviación Civil Internacional (1989). *Human Factors Digest N°1: Fundamental Human Factors Concepts (Circular 216-AN/131)*. Montreal, Canadá: Autor.
- Organización de Aviación Civil Internacional (1989). *Human Factors Digest N°2: Flight Crew Training: Cockpit Resource Management (CRM) and Line-Oriented Flight Training (LOFT) (Circular 217-AN/132)*. Montreal, Canadá: Autor.
- Organización de Aviación Civil Internacional (1998). *Human Factors Training Manual (Doc. 9683-AN/950)*. Montreal, Canadá: Autor.
- Organización de Aviación Civil Internacional (2006). *Manual de sistema de gestión de la seguridad*. Montreal, Canadá: Autor.
- Organización de Aviación Civil Internacional (2013). *Situación de la seguridad de la aviación mundial*. Montreal, Canadá: Autor.
- Organización de Aviación Civil Internacional (2015a). *Air Navigation Report*. Montreal, Canadá: Autor.
- Organización de Aviación Civil Internacional (2015b). *Safety Report*. Montreal, Canadá: Autor.
- Organización de Aviación Civil Internacional (2018). *OACI: La Aviación Unida. Organismo especializado de las Naciones Unidas*. Montreal, Canadá: Autor.
Recuperado de <https://www.icao.int>
- Orlady, H. W. y Foushee, H. C. (1987). *Cockpit Resource Management Training (Technical Report NASA CP- 2455)*. Moffett Field, CA: NASA-Ames Research Center.
- Oser, R. L., Salas, E., Merket, D. C. y Bowers, C. A., (2001). Applying resource management training in naval aviation: a methodology and lessons learned. En E. Salas, C.A. Bowers y E. Edens (Eds.), *Improving Teamwork in*

- Organizations: Applications of Resource Management Training* (pp. 283-301). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pecker, B. y Pérez Grande, C. (1998). *Crónica de la Aviación Española*. Madrid, España: Sílex.
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Nueva York, NY: Basic Books.
- Perry, R. W. y Lindell, M. K. (2007). *Emergency planning*. New York, NY: John Wiley.
- Peter, J. P. y Churchill, G. A. (1986). Relationship among research design choices and psychometric properties of rating scales: A meta-analysis. *Journal of Marketing Research*, 23, 1-10.
- Peterson, R. A. (1994). A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha. *Journal of Consumer Research*, 21, 381-91.
- Pettitt, M. A. y Dunlap, J. H. (1997). *Cockpit leadership and followership skills: Theoretical perspectives and training guidelines*. Washington, DC: Federal Aviation Administration, AAR-100.
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y. y Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88, 879-903.
- Prieto, G. y Delgado, A. R. (2010). Fiabilidad y Validez. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 67-74.
- Prince, C., y Salas, E. (1993). Training and research for teamwork in the military aircrew. En E. Wiener, B. Kanki, y R. Helmreich (Eds.), *Cockpit Resource Management* (pp. 337-366). San Diego, CA: Academic Press.

- Quarantelli, E. L. (1977). Social Aspects of Disasters and their Relevance to Pre-disaster Planning. *Disasters*, 1, 98-107.
- Ranter, H. (2015). *Aviation Safety Network*. Alexandria, VA: Flight Safety Foundation.
Recuperado de <https://aviation-safety.net>
- Rantz, W. G., Dickinson, A. M., Sinclair, G. A. y Van Houten, R. (2009). The effect of feedback on the accuracy of checklist completion during instrument flight training. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 42(3), 497–509.
<http://doi.org/10.1901/jaba.2009.42-497>
- Real Academia Española (2018). *Diccionario de la Lengua Española* (23ª ed.).
Recuperado de <http://www.rae.es>
- Real Decreto 1099/94, de 27 de mayo, por el que se regulan las investigaciones e informes técnicos sobre accidentes de aeronaves militares. B.O.E. 144, de 17.06.1994, pp. 18891-18894. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/1994/06/17/pdfs/A18891-18894.pdf>
- Real Decreto 270/2000, de 25 de febrero, por el que se determinan las condiciones para el ejercicio de las funciones del personal de vuelo de las aeronaves civiles (texto consolidado). B.O.E. 64, de 15.03.2000, pp. 10572-10577. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2000-4916>
- Real Decreto 184/2008, de 8 de febrero, por el se aprueba el Estatuto de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea. B.O.E. 39, de 14.02.2008, pp. 8047-8060.
Recuperado de https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-2595
- Real Decreto 241/2009, de 2 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 270/2000, de 25 de febrero, por el que se determinan las condiciones para el ejercicio de las funciones del personal de vuelo de las aeronaves civiles, para introducir el título aeronáutico y la licencia de piloto de avión con tripulación múltiple y el requisito de competencia lingüística. B.O.E. 63, de 14.03.2009, pp.

25369 a 25374. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-4259>

Real Decreto 1516/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la licencia comunitaria de Controlador de Tránsito Aéreo (texto consolidado). B.O.E. 250, de 16.10.2009, pp. 87390-87413. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-16482>

Real Decreto 35/2010, de 15 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de *ingreso y promoción y de ordenación de la enseñanza de formación en las Fuerzas Armadas*. B.O.E., 14, de 16.01.2010, pp. 3433-3460. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2010/01/16/pdfs/BOE-A-2010-653.pdf>

Real Decreto 711/2010, de 28 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de especialidades fundamentales de las Fuerzas Armadas. B.O.E., 133, de 01.06.2010, pp. 47331-47348. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2010-8698>

Real Decreto 452/2012, de 5 de marzo, por el que se desarrolla la estructura orgánica del Ministerio de Fomento y se modifica el Real Decreto 1887/2011, de 30 de diciembre, por el que se establece la estructura orgánica básica de los departamentos ministeriales. B.O.E. 56, de 06.03.2012, pp. 18817-18841. Recuperado de https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2012-3160

Real Decreto 995/2013, de 13 de diciembre, por el que se desarrolla la regulación del Programa Estatal de Seguridad Operacional para la Aviación Civil. B.O.E. 313, de 31.12.2013, pp. 107103-107119. Recuperado de http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/BF90EE62-7E37-4308-8E61-20B7D31BE474/123171/RD995_2013.pdf

Real Decreto 595/2016, de 2 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento de especialidades fundamentales de las Fuerzas Armadas, aprobado por Real Decreto 711/2010, de 28 de mayo. B.O.E. 292, de 03.12.2016, pp. 84771-84777. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2016/12/03/pdfs/BOE-A-2016->

[11478.pdf](#)

Reason J. (1990). *Human error*. New York, NY: Cambridge University Press.

Reason J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot, UK: Ashgate.

Reglamento (CE) nº 550/2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 10 de marzo de 2004, relativo a la prestación de servicios de navegación aérea en el Cielo Único Europeo. Diario Oficial de la Unión Europea, L 96, de 31.03.2004. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2004/096/L00010-00019.pdf>

Reglamento (UE) nº 1178/2011 de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) nº 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea, L 311, de 25.11.2011. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2011/311/L00001-00193.pdf>

Reglamento (UE) nº 290/2012 de la Comisión, de 30 de marzo de 2012, que modifica el Reglamento (UE) nº 1178/2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) nº 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea, L 100/1, de 05.04.2012. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2012/100/L00001-00056.pdf>

Resolución 702/38185/2015, de 18 de noviembre, del Estado Mayor del Ejército del Aire, por la que se establece el sistema de seguridad de vuelo del Ejército del Aire como mecanismo equivalente del sistema de gestión de la seguridad operacional. B.O.E. 306, de 23.12.2015, pp. 121571-121571. Recuperado de https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-14046

- Rico, R., Sanchez-Manzanares, M., Gil, F. y Gibson, C. (2008). Team Implicit Coordination Processes: A Team Knowledge-Based Approach. *Academy of Management Review*, 33(1), 163-184. <http://dx.doi.org/10.5465/amr.2008.27751276>
- Ring, P. S. y Van de Ven, A. H. (1992). Structuring cooperative relationships between organizations. *Strategic Management Journal*, 13(7), 483-498.
- Ringle, C. M., Wende, S. y Becker, J. M. (2015). *SmartPLS 3*. Bönningstedt, Germany: SmartPLS. Recuperado de <http://www.smartpls.com>
- Ringle, C. M., Wende, S. y Will, A. (2005). *SmartPLS 2.0 (beta)*. Hamburg, Germany: University of Hamburg.
- Roed, A. (1995). *Seguridad de Vuelo*. Madrid, España: Paraninfo.
- Rojas, M. L. y Beauregard, M. S. (2007). Psicología y Aviación. *Revista Reflexiones*, 86(2), 27-37.
- Roldán, J. L. y Sánchez-Franco, M. J. (2012). Variance-based structural equation modeling: guidelines for using partial least squares in information systems research. En M. Mora, O. Gelman, A. Steenkamp y M. Raisinghani (Eds.), *Research methodologies, innovations and philosophies in software systems engineering and information systems* (pp. 193-221). Hershey, PA: IGI Global.
- Rousseau, V., Aubé, C. y Savoie, A. (2006). Teamwork behaviors: A review and an integration of frameworks. *Small Group Research*, 37(5), 540-570.
- Rousseau, D. M., Sitkin, S. B., Burt, R. S. y Camerer, C. (1998). Not so different after all: A cross-discipline view of trust. *Academy of Management Review*, 23, 393-404. <https://doi.org/10.5465/amr.1998.926617>
- Rowe, A. J. (2004). *Creative intelligence: Discovering the innovative potential in ourselves and others*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education

Incorporated/Prentice Hall.

Ruffell Smith, H. P., 1979. *A Simulator Study of the Interaction of Pilot Workload with Errors, Vigilance, and Decisions (NASA TM-78483)*. Moffett Field, CA: NASA-Ames Research Center.

Sáiz, M. y Sáiz, D. (1998). La psicología aplicada en España. *Revista de Historia de la Psicología*, 19 (1), 83-119.

Sáiz, M. y Sáiz, D. (2012). El inicio de la psicología aplicada a la aviación: desde el principio del siglo XX a la década de los años treinta. *Revista de Historia de la Psicología*, 33 (4), 7-36.

Salas, E., Bowers, C. A. y Rhodenizer, L. (1998). It is not how much you have but how you use it: Toward a rational use of simulation to support aviation training. *International Journal of Aviation Psychology*, 8(3), 197-208.

Salas, E., Burke, C., Bowers, C. A. y Wilson, K. A. (2001). Team training in the skies: Does crew resource management (CRM) training work? *Human Factors*, 43, 671-674.

Salas, E. y Cannon-Bowers, J. A. (2001). The science of training: A decade of progress. *Annual Reviews of Psychology*, 52, 471-499.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.471>

Salas, E., DiazGranados, D., Klein, C., Burke, C.S., Stagl, K.C., Goodwin, G.F. y Halpin, S.M. (2008). Does Team Training Improve Team Performance? A Meta-Analysis. *Human Factors*, 50, 903-933.

Salas, E. Dickinson, T. L., Converse, S. A. y Tannenbaum, S. I. (1992). Toward an understanding of team performance and training. En R. W. Swezey y E. Salas (Eds.), *Teams: Their training and performance* (pp. 3-29). Norwood, NJ: Ablex.

- Salas, E., Fowlkes, J. E., Scout, R. J., Milanovich, D. M. y Prince, C. (1999). Does CRM training improve teamwork skills in the cockpit? Two evaluation studies. *Human Factors*, 41(2), 326-343.
- Salas, E., Wilson, K. A. y Edens, E. (Eds.) (2009). *Critical Essays on Human Factors in Aviation: Crew Resource Management*. Hampshire, UK: Ashgate.
- Salgado, J. F. (2015). Estimating Coefficients of Equivalence and Stability for Job Performance Ratings: The importance of controlling for transient error on criterion measurement. *International Journal of Selection and Assessment*, 23, 37-44. <https://doi.org/10.1111/ijsa.12093>
- Sánchez, M. y Sarabia, F. J. (1999). Validez y fiabilidad de escalas. En F. J. Sarabia (Coord.), *Metodología para la investigación en marketing y dirección de empresas* (pp. 363-393). Madrid, España: Pirámide.
- Sánchez-Manzanares, M. (2007). *Cognición de Equipo: El papel de los Modelos Mentales de Equipo en la Coordinación y Efectividad de los Equipos de Trabajo* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Sanders, M. M. y McCormick, E. J. (1993). *Human Factors in Engineering & Design* (7th Ed.). Nueva York, NY: McGraw-Hill.
- Santa Pau, J. (2015). Un día cualquiera durante la Campaña 2015. *Revista de Aeronáutica y Astronáutica*, 848, 960-963.
- Saura, F. (Ed.)(2015). Noticiario. *Revista de Aeronáutica y Astronáutica*, 840, 150.
- Schmitt, N. y Klimoski, R. (1991). *Research Methods in Human Resources Management*. Cincinnati, OH: South-Western Publishing Co.
- Schoorman, F. D., Mayer, R. C. y Davis, J. H. (1996). Organizational trust: Philosophical perspectives and conceptual definitions. *Academy of Management Review*, 21, 337-340.

- Sebastián, M. L. (2002). Fallo humano: evitando el error. *Líneas del Tren*, 278, 22-23.
- Sebastián, M. L. (2009). Fallo humano: la quiebra de un paradigma. *Apuntes de Psicología*, 27(1), 21-51.
- Sexton, J. B., Thomas, E. J. y Helmreich R. L. (2000). Error, stress, and teamwork in medicine and aviation: cross sectional surveys. *BMJ*, 320, 745-749. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.745>
- Shappell, S. y Wiegmann, D. (2000). *The human factors analysis and classification system-HFACS*. Washington, DC: Office of Aviation Medicine, U.S. Dept. of Transportation, Federal Aviation Administration.
- Sherman, P. J., Helmreich, R. L. y Merritt, A. C. (1997). National culture and flightdeck automation: Results of a multinational survey. *International Journal of Aviation Psychology*, 7(4), 311-329.
- Shuffler, M. L., DiazGranados, D. y Salas, E. (2011). There's a science for that: Team development interventions in organizations. *Current Directions in Psychological Science*, 20, 365-372.
- Simons, D. y Withington, T. (2007). *Historia de la Aviación. Desde los pioneros hasta la exploración del espacio*. Bath, UK: Parragon Books Ltd.
- Society for Industrial and Organizational Psychology (2003). *Principles for the Validation and Use of Personnel Selection Techniques (4th Ed.)*. Bowling Green, OH: APA.
- Sonntag, S. y Volmer, J. (2009). Individual-Level Predictors of Task-Related Teamwork Processes: The Role of Expertise and Self-Efficacy in Team Meetings. *Group & Organization Management*, 34(1), 37-66. <http://dx.doi.org/10.1177/1059601108329377>

- Stachowski, A., Kaplan, S. y Waller, M. (2009). The benefits of flexible team interaction during crises. *Journal of Applied Psychology*, 94(6), 1536-1543. <http://dx.doi.org/10.1037/a0016903>
- Steiner, I. D. (1972). *Group processes and productivity*. New York, NY: Academic Press.
- Stone, M. (1974). Cross-validators choice and assessment of statistical predictions. *Journal of the Royal Statistical Society*, 36, 111-133.
- Stout, R. J., Cannon-Bowers, J. A., Salas, E. y Milanovich, D. M. (1999). Planning, shared mental models, and coordinated performance: An empirical link is established. *Human Factors*, 41, 61-71.
- Stout, R. J., Salas, E. y Fowlkes, J. (1997). Enhancing teamwork in complex environments through team training. *Group Dynamics: Theory, Research, And Practice*, 1(2), 169-182. <http://dx.doi.org/10.1037//1089-2699.1.2.169>
- Tannenbaum, S. I., Beard, R. L. y Salas, E. (1992). Team building and its influence on team effectiveness: An examination of conceptual and empirical developments. *Issues, Theory, and Research in Industrial/Organizational Psychology*, 82, 117-153.
- Taylor, J. C. y Thomas, R. L. (2003). Written Communication Practices as Impacted by a Maintenance Resource Management Training Intervention. *Journal of Air Transportation*, 8, 69-90.
- The International Churchill Society (2018). *Churchill*. Recuperado de <http://www.winstonchurchill.org>
- Thurston, B. J. y Runco, M. A. (1999). Flexibility. En M. A. Runco y S. R. Pritzker (Eds.), *Encyclopedia of Creativity* (Vol. 1, pp. 729-732). San Diego, CA: Academic Press.

- Tierney, K. (2002). Lessons Learned from Research on Group and Organizational Response to Disasters. Paper presented at *Countering Terrorism: Lessons Learned from Natural and Technological Disasters*, National Academy of Sciences, Washington, DC, February 28-March 1.
- Titus, P. A. (2000). Marketing and the creative problem-solving process. *Journal of Marketing Education*, 22, 225-235.
- Titus, P. A. (2007). Applied creativity: The creative marketing breakthrough model. *Journal of Marketing Education*, 29, 262-272.
- Torrelles, C. (2011). Eina d'avaluació de la competència de treball en equip [Teamwork competence assessment tool] (Tesis doctoral). Facultat de Ciències de l'Educació, Universitat de Lleida, Lleida, España.
- Torrelles, C., Paris, G., Sabrià, B. y Alsinet, C. (2016). Assessing teamwork competence. *Psicoyhema*, 27(4), 354-361.
- Trallero, R., Atienza, R. y Frövel, M. (2013). Evolución histórica de los trenes de aterrizaje en las aeronaves. *Revista Tecnología y Desarrollo*, Vol. XI.
- Turner, B. A. (1994). Flexibility and improvisation in emergency response, *Disaster Management*, 6(2), 84-90.
- Turner, T. P. (1995). *Cockpit Resource Management: the private pilot guide*. U.S.A.: McGraw-Hill.
- Tushman, M. y Nadler, D. (1996). Organizing for innovation. En K. Starkey. (Ed.), *How Organizations Learn* (pp. 135-155). London, UK: International Thomson Business Press.
- Undre, S., Sevdalis, N., Healey, A. N., Darzi, A. y Vincent, C. A. (2006). Teamwork in the operating theatre: Cohesion or confusion? *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 12, 182-189. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2006.00614.x>

- Van de Ven, A. H., Delbecq, L. A. y Koenig, R. J. (1976). Determinants of coordination modes within organizations. *American Sociological Review*, 41, 322-338.
- Wageman, R. (1995). Interdependence and group effectiveness. *Administrative Science Quarterly*, 40, 145-180.
- Waller, M. J. (1999). The Timing of Adaptive Group Responses to Nonroutine Events. *Academy of Management Journal*, 42(2), 127-137.
- Waller, M. J., Gupta, N. y Giambatista, R. C. (2004). Effects of adaptive behaviors and shared mental models on control crew performance. *Management Science*, 50(11), 1534-1544. Recuperado de <http://www.ucm.es/BUCM/checkip.php?docview/213182332?accountid=14514>
- Waugh, W. L. (2007). Local Emergency Management in the post-9/11 World. En W. L. Waugh Jr. y K. Tierney (2007), *Emergency management: Principles and Practice for Local Government*. Washington, DC: ICMA.
- Webb, G. R. (2004). Role Improvising During Crisis Situations. *International Journal of Emergency Management*, 2, 47-61.
- Weick, K. E. y Roberts, K. H. (1993). Collective mind in organizations: Heedful interrelating on flight decks. *Administrative Science Quarterly*, 38, 357-381.
- Werts, C. E., Linn, R. L. y Jöreskog, K. G. (1974): Interclass Reliability Estimates: Testing Structural Assumptions. *Educational and Psychological Measurement*, 34, 25-33.
- West, M. A. y Farr, J. L. (1990). Innovation at work. En M. A. West y J. L. Farr (Eds.). *Innovation and creativity at work: Psychological and organizational strategies* (pp. 3-13). Chichester, UK: Wiley.

- West, M. A. y Richards, T. (1999). Innovation. En M. A. Runco y S. R. Pritzker (Eds.), *Encyclopedia of Creativity* (Vol. 2, pp. 44-55). San Diego, CA: Academic Press.
- Westli, H., Johnsen, B., Eid, J., Rasten, I., y Brattebø, G. (2010). Teamwork skills, shared mental models, and performance in simulated trauma teams: An independent group design. *Scandinavian Journal of Trauma and Resuscitation and Emergency Medicine*, 18(1), 47. <http://dx.doi.org/10.1186/1757-7241-18-47>
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering psychology and human performance*. Nueva York, NY: Harper Collins.
- Wiegmann, D. A. y Shappell, S. A. (2001). Human error analysis of commercial aviation accidents: Application of the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). *Aviation, Space and Environmental Medicine* 72, 1006-1016.
- Wiener, E. (1993). Crew coordination and training in the advanced-technology cockpit. En E. Wiener, B. Kanki, y R. Helmreich (Eds.), *Cockpit Resource Management* (pp. 199-229). San Diego, CA: Academic Press.
- Wiener, E. Kanki, B. y Helmreich, R. (Eds.) (1993). *Cockpit Resource Management*. San Diego, CA: Academic Press.
- Williams, L. J., Vandenberg, R. J. y Edwards, J. R. (2009). Structural equation modeling in management research: A guide for improved analysis. *The Academy of Management Annals*, 3(1), 543-604. <http://dx.doi.org/10.1080/19416520903065683>
- Wise, J. (2011). What Really Happened Aboard Air France 447. *Popular Mechanics ISSN 0032-4558*. Synopsis and transcript of the pilots' conversation from 02:03:44 to 02:14:27 in French with English translation and comments.
- Wittembaum, G. M., Stasser, G. y Merry, C. J. (1996). Tacit coordination in anticipation of small group task completion. *Journal of Experimental Social*

Psychology, 32, 129-152.

Wold, H. (1979). Model construction and evaluation when theoretical knowledge is scarce: An example of the use of Partial Least Squares (Cahiers du Département D' Économétrie). Geneva, Switzerland: Faculté des Sciences Économiques et Sociales, Université de Genève.

Wold, H. (1980). *Soft modeling: Intermediate between traditional model building and data analysis*. *Mathematical Statistics*, 6, 333-346.

Wold, H. (1982). Systems under indirect observation using PLS. En C. Fornell (Ed.), *A Second Generation of Multivariate Analysis* (pp. 325-347). Nueva York, NY: Praeger Publishers.

Wold, H. (1985). Systems analysis by Partial Least Squares. En P. Nijkamp, H. Leitner y N. Wrigley (Ed.), *Measuring the unmeasurable* (pp. 221-251). Dordrecht, Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers.

Yerkes, R. (1919). Report of the psychology committee of the National Research Council. *Psychological Review*, 26(2), 83-149.

Zaltman, G.; Duncan, R. y Halbek, J. (1973). *Innovations and Organizations*. New York, NY: John Wiley & Sons.

13. ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE MISIÓN: SECUENCIA DE BAJA PELIGROSIDAD

1.- CONDICIONES INICIALES: Vuelo Málaga (LEMG) – Granada (LEGR)

- Indicativo: FOCA 31.
- Málaga (LEMG) RWY 13.
- Peso al despegue: 36200 lbs: ZFW 29200 lbs y FUEL 7000 lbs (sin espuma).
- Temperatura: 15°C.
- QNH: 1013 mbar = 29.92 pulgadas de mercurio.
- Viento: 220/5 knots.
- Visibilidad: 5 NM.
- Nubes (en pestaña CLOUDS AND VISIBILITY): OVC 500 fts, topes a 11000 fts (Fog Top: 90 / Fog Type Homogeneous/ RVR: 15000 fts) ALTOSTRATOS (ver Figura 25).

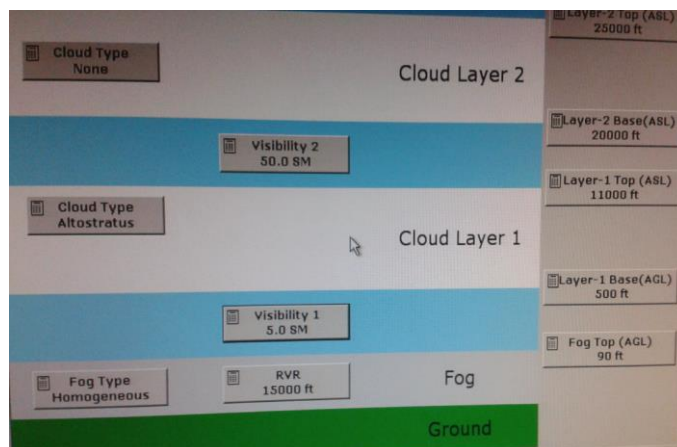


Figura 25: Imagen de la consola de control del simulador del Canadair CL-415 en la que aparecen las condiciones meteorológicas fijadas para las sesiones experimentales.

Fuente: Elaboración propia.

2.- MANIOBRAS:

Se realizan los procedimientos normales habituales (*Inspección de cabina, Antes de la puesta en marcha, Puesta en marcha, Después de la puesta en marcha, Antes de rodar, Prueba de motores y Antes del despegue*).

- SID VIBAS 1C: tiene un gradiente mínimo del 5% por motivos operacionales, por lo que podemos utilizarla, ya que nos da la oportunidad de continuar ascendiendo en línea recta hacia el mar, en caso de haber declarado emergencia e intenciones.
- La tripulación comunica en frecuencia de Málaga Rodaje pidiendo datos del campo y permiso para la puesta en marcha.
- Controlador: *“FOCA 31 puesta en marcha aprobada, pista en servicio 13, QNH 1013 mbar, temperatura en el campo 15°C, viento 220/5 knots, visibilidad 5 NM, OVC 500 ft con topes a 11000 fts, llame listo rodar”*.
- La tripulación comunica *listo rodar*.
- Controlador: *“FOCA 31 rueda hasta punto de espera RWY 13, llame listo copiar autorización”*.
- La tripulación comunica *listo copiar autorización*.
- Controlador: *“FOCA 31 autorizado según plan de vuelo instrumental a Granada, salida VIBAS 1C; nivel máximo autorizado FL100; introduzca en el transponder 5005; para más autorización posterior al despegue con Málaga Aproximación en 123.85, colacione”* (la tripulación colaciona). *“FOCA 31 copia correcta, llame alcanzando punto de espera de la pista 13 en frecuencia de torre”*.
- La tripulación comunica en frecuencia de torre *en punto de espera de la pista 13*.
- Controlador: *“FOCA 31 buenos días, comuníqueme cuando listo”*.
- La tripulación comunica *listo para el despegue*.
- Controlador: *“FOCA 31 autorizado entrar y despegar RWY 13”*
- Despegue según ficha.
- Controlador: *“FOCA 31 le tengo en contacto radar, continúe como autorizado”*. Si no pasan con Aproximación, *“FOCA 31 pase con Aproximación en 123.85”*.

- Al salir del viraje del ARCO generar la emergencia: en la pestaña ATA24-ELECTRICS pulsar BATTERY CHARGE FAILURE nº 1.
- a) Si piden volver a LEMG se les indica “FOCA 31, en estos momentos no es posible, continúe como autorizado hasta alcanzar MGA”. Al salir del viraje del ARCO y establecidos al nivel de vuelo solicitado: “FOCA 31, vire por su izquierda rumbo 310°”; le daré vectores para incorporarse en la milla 19,3 de GMM a la Aproximación ILS a la RWY 13” (NOTA: MSA = FL 85); (NOTA 2: el OCS les tiene que incorporar en la milla 22 a 7000 fts y darles descenso para 5000 fts antes de la NM 16,9 de MLG).
- b) Si continúan con el vuelo se sigue la secuencia. Al salir del viraje del ARCO y establecidos al nivel de vuelo solicitado: “FOCA 31, me dicen de Operaciones del 43 Grupo que tiene que volver a Málaga, proceda en rumbo 310°; le daré vectores para incorporarse en la milla 19,3 de GMM a la Aproximación ILS a la RWY 13” (NOTA: MSA = FL 85); (NOTA 2: el OCS les tiene que incorporar en la milla 22 a 7000 fts y darles descenso para 5000 fts antes de la NM 16,9 de MLG).
- Controlador: “FOCA 31, por su izquierda rumbo 350°” // 040° // 090° vector final, autorizado aproximación ILS a la pista 13; llame establecido en el localizador” (Si no han pedido descenso en el vector final el OCS les invitará y autorizará a descender a 5000 fts).
- La tripulación comunica establecidos en el localizador.
- Controlador: “FOCA 31, continúe con la aproximación, llame con campo a la vista”.
- La tripulación comunica campo a la vista.
- Controlador: “FOCA 31, autorizado aterrizar RWY 13”.
- La tripulación realiza el procedimiento normal de *Preaterrizaje*. El avión aterriza. Ya con el avión en tierra realizar los siguientes procedimientos normales: *Al abandonar pista* (aunque es muy probable que el avión esté parado en la pista por no tener control sobre la rueda de morro y tener un motor parado) y *Parada de motor* y las comunicaciones habituales con la torre de control.

**ANEXO 2. HOJA DE MISIÓN: SECUENCIA DE
ALTA PELIGROSIDAD.**

1.- CONDICIONES INICIALES: Vuelo Málaga (LEMG) – Granada (LEGR)

- Indicativo: FOCA 31.
- Málaga (LEMG) RWY 13.
- Peso al despegue: 36200 lbs: ZFW 29200 lbs y FUEL 7000 lbs (sin espuma).
- Temperatura: 15°C.
- QNH: 1013mbar = 29.92 pulgadas de mercurio.
- Viento: 220/5 knots.
- Visibilidad: 5 NM.
- Nubes (en pestaña CLOUDS AND VISIBILITY): OVC 500 fts, topes a 11000 fts (Fog Top: 90 / Fog Type Homogeneous/ RVR: 15000 fts) ALTOSTRATOS (ver Figura 25).

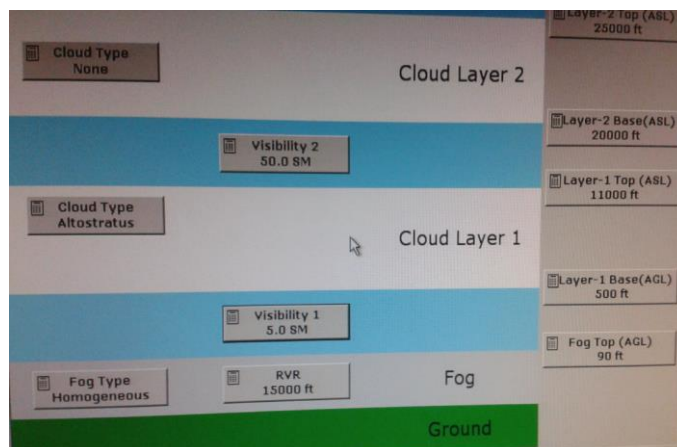


Figura 25: Imagen de la consola de control del simulador del Canadair CL-415 en la que aparecen las condiciones meteorológicas fijadas para las sesiones experimentales.

Fuente: Elaboración propia.

2.- MANIOBRAS:

Se realizan los procedimientos normales habituales (*Inspección de cabina, Antes de la puesta en marcha, Puesta en marcha, Después de la puesta en marcha, Antes de rodar, Prueba de motores y Antes del despegue*).

- o SID VIBAS 1C: tiene un gradiente mínimo del 5% por motivos operacionales, por lo que podemos utilizarla, ya que nos da la oportunidad de continuar

ascendiendo en línea recta hacia el mar, en caso de haber declarado emergencia e intenciones.

- La tripulación comunica en frecuencia de Málaga Rodaje pidiendo datos del campo y permiso para la puesta en marcha.
- *“FOCA 31 Puesta en marcha aprobada, pista en servicio 13, QNH 1013 mbar, temperatura en el campo 15°, viento 220/5 knots, visibilidad 5 NM, OVC 500 ft con topes a 11000 fts, llame listo rodar”.*
- La tripulación comunica *listo rodar*.
- Controlador: *“FOCA 31 rueda hasta punto de espera RWY 13, llame listo copiar autorización”.*
- La tripulación comunica *listo copiar autorización*.
- Controlador: *“FOCA 31 autorizado según plan de vuelo instrumental a Granada, salida VIBAS 1C; nivel máximo autorizado FL100; introduzca en el transponder 5005; para más autorización posterior al despegue con Málaga Aproximación en 123.85, colacione”* (la tripulación colaciona). *“FOCA 31 copia correcta, llame alcanzando punto de espera de la pista 13 en frecuencia de torre”.*
- La tripulación comunica en frecuencia de torre *en punto de espera de la pista 13*.
- Controlador: *“FOCA 31 buenos días, comuníqueme cuando listo”.*
- La tripulación comunica *listo para el despegue*.
- Controlador: *“FOCA 31 autorizado entrar y despegar RWY 13”.*
- Despegue según ficha.
- Controlador: *“FOCA 31 le tengo en contacto radar, continúe como autorizado”.* Si no pasan con Aproximación, *“FOCA 31 pase con Aproximación en 123.85”.*
- Emergencia: en la pestaña ATA71-POWERPLANT pulsar PRESELECT [LEFT ENGINE] ENGINE FAILURE (accelerates through) (95 knots) y PRESELECT

[RIGHT ENGINE] ENGINE FIRE INEXTINGUISHABLE (accelerates through) (100 knots).

NOTA: si realizan correctamente el procedimiento de *Fuego de un motor en vuelo* al pulsar el extintor de la botella nº1 el OCS debe anular la emergencia (el simulador no lo hace de forma automática).

- a) Si solicitan realizar un tráfico se les autoriza a realizarlo hacia el lado de la pista donde soliciten o les resulte más sencillo para que regresen al campo y aterricen.
 - b) Si aterrizan sin problemas, se estrellan, salen de la pista o toman en el mar finaliza la práctica.
- La tripulación realiza el procedimiento normal de *Preaterrizaje*. El avión aterriza (en emergencia). Ya con el avión en tierra realizar los siguientes procedimientos normales: *Al abandonar pista* (aunque es muy probable que el avión esté parado en la pista por no tener control sobre la rueda de morro y tener un motor parado) y *Parada de motor* y las comunicaciones habituales con la torre de control.

ANEXO 3. PRUEBAS EXPERIMENTALES REALIZADAS EN EL SIMULADOR

ESTUDIO PILOTO:

	Grado de Peligrosidad	FECHA
1	ALTO	Realizada 06 noviembre 2012
2	ALTO	Realizada 13 noviembre 2012
3	BAJO	Realizada 13 noviembre 2012

FASE EXPERIMENTAL:

	Grado de Peligrosidad	FECHA
1	ALTO	Realizada 12 abril 2013
2	BAJO	Realizada 18 abril 2013
3	BAJO	Realizada 19 abril 2013
4	BAJO	Realizada 25 abril 2013
5	BAJO	Realizada 26 abril 2013
6	ALTO	Realizada 30 abril 2013
7	BAJO	Realizada 30 abril 2013
8	ALTO	Realizada 04 marzo 2015
9	ALTO	Realizada 09 marzo 2015
10	ALTO	Realizada 11 marzo 2015
11	ALTO	Realizada 17 marzo 2015
12	ALTO	Realizada 18 marzo 2015
13	ALTO	Realizada 28 abril 2015
14	BAJO	Realizada 28 abril 2015
15	BAJO	Realizada 26 mayo 2015
16	BAJO	Realizada 02 junio 2015

ANEXO 4. SOBRE PARA PRESERVAR LA CONFIDENCIALIDAD



Todas las respuestas a este cuestionario serán analizadas de forma completamente confidencial y sólo serán usadas con fines estadísticos por las personas que trabajen en este estudio. No se revelarán a terceros para ninguna otra finalidad.

**ANEXO 5. CUESTIONARIO DE IDENTIFICACIÓN
DE SITUACIONES DE EMERGENCIA,
EXPERIENCIA DEL PERSONAL Y EFICACIA DE
ENTRENAMIENTO**



A continuación usted va a encontrar una serie de situaciones de **emergencia** que pueden sucederle en un vuelo realizado en el Canadair CL-415. Le pedimos que las valore en relación a su peligrosidad en una escala de 0 (nada peligroso) a 10 (extremadamente peligroso) según su experiencia en dicha aeronave. Tenga en cuenta que no existen respuestas buenas ni malas, simplemente queremos conocer su opinión, que resultará de gran ayuda para el presente estudio.

	<i>Grado de Peligrosidad</i>											
	<i>Nada peligroso</i>	<i>Poco peligroso</i>		<i>Algo Peligroso</i>		<i>Peligrosidad media</i>	<i>Bastante peligroso</i>		<i>Muy peligroso</i>	<i>Extremadamente peligroso</i>		
Fallo de motor antes de la V1 en tierra	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fallo de motor después de la V1 en tierra	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Aborto en la puesta en marcha	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sobrecalentamiento de la tobera	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mando de alabeo interferido	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Operación de las compuertas de agua por emergencia	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Baja presión hidráulica	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fallo del cargador de una batería	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Abanderado no intencionado en vuelo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Baja presión de aceite	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fallo de la barra principal nº 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fuego en el calentador de cabina	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fallo del sistema de flaps	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Luz de "flood" en el aire	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fallo del caution warning computer	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fallo del air data computer	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fallo de una bomba de combustible	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fuego de un motor en vuelo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Seguidamente, en el cuadro que aparece a continuación debe usted valorar la importancia que tiene, según su opinión, cada uno de los componentes de una tripulación de Canadair CL-215T/CL-415 en el cumplimiento con éxito de una misión de las que realiza el 43 Grupo de Fuerzas Aéreas. Para ello, imagínese una misión tipo y reparta el 100% total en tres partes (comandante de aeronave, segundo piloto y mecánico de vuelo) atendiendo a la importancia que, según su criterio, tiene cada uno de ellos en el desarrollo exitoso de la misma.

Comandante de Aeronave	Copiloto	Mecánico de Vuelo	TOTAL
%	%	%	100 %

NOTA: La suma de las tres primeras columnas debe ser igual al total recogido en la última (100%).

Del mismo modo, a continuación le pedimos que valore la importancia que tiene cada uno de los grupos de *horas de vuelo* que le presentamos en los encabezados del siguiente cuadro a la hora de definir la experiencia aeronáutica de un piloto, que va a ejercer como Comandante de Aeronave (*Pilot In Command* [P.I.C.]), para cumplir con éxito una misión de las que realiza el 43 Grupo. Para ello, al igual que hizo anteriormente, debe repartir el 100% total en tres partes (horas de vuelo totales, horas de vuelo en material CL-215T y CL-415 y horas de vuelo como P.I.C. en material CL-215T y CL-415) atendiendo a la importancia que, según su criterio, tiene cada uno de estos tres grupos.

Horas de vuelo totales (cualquier aeronave)	Horas de vuelo en material Canadair CL-215T/CL-415	Horas de vuelo como <i>Pilot in Command</i> en material Canadair CL-215T/CL-415	TOTAL
%	%	%	100 %

NOTA: La suma de las tres primeras columnas debe ser igual al total recogido en la última (100%).

Para finalizar, le pedimos que responda a las siguientes cuestiones relacionadas con el entrenamiento que realizan las tripulaciones del 43 Grupo de Fuerzas Aéreas y de cómo, según su criterio, podría mejorarse el mismo. Para ello utilice la escala que le proponemos con valores de 0 (de ningún modo) a 9 (totalmente).

	<i>De ningún modo</i>		<i>Bastante poco</i>		<i>Poco</i>		<i>Algo</i>		<i>Bastante</i>		<i>Totalmente</i>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Las emergencias que se pueden presentar en este avión están recogidas en la <i>checklist</i> .	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
La <u>formación y entrenamiento</u> que reciben las tripulaciones aéreas en el 43 Grupo prepara a estas para resolver situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad (emergencias amarillas).	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
La <u>formación y entrenamiento</u> que reciben las tripulaciones aéreas en el 43 Grupo prepara a estas para resolver situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad (emergencias rojas de la <i>checklist</i>).	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
La <u>formación y entrenamiento</u> que reciben las tripulaciones aéreas en el 43 Grupo prepara a estas para resolver situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad que NO aparecen en la <i>checklist</i> (por ejemplo, una colisión con un ave, un cruce con otra aeronave, etc).	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
La introducción en la formación y entrenamiento de las tripulaciones de un programa de creatividad (consistente en la posibilidad de aportar recursos y respuestas originales y eficaces en la resolución de problemas no previstos) favorecerá la eficacia en la resolución de situaciones de emergencia aérea de baja peligrosidad (emergencias amarillas de la <i>checklist</i>).	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
La introducción en la formación y entrenamiento de las tripulaciones de un programa de creatividad (consistente en la posibilidad de aportar recursos y respuestas originales y eficaces en la resolución de problemas no previstos) favorecerá la eficacia en la resolución de situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad (emergencias rojas de la <i>checklist</i>).	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
La introducción en la formación y entrenamiento de las tripulaciones de un programa de creatividad (consistente en la posibilidad de aportar recursos y respuestas originales y eficaces en la resolución de problemas no previstos) favorecerá la eficacia en la resolución de situaciones de emergencia aérea de alta peligrosidad NO recogidas en la <i>checklist</i> .	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

GRACIAS POR SU ESFUERZO E INTERÉS.

Le recordamos que el tratamiento de toda la información recogida será absolutamente confidencial

ANEXO 6. HOJA DE REGISTRO DE LA CONDUCTA CREATIVA



A continuación va a ver usted la grabación de una sesión de entrenamiento realizada en un simulador de vuelo de aproximadamente cinco minutos de duración. Durante este tiempo se suceden una serie de conductas llevadas a cabo por los miembros de la tripulación aérea relacionadas o no con conductas creativas.

Usted deberá marcar en el cuadro siguiente si las conductas que se señalan aparecen o no en la grabación y, en caso afirmativo, qué miembro de la tripulación la realiza, así como el número de veces que lleva a cabo cada una de ellas.

NOTA: Se debe considerar “Realiza...” cuando se ejecuta una acción y no cuando se lee momentos después la *checklist* para verificar que se ha realizado.

TRIPULACIÓN nº		Aparece nº veces		
Observador:		Copiloto	Mecánico de Vuelo	Piloto
Flexibilidad	Corrige una orden o sugerencia errónea de otro			
	Hace una sugerencia diferente (no presente en las <i>checklists</i>) para resolver la emergencia			
	Persiste en una idea previa a pesar de su ineficacia o de ser errónea (Ítem contrario)			
	No acepta una idea de otro y/o propone la suya propia (ítem contrario)			
	Aprovecha, utiliza o acepta una idea de otro (<i>feedback</i>)(“vale”, “sí”,...)			
	Pregunta o busca confirmación			
	Comparte información			
	Incapaz de aportar una idea nueva cuando se necesita (ítem contrario)			
	Tiende al abandono de una idea propia al ver que es errónea			
	Realiza acción ROJA mirando la <i>checklist</i> (ítem contrario)			
	Realiza acción NEGRA sin mirar la <i>checklist</i>			
Realiza una acción que no está asignada por <i>checklist</i> a su puesto en el avión				
PUNTUACIÓN FLEXIBILIDAD				
Originalidad	Respuesta original o infrecuente			
	Respuesta totalmente inusitada			
PUNTUACIÓN ORIGINALIDAD				
Fluidez	Responde de forma inmediata para resolver la emergencia			
	Bloqueo en las ideas: ordena algo que ya está hecho (ítem contrario)			
	Bloqueo en las ideas: no realiza un paso necesario del un procedimiento (ítem contrario)			
	Bloqueo en las ideas: realiza un paso del procedimiento cuando no toca (ítem contrario)			
	Bloqueo en las ideas: se confunde al dar una orden o realizar algo (ítem contrario)			
PUNTUACIÓN FLUIDEZ				
PUNTUACIÓN TOTAL				

GRACIAS POR SU ESFUERZO E INTERÉS.

Le recordamos que el tratamiento de toda la información recogida será absolutamente confidencial

ANEXO 7. PLANTILLA DE CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS (ÉXITO VS FRACASO)



En la siguiente plantilla debe recogerse la valoración del aterrizaje final del vuelo realizado en el simulador durante la sesión de hoy. Para realizar dicha valoración, se ha establecido una escala con diferentes valores, que corresponden a los daños humanos y materiales producidos como consecuencia directa de la actuación de la tripulación durante la gestión de la emergencia y el posterior aterrizaje. La medida presenta los siguientes valores en una escala que va de 0 (ningún daño humano ni material) a 3 (pérdida total de la aeronave y muerte de sus tripulantes), con los siguientes intervalos:

- (0) Ningún daño material ni humano. Aterrizaje perfecto.
- (1) Leves daños materiales en la aeronave. El avión consigue aterrizar, pero se sale ligeramente de la pista sin abandonar, en su totalidad, la zona asfaltada de la misma.
- (2) Graves daños materiales en la aeronave. El avión consigue aterrizar, pero se sale totalmente de la pista, abandonando la zona asfaltada de la misma.
- (3) Pérdida total de la aeronave y sus tripulantes. El avión se estrella en cualquier zona.

Marque con una “X” aquel que mejor se corresponda con el aterrizaje y la finalización del vuelo que ha tenido lugar en la sesión de hoy.

Adaptado de Mathieu, Heffner, Goodwin, Cannon-Bowers y Salas, 2005.

ANEXO 8. CUESTIONARIO DE INFORMACIÓN GENERAL Y PROCESOS DE EQUIPO

A continuación le presentamos una batería de preguntas, dividida en diferentes apartados, relacionados con la misión que ha realizado hoy en el simulador. Siga las instrucciones explicativas que encabezan cada uno de ellos y señale la respuesta que estime más conveniente. Tenga en cuenta que no hay respuestas buenas ni malas. No emplee demasiado tiempo en cada ítem y conteste lo que crea más adecuado para cada caso.

Durante la misión realizada hoy en el simulador, los miembros de esta tripulación...	<i>Totalmente en desacuerdo</i>	<i>Bastante en desacuerdo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Bastante de acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
Han pasado información relevante para la misión a los compañeros antes de que estos la solicitasen	1	2	3	4	5
Han proporcionado información sobre su desempeño a los compañeros antes de que estos lo pidiesen	1	2	3	4	5
Sólo se han echado una mano cuando un compañero se lo pidió expresamente	1	2	3	4	5
Cuando alguien estaba sobrecargado de trabajo, otros tomaron la iniciativa y completaron su tarea	1	2	3	4	5
Se han advertido cuándo podían encontrar dificultades al realizar una tarea	1	2	3	4	5
Han solicitado información relevante para la misión a sus compañeros	1	2	3	4	5
Han pedido retroalimentación sobre su desempeño a los compañeros	1	2	3	4	5
Cuando algún compañero lo pidió se han ayudado para realizar sus cometidos	1	2	3	4	5
Se han mantenido informados sobre los cambios importantes en la misión (ej. nuevas órdenes del mando, inputs durante el vuelo,...)	1	2	3	4	5
Se han preguntado entre ellos si necesitaban asistencia para realizar sus cometidos	1	2	3	4	5
Han intercambiado información sobre lo que estaba pasando	1	2	3	4	5

Durante la misión realizada hoy en el simulador...	<i>Totalmente en desacuerdo</i>	<i>Bastante en desacuerdo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Bastante de acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
Pensé en cómo trabajarían mis compañeros	1	2	3	4	5
Anticipé las dificultades que podían encontrar mis compañeros	1	2	3	4	5
Pensé en la carga de trabajo de mis compañeros	1	2	3	4	5
Anticipé las tareas que debíamos realizar	1	2	3	4	5
Pensé en qué podía hacer por mi tripulación que otros probablemente no harían	1	2	3	4	5

Con el propósito de completar la misión, los miembros de esta tripulación...	<i>Totalmente en desacuerdo</i>	<i>Bastante en desacuerdo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Bastante de acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
Llegamos a acuerdos sobre “ <i>quién hacía qué</i> ” (cuando no estaba definido en la “ <i>checklist</i> ”)	1	2	3	4	5
Fijamos límites espacio-temporales para realizar ciertas tareas durante el vuelo (ej. llamar por radio, introducir ayudas,...)	1	2	3	4	5
Hablamos sobre el modo de actuar para cumplir con la misión	1	2	3	4	5
Utilizamos representaciones externas (ej. mapas, fichas, etc.) para facilitar el desempeño de la tarea	1	2	3	4	5
Hablamos sobre la logística del equipo (ej. restricciones temporales, material disponible, etc.)	1	2	3	4	5
Hablamos sobre las posibles incidencias que podían surgir.	1	2	3	4	5
Leímos conjuntamente las fichas de salida, llegada y aproximación anticipándonos a la situación	1	2	3	4	5

GRACIAS POR SU ESFUERZO E INTERÉS. POR FAVOR, INTRODUZCA ESTA HOJA EN EL SOBRE ADJUNTO Y CIÉRRELO.

A continuación le presentamos una batería de preguntas, dividida en diferentes apartados, relacionados con la misión que ha realizado hoy en el simulador. Siga las instrucciones explicativas que encabezan cada uno de ellos y señale la respuesta que estime más conveniente. Tenga en cuenta que no hay respuestas buenas ni malas. No emplee demasiado tiempo en cada ítem y conteste lo que crea más adecuado para cada caso.

Durante la misión realizada hoy en el simulador, los miembros de esta tripulación...	<i>Totalmente en desacuerdo</i>	<i>Bastante en desacuerdo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Bastante de acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
Han pasado información relevante para la misión a los compañeros antes de que estos la solicitasen	1	2	3	4	5
Han proporcionado información sobre su desempeño a los compañeros antes de que estos lo pidiesen	1	2	3	4	5
Sólo se han echado una mano cuando un compañero se lo pidió expresamente	1	2	3	4	5
Cuando alguien estaba sobrecargado de trabajo, otros tomaron la iniciativa y completaron su tarea	1	2	3	4	5
Se han advertido cuándo podían encontrar dificultades al realizar una tarea	1	2	3	4	5
Han solicitado información relevante para la misión a sus compañeros	1	2	3	4	5
Han pedido retroalimentación sobre su desempeño a los compañeros	1	2	3	4	5
Cuando algún compañero lo pidió se han ayudado para realizar sus cometidos	1	2	3	4	5
Se han mantenido informados sobre los cambios importantes en la misión (ej. nuevas órdenes del mando, inputs durante el vuelo,...)	1	2	3	4	5
Se han preguntado entre ellos si necesitaban asistencia para realizar sus cometidos	1	2	3	4	5
Han intercambiado información sobre lo que estaba pasando	1	2	3	4	5

Durante la misión realizada hoy en el simulador...	<i>Totalmente en desacuerdo</i>	<i>Bastante en desacuerdo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Bastante de acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
Pensé en cómo trabajarían mis compañeros	1	2	3	4	5
Anticipé las dificultades que podían encontrar mis compañeros	1	2	3	4	5
Pensé en la carga de trabajo de mis compañeros	1	2	3	4	5
Anticipé las tareas que debíamos realizar	1	2	3	4	5
Pensé en qué podía hacer por mi tripulación que otros probablemente no harían	1	2	3	4	5

Con el propósito de completar la misión, los miembros de esta tripulación...	<i>Totalmente en desacuerdo</i>	<i>Bastante en desacuerdo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Bastante de acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
Llegamos a acuerdos sobre "quién hacía qué" (cuando no estaba definido en la "checklist")	1	2	3	4	5
Fijamos límites espacio-temporales para realizar ciertas tareas durante el vuelo (ej. llamar por radio, introducir ayudas,...)	1	2	3	4	5
Hablamos sobre el modo de actuar para cumplir con la misión	1	2	3	4	5
Utilizamos representaciones externas (ej. mapas, fichas, etc.) para facilitar el desempeño de la tarea	1	2	3	4	5
Hablamos sobre la logística del equipo (ej. restricciones temporales, material disponible, etc.)	1	2	3	4	5
Hablamos sobre las posibles incidencias que podían surgir.	1	2	3	4	5
Leímos conjuntamente las fichas de salida, llegada y aproximación anticipándonos a la situación	1	2	3	4	5

GRACIAS POR SU ESFUERZO E INTERÉS. POR FAVOR, INTRODUZCA ESTA HOJA EN EL SOBRE ADJUNTO Y CIÉRRELO.

A continuación le presentamos una batería de preguntas, dividida en diferentes apartados, relacionados con la misión que ha realizado hoy en el simulador. Siga las instrucciones explicativas que encabezan cada uno de ellos y señale la respuesta que estime más conveniente. Tenga en cuenta que no hay respuestas buenas ni malas. No emplee demasiado tiempo en cada ítem y conteste lo que crea más adecuado para cada caso.

Durante la misión realizada hoy en el simulador, los miembros de esta tripulación...	<i>Totalmente en desacuerdo</i>	<i>Bastante en desacuerdo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Bastante de acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
Han pasado información relevante para la misión a los compañeros antes de que estos la solicitasen	1	2	3	4	5
Han proporcionado información sobre su desempeño a los compañeros antes de que estos lo pidiesen	1	2	3	4	5
Sólo se han echado una mano cuando un compañero se lo pidió expresamente	1	2	3	4	5
Cuando alguien estaba sobrecargado de trabajo, otros tomaron la iniciativa y completaron su tarea	1	2	3	4	5
Se han advertido cuándo podían encontrar dificultades al realizar una tarea	1	2	3	4	5
Han solicitado información relevante para la misión a sus compañeros	1	2	3	4	5
Han pedido retroalimentación sobre su desempeño a los compañeros	1	2	3	4	5
Cuando algún compañero lo pidió se han ayudado para realizar sus cometidos	1	2	3	4	5
Se han mantenido informados sobre los cambios importantes en la misión (ej. nuevas órdenes del mando, inputs durante el vuelo,...)	1	2	3	4	5
Se han preguntado entre ellos si necesitaban asistencia para realizar sus cometidos	1	2	3	4	5
Han intercambiado información sobre lo que estaba pasando	1	2	3	4	5

Durante la misión realizada hoy en el simulador...	<i>Totalmente en desacuerdo</i>	<i>Bastante en desacuerdo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Bastante de acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
Pensé en cómo trabajarían mis compañeros	1	2	3	4	5
Anticipé las dificultades que podían encontrar mis compañeros	1	2	3	4	5
Pensé en la carga de trabajo de mis compañeros	1	2	3	4	5
Anticipé las tareas que debíamos realizar	1	2	3	4	5
Pensé en qué podía hacer por mi tripulación que otros probablemente no harían	1	2	3	4	5

Con el propósito de completar la misión, los miembros de esta tripulación...	<i>Totalmente en desacuerdo</i>	<i>Bastante en desacuerdo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Bastante de acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
Llegamos a acuerdos sobre "quién hacía qué" (cuando no estaba definido en la "checklist")	1	2	3	4	5
Fijamos límites espacio-temporales para realizar ciertas tareas durante el vuelo (ej. llamar por radio, introducir ayudas,...)	1	2	3	4	5
Hablamos sobre el modo de actuar para cumplir con la misión	1	2	3	4	5
Utilizamos representaciones externas (ej. mapas, fichas, etc.) para facilitar el desempeño de la tarea	1	2	3	4	5
Hablamos sobre la logística del equipo (ej. restricciones temporales, material disponible, etc.)	1	2	3	4	5
Hablamos sobre las posibles incidencias que podían surgir.	1	2	3	4	5
Leímos conjuntamente las fichas de salida, llegada y aproximación anticipándonos a la situación	1	2	3	4	5

GRACIAS POR SU ESFUERZO E INTERÉS. POR FAVOR, INTRODUZCA ESTA HOJA EN EL SOBRE ADJUNTO Y CIÉRRELO.

**ANEXO 9. MATERIAL DE APOYO PARA LA
APLICACIÓN DE LAS SESIONES
EXPERIMENTALES EN EL SIMULADOR DE
VUELO**

ANEXO 9.1. GUÍA DE LA SECUENCIA PARA LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA

PARTE 1. ANTES DE COMENZAR LA SESIÓN DE SIMULADOR

1. Nombramiento aleatorio (por parte del Escuadrón de Instrucción del 43 Grupo) de los componentes de la tripulación de vuelo para la sesión de simulador (procedimiento habitual).
2. Rellenar *datos demográficos y experiencia profesional* en el archivo Excel.

Los datos correspondientes a la *experiencia profesional* se obtienen del Sistema de Información de Unidades, Centros, Organismos y Mandos (SIUCOM) y se contrastan con los que nos proporciona cada uno de los participantes en el estudio.

Para ello:

- Abrimos el SIUCOM en el ordenador del Escuadrón de Operaciones (introducimos clave personal): **dmunma1 / Siucom02**
- Para acceder a las *Horas de Vuelo Totales* y a las *Horas de Comandante de Avión*, seguimos la ruta: Informes / Carácter Particular / Cuadro Resumen / [...] / EXCEL / Imprimir PDF y en papel.
- Para acceder a las *Horas de CL-215T y de CL-415* y a las *Horas de P.I.C. de Canadair* (sólo los pilotos), seguimos la ruta: Informes / Carácter Particular / Cuadro Resumen / [...] / Desglose de Horas (en la parte de abajo del archivo aparece *total horas por sistema de armas*). NOTA: para obtener las horas de CL-215/CL-415 y las de P.I.C. de Canadair en la misma tabla hay que sumar las de UP, 1^{er} Piloto, Instructor, SPIC y PICUS de CL-215 y CL-415 y obtendremos el total.
- Para acceder a las *Horas de Simulador*, se busca la fecha de calificación UD14 del tripulante, se multiplica por 3 horas/mes de simulador desde dicha fecha (36 horas año). Además a los OCS hay que ponerles 9 horas/mes mientras han actuado como tales (108 horas año) que se sumarían al total.

3. Preparación de 3 juegos del Anexo 8 (Cuestionario de Información General y Procesos de Equipo) y 3 sobres para cada miembro de la tripulación (llevar otros 3 cuestionarios y sobres de reserva). Colocación de paneles de separación en la sala contigua al simulador de vuelo de tal modo que se asegure la confidencialidad de las respuestas de cada miembro de la tripulación.
4. Preparación de las cámaras de vídeo en la sala del simulador:

CÁMARA 1: SONY (dentro de la cabina, frente a la tripulación).

- a) Situar la cámara y añadir Trípode + Macro.
- b) Quitar la tapa del macro.
- c) Nightshot....ON
- d) Ruleta de encendido....ON (confirmar que aparece una luz roja borrosa en la parte frontal).
- e) Colocar la cámara en la posición de grabación y comprobar que el zoom está desactivado con el visor lateral dado la vuelta (de modo que quede a la vista la pantalla táctil) y posteriormente cerrar la pantalla lateral.
- f) Con el mando a distancia de la cámara pulsar el botón rojo START (debe aparecer una 2ª luz roja al lado de la anterior, más pequeña y más nítida y quedarse ambas encendidas, lo que señala que ha comenzado la grabación).

NOTA: La carga máxima de la batería 1 tiene una duración de 109 minutos.

La carga máxima de la batería 2 tiene una duración de 92 minutos.

CÁMARA 2: CANON (en el exterior, en la parte superior de la cabina, con la escotilla abierta).

- a) Abrir escotilla superior del puesto del 2º piloto.
- b) Situar la cámara, añadir Trípode + Macro y elementos de sujeción.
- c) Quitar la tapa del macro.
- d) Night Mode.....ON

NOTA: La carga máxima de la batería 1 tiene una duración de 62 minutos.

5. Adecuar las luces y equipos a gusto de la tripulación: (NOTA: la imagen se ve más nítida con la luz de *boarding* apagada).
 - a) Luces exteriores a la cabina (las de la sala)... OFF
 - b) El resto según la necesidad de la tripulación.

PARTE 2. AL LLEGAR LA TRIPULACIÓN AL SIMULADOR

A. EN LA SALA DE BRIEFING:

6. Presentación:

“Buenos días, bienvenidos de nuevo al simulador. Hoy vamos a realizar la sesión número 2 de la semana de instrucción. Como os he comentado brevemente antes de venir, vamos a solicitar vuestra colaboración en un estudio que está realizando la Universidad Complutense de Madrid en colaboración con el Ejército del Aire para mejorar ciertos aspectos de la coordinación en cabina de las tripulaciones aéreas. Si queréis al finalizar la sesión os doy más detalles, porque ahora podría contaminar los datos. Para empezar os voy a pedir que rellenéis un cuestionario en la sala de briefing. El cuestionario consta de 2 páginas, la primera de ellas la tenéis que cumplimentar antes de realizar la misión de simulador y la segunda cuando hayamos terminado el vuelo. Para respetar la confidencialidad tenéis encima de cada cuestionario un sobre en el que debéis meter las hojas del cuestionario según terminéis cada una de las dos partes. Una vez finalizado, simplemente tenéis que cerrar el sobre que os recogeremos para realizar el análisis posterior de los datos”.

“Insisto en que el tratamiento de la información será absolutamente confidencial y no se proporcionará absolutamente a nadie (incluidos nuestros mandos) excepto al equipo investigador”.

¿Tenéis alguna duda?

7. Los participantes contestan la primera parte del cuestionario.

B. EN EL SIMULADOR DE VUELO:

- a) Una vez sentada la tripulación dentro de la cabina del simulador. “¿Tenéis alguna duda?”.
- b) “Aunque no tengamos cascos, vamos a realizar toda la misión manteniendo las comunicaciones en todo momento. Yo haré de Control Torre y vosotros sois el FOCA 31”
- c) Comienza la misión.

PARTE 3. AL FINALIZAR LA MISIÓN

EN LA SALA DE BRIEFING:

8. Los participantes contestan el resto del cuestionario.
9. Agradecimientos por su participación.
10. Se recogen los 3 sobres.
11. Cambiar la batería de la cámara y cargar las utilizadas.

PARTE 4. VOLCAR LA SESIÓN GRABADA EN EL ORDENADOR

CÁMARA 1: SONY (usar el MAC del despacho o el PC portátil).

12. Conectar el cable gris de la cámara (salida USB pequeña) al puerto USB del ordenador.
13. Ruleta de encendido....ON
14. Abrir el visor digital lateral de la cámara.
15. Pulsar: *conexión USB* (icono cilíndrico achatado de la izquierda en el visor digital lateral táctil).
16. En el ordenador abrir:
 - a) Dispositivos: NO NAME

b) MP-ROOT / 101PNV01

c) En alguna ocasión lo graba en: AVCHD / BDMV / STREAM

17. Copiar archivos al ordenador.

18. Abrir con VLC (mejor que con el Windows Media, que no permite parar la imagen).

CÁMARA 2: CANON (usar el MAC del despacho).

19. Conectar el cable negro de la parte posterior del MAC a la DV del frontal inferior de la cámara.

20. Conectar siempre la cámara a la red eléctrica.

21. Ruleta de encendido...PLAY

22. En el MAC abrir iMovie:

- Archivo / Importar desde la cámara / Importar / Crear nuevo evento / Importar (activa automáticamente la cámara, rebobina la cinta e importa el video).

Para verlo abrimos iMovie en el MAC del despacho y nos aparecen todos los proyectos. Pulsamos abajo a la izquierda en pantalla completa (ver foto).



23. Pasar los archivos al disco duro:

– Finder / Películas / Eventos de iMovie / Copiamos el archivo.

NOTA: Todos los días poner a cargar las 2 cámaras y las 2 baterías.

ANEXO 9.2. MATERIAL NECESARIO

- Seis juegos del Instrumento 4 (dos de cada tipo de tripulante).
- Seis sobres.
- Hoja de instrucciones.
- SIDs y fichas de aeródromo para tripulaciones y OCS.
- Las dos cámaras con sus respectivas baterías totalmente cargadas.
- Baterías de repuesto totalmente cargadas.
- Cables de carga a la red de ambas cámaras.
- Trípode para las dos cámaras.
- Cinta aislante para sujeción de ambas cámaras.
- Tijeras.
- Cinta de doble cara.
- Dos cintas de DV.

RESUMEN

LA CREATIVIDAD COMO COMPONENTE DE LA GESTIÓN DE RECURSOS DE LA TRIPULACIÓN (C.R.M.) Y SU INFLUENCIA EN LA PREVENCIÓN DE LOS ACCIDENTES AÉREOS

La seguridad aérea ha aumentado de forma exponencial durante la breve pero intensa historia de la aviación, a pesar de lo cual los accidentes aéreos no dejarán de estar asociados a la operación de las aeronaves. El incremento de la seguridad aérea se ha debido tanto al enorme progreso de la tecnología como al esfuerzo realizado por la ciencia psicológica en el desarrollo de los factores humanos aplicados al vuelo, fundamentalmente durante las dos últimas décadas del siglo pasado y los comienzos del siglo XXI. Dichos avances han dotado a pilotos y tripulaciones de programas de entrenamiento e instrucción cada vez más adaptados a las necesidades de cada una de sus máquinas, al tiempo que han incrementado las capacidades de los equipos humanos de trabajo. Aspectos tan relevantes en el mundo de la Psicología como son el liderazgo, los procesos de coordinación en cabina, la toma de decisiones, la mejora del rendimiento o los procesos de influencia social, son actualmente componentes fundamentales de los programas de formación de tripulaciones de las compañías aéreas más importantes y de las unidades de la fuerza aérea de las naciones más desarrolladas.

La presente investigación está motivada por el interés en contribuir a la mejora de la seguridad aérea. Para ello analizamos los factores implicados en la misma, fundamentalmente aquellos factores psicológicos y psicosociales que constituyen uno de los eslabones clave en la denominada “cadena del error”, que aparece en prácticamente la totalidad de los accidentes aéreos. Los incidentes potenciales que pueden sucederle a un avión en vuelo son infinitos y, en consecuencia, los protocolos de actuación que las compañías proporcionan a su personal (conocidos en el mundo de la aviación como *checklists*), a pesar de ser bastante completos resultan insuficientes, ya que no pueden incluir las miles de situaciones nuevas o combinadas que pudieran presentarse.

Nuestro objetivo se centra en demostrar que algunos de los accidentes aéreos con un elevado grado de peligrosidad podrían resolverse mediante la generación rápida y certera de conductas creativas por parte de la tripulación. La creatividad, como herramienta clave para resolver problemas abiertos, constituye un factor importante de respuesta de éxito ante posibles desastres de todo tipo. Este tipo de situaciones, caracterizadas por su alta peligrosidad, provocada por su novedad, imprevisibilidad, y difícil resolución, llevan asociada una frecuencia de ocurrencia tan mínima que hace imposible su inclusión en los protocolos de actuación de la tripulación. Analizando la resolución exitosa de diferentes emergencias aéreas de este tipo ocurridas a lo largo de la historia más reciente de la aviación, podemos observar que en la mayor parte de ellas el éxito de la operación fue consecuencia directa de una conducta creativa por parte de la tripulación.

Unido a este objetivo, se defiende que es posible maximizar las capacidades de las tripulaciones aéreas mejorando los actuales programas de entrenamiento en factores humanos, entre los que destacan los conocidos como programas de Gestión de Recursos de la Tripulación (-CRM- *Crew Resource Management*), incluyendo en ellos el concepto de creatividad, en cuanto a la utilización eficaz del pensamiento divergente se refiere, a la hora de enfrentarse a situaciones de alta peligrosidad.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que la generación de conductas creativas parece ser relevante para resolver las emergencias aéreas, aunque los datos, a pesar de apuntar en esa dirección, carecen del grado de significación estadística necesario y precisarían de futuros estudios para comprobar si dicha relación se mantiene. También apuntan los datos en una dirección nada desdeñable, ya que avalan la hipótesis de que la generación de ideas creativas es perjudicial en la resolución de las emergencias aéreas de carácter más rutinario, demostrando que, efectivamente, la resolución exitosa de las mismas exige del cumplimiento estricto de los procedimientos de vuelo y la utilización de las *checklists*.

En cuanto a las condiciones psicosociales dentro de las cabinas de vuelo que permitan maximizar las capacidades de las tripulaciones para enfrentarse a las

situaciones caracterizadas por un alto grado de peligrosidad, los resultados obtenidos apoyan la hipótesis de que existen una serie de variables, como pueden ser la experiencia de la tripulación o la confianza entre sus miembros, que influyen en cierta medida sobre los procesos de coordinación explícita e implícita entre los miembros de la tripulación, al tiempo que resultan relevantes para favorecer, junto a dichos procesos de coordinación, la generación de ideas creativas.

Por otra parte, atendiendo a los aspectos relacionados con la formación y entrenamiento de las tripulaciones aéreas, los resultados del estudio avalan que la introducción del concepto de creatividad en los programas de formación supondría un importante elemento de mejora en su eficacia. Los actuales programas de formación que reciben las tripulaciones aéreas son muy eficaces para resolver tanto las emergencias de baja peligrosidad, que no requieren más que el cumplimiento estricto de los procedimientos, como aquellas caracterizadas por su alto grado de peligrosidad, siempre que estas estén recogidas en las *checklists*. Sin embargo, no son lo suficientemente eficaces a la hora de resolver con éxito aquellas emergencias caracterizadas por su alta peligrosidad que no están recogidas en las *checklists*, lo que nos lleva a concluir que deben introducirse medidas adicionales para atajar con éxito este tipo de emergencias aéreas. Con dicha mejora estaríamos dotando a las aerolíneas dedicadas al transporte aéreo y a las unidades de fuerzas aéreas de los ejércitos de una herramienta valiosísima para enfrentarse con aquellas situaciones de crisis que pueden ser fatales en un vuelo, contribuyendo a un incremento en los niveles de seguridad aérea.

ABSTRACT

CREATIVITY AS A COMPONENT OF CREW RESOURCE MANAGEMENT (C.R.M.) AND ITS INFLUENCE ON THE PREVENTION OF AERIAL ACCIDENTS

Air safety has increased exponentially during the brief but intense history of aviation, despite air accidents will not be associated with the operation of aircraft. The increase in aviation security has been due either to the enormous progress of technology and to the effort made by psychological science in the development of human factors applied to flight, mainly during the last two decades of the last century and the beginning of the 21st century. These advances have provided pilots and crews with training and instruction programs that are increasingly adapted to the needs of each of their machines while increasing the capabilities of the human team works. Relevant aspects in the world of Psychology such as leadership, cockpit coordination processes, decision making, performance improvement or social influence processes, are currently fundamental components of crews training programs of the most important airlines and the air force units of the most developed nations.

The present research is motivated by the interest in contributing to the improvement of aviation safety. For this, we analyze the factors involved in it, mainly those psychological and psychosocial factors that constitute one of the key links in the so-called "chain of error", which appears in almost all air accidents. The potential incidents that can happen to a plane in flight are infinite and, consequently, the protocols of action that companies provide their personnel (known in the world of aviation as checklists), despite being quite complete, are insufficient, since they cannot include the thousands of new or combined situations that may arise.

Our goal is to demonstrate that most of the unpredictable air accidents could be solved by the fast and accurate generation of creative behaviors by the crew. Creativity, as a key tool to solve open problems, is an important factor in the successful response to

possible disasters of all kind. This type of situations, characterized by their high dangerousness, caused by their novelty, unpredictability, and difficult resolution, have associated a minimal frequency of occurrence that makes it impossible to include them in the crew's action protocols. Reviewing the successful resolution of different air emergencies of this kind occurred over the most recent history of aviation, we could see that in most of them the success of the operation was a direct result of a creative crew's behaviour.

Linked to this objective, it is argued that it is possible to maximize the capabilities of aircrews by improving the current training programs in human factors, among the so-called Crew Resource Management (C.R.M.) programs which stand out, including in them the concept of creativity, in terms of the effective use of divergent thinking, when dealing with high danger situations.

The analysis of the results obtained shows that the generation of creative behaviours seems to be relevant to solve air emergencies, although the data, pointing in that direction, lack the necessary degree of statistical significance and would require future studies to check if this relationship is maintained. Also, the data points in a non-negligible direction, as they support the hypothesis that the generation of creative ideas is detrimental in the resolution of more routine nature air emergencies, demonstrating that, effectively, the successful resolution of these requires strict compliance of flight procedures and the use of checklists.

Regarding the psychosocial conditions inside the cockpits that allow maximizing the capabilities of the crews to deal with situations characterized by a high level of dangerousness, the results obtained support the hypothesis that there is a number of variables, such as the experience of the crew or the trust among its members, that influence the processes of explicit and implicit coordination among the members of the crew, while being relevant to promote, along with these coordination processes, the generation of creative ideas.

On the other hand, responding to the aspects related to the ground and flight training of the aircrews, the results of the study support that the introduction of the concept of creativity in the training programs would be an important element of improvement in its effectiveness. The current aircrew training programs are very effective in resolving both low-hazard emergencies, which require only strict compliance of procedures, and those characterized by their high level of dangerousness, providing they are included in the checklists. However, they are not efficient enough to solve successfully those emergencies characterized by their high dangerousness that are not included in the checklists, which leads us to conclude that additional measures must be introduced to tackle in a successful way this type of air emergencies. With this improvement we would be providing airlines dedicated to air transport and air forces units of the Armed Forces of a valuable tool to deal with those situations of crisis that can be fatal during a flight, contributing to an increase of air safety levels.

