

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**

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

Autor: Francisco Marí Sagarra

Director: Ricard Marí Sagarra

## AGRADECIMIENTOS

Al Profesor, Doctor y hermano *Ricard Marí Sagarra*, por animarme a hacer esta Tesis. Por la dirección de la misma, su constante apoyo y ayuda técnica a lo largo de su desarrollo.

A *José María Mejía*, Capitán de la Marina Mercante, Psicólogo y Controlador Aéreo, por su ayuda y asesoramiento.

A *José Antonio Cervera*, Controlador Aéreo, por su colaboración en la distribución de las encuestas.

A *Luis A. De la Peña Vázquez*, Licenciado en Marina Civil y Controlador Aéreo, por su información y ayuda.

Finalmente a mi familia y en especial a mi esposa, por el tiempo que no les he podido dedicar durante el desarrollo de esta Tesis.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, muy especialmente a  
mi padre *In Memoriam*.

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

Página

**PRELIMINARES**

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Motivación y objetivos de la tesis</b> .....	4
<b>Estructura de la tesis y plan de trabajo seguido</b> .....	6

**CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL CONTROL  
DE TRÁFICO AÉREO Y MARÍTIMO**

<b>1.1. Control aéreo</b> .....	9
1.1.1 Antecedentes históricos .....	9
1.1.2 Aplicación en España .....	10
<b>1.2. Control marítimo</b> .....	
1.2.1 El problema de la libertad de navegación .....	11
1.2.2 Implantación del VTS .....	12
1.2.3 Historia de los VTS .....	14

**CAPÍTULO 2: CONTROLADORES DE TRÁFICO  
AÉREO Y MARÍTIMO**

<b>2.1 Control aéreo</b> .....	19
2.1.1 Controlador de tráfico aéreo .....	19
2.1.2 Requisitos técnicos del controlador aéreo según criterios OACI .....	19
2.1.3 Requisitos establecidos por la Administración española .....	20
2.1.3.1 Fases de evaluación .....	20
2.1.3.2 Curso básico de formación .....	23



## **CAPÍTULO 4: SERVICIO DE COMUNICACIONES**

<b>4.1 Comunicaciones aéreas</b> .....	65
4.1.1 Red fija de comunicaciones aeronáuticas .....	65
4.1.2 Plan de vuelo .....	65
4.1.3 Servicio Móvil Aeronáutico .....	67
4.1.4 Ejemplo de procedimiento de control aéreo.....	68
4.1.4.1 Fraseología.....	72
4.1.5 Coordinación entre dependencias de control .....	77
4.1.5.1 Proyecto OLDI.....	80
<b>4.2. Comunicaciones marítimas</b> .....	81
4.2.1 Radiocomunicaciones en MF .....	81
4.2.2 Radiocomunicaciones en VHF.....	82
4.2.2.1 Servicio Móvil Marítimo (SMM).....	82
4.2.2.2 Servicio Móvil Aeronáutico (SMA).....	82
4.2.2.3 Servicio Móvil Terrestre (SMT).....	83
4.2.3 Subsistema de gestión de comunicaciones (SGC).....	83
4.2.3.1 Requisitos funcionales .....	84
4.2.3.2 Control e Interfaz con Usuario .....	84
4.2.4 Sistema de mensajería.....	88
4.2.5 Sistema NAVTEX .....	88
4.2.5.1 Transmisor NAVTEX.....	89
4.2.5.2 Receptor NAVTEX .....	89
4.2.5.3 Telecomando y supervisión de equipos .....	89
4.2.5.4 Gestión del sistema NAVTEX .....	90
4.2.6 Transporte de señal .....	90
<b>4.3 Conclusiones parciales al Capítulo</b> .....	91

## **CAPÍTULO 5: INSTALACIONES Y ÁREAS DE RESPONSABILIDAD.**

<b>5.1 Dependencias que prestan servicio de control aéreo</b> .....	93
5.1.1 Torre de Control de Aeródromo.....	93
5.1.2 Servicio de Control de Aproximación .....	95

5.1.3 Centro de Control de Área Terminal .....	96
5.1.4. Área de Control .....	96
<b>5.2 Planificación de un VTS .....</b>	<b>102</b>
5.2.1 Sistemas de separación de tráfico marítimo .....	105
5.2.2 Dependencias españolas .....	109
5.2.2.1 CZCS de Tarifa .....	110
5.2.2.2 Equipamiento e instalaciones .....	110
5.2.2.3 CZCS de Finisterre .....	111
5.2.2.4 CLCS de A Coruña .....	114
5.2.2.5 Los CRCS's de Gijón y Bilbao .....	116
5.2.2.6 CRCS's del Mediterráneo español .....	116
5.2.2.6.1 Dispositivo de separación de tráfico de Cabo de Gata .....	118
5.2.2.6.2 El CRCS de Barcelona .....	120
5.2.2.7 Los CRCS's de Las Palmas y de Santa Cruz de Tenerife .....	122
<b>5.3 Conclusiones parciales al Capítulo .....</b>	<b>124</b>

## **CAPÍTULO 6: FUNCIONES.**

<b>6.1 Sistemas de vigilancia de tráfico aéreo .....</b>	<b>127</b>
6.1.1 Sistemas de Vigilancia visual .....	127
6.1.2 Vigilancia de procedimiento .....	127
6.1.3 Suministro de Servicio de Control de Tránsito Aéreo .....	129
6.1.4 Servicio de Asesoramiento del Tráfico Aéreo (ATAS) .....	131
6.1.5 Obligaciones de las dependencias de Control .....	132
6.1.6 Separación de los vuelos IFR .....	132
6.1.7 Responsabilidad en la provisión de los servicios de control de tráfico aéreo .....	133
6.1.8 Transferencia de la responsabilidad del control .....	135
6.1.8.1 Coordinación de la transferencia .....	136
6.1.9 Separación entre aeronaves .....	136
6.1.9.1 Separación en la Zona de Tránsito de Aeródromo .....	136
6.1.9.2 Separación fuera de la Zona de Tránsito de Aeródromo .....	138
6.1.10 Suspensión de las operaciones VFR .....	138

<b>6.2 Sistemas de vigilancia de tráfico marítimo</b> .....	139
6.2.1 Control de tráfico marítimo activo .....	139
6.2.2 Control de Tráfico Marítimo Pasivo.....	140
6.2.2.1 Marine Safety Information System (MSIS).....	140
6.2.2.2 Navegación oceánica y rutas meteorológicas.....	141
6.2.2.3 North Atlantic Track Agreement.....	142
6.2.2.4 Hydrolants and Hydropacs.....	143
<b>6.3 Conclusiones parciales al Capítulo</b> .....	145

## **CAPÍTULO 7: EQUIPAMIENTOS.**

<b>7.1 Equipos en el ámbito aéreo</b> .....	147
7.1.1 El radar en el ATC.....	147
7.1.2 Radar primario.....	148
7.1.3 Radar de exploración o vigilancia (ASR) .....	150
7.1.4 Radar de aproximación de precisión (PAR).....	151
7.1.5 El radar secundario de vigilancia .....	153
7.1.5.1 Características principales del radar secundario .....	154
7.1.5.2 Ventajas y Limitaciones que ofrece el SSR .....	157
7.1.5.3 Panel de un transponder en uso en aviación civil.....	159
7.1.6 Transpondedor y radar modo S .....	161
7.1.6.1 Descripción del radar modo S .....	161
7.1.6.2 Técnicas para la determinación del azimut .....	162
7.1.6.3 Cobertura y enlace de datos .....	163
7.1.6.4 Interrogación Modo S y sus características.....	165
7.1.6.5 Interrogación Intermodo .....	166
7.1.6.6 Respuesta Modo S y sus características.....	167
7.1.5.7 Características de la vigilancia radar Modo S.....	168
7.1.7 Principales tipos de mensajes.....	169
7.1.8 El Radar modo S dentro del sistema ATC .....	171
7.1.9 El Transpondedor SSR Modo S .....	172
7.1.9.1 Capacidad de los Transpondedores Modo S .....	172
7.1.9.2 Limitaciones .....	174



7.1.10 Vigilancia Dependiente Automática (ADS).....	174
7.1.10.1 Limitaciones actuales del ATC.....	174
7.1.10.2 Objetivos del ADS y zonas de aplicación.....	176
7.1.10.3 Componentes del sistema ADS.....	178
7.1.11 Operación del sistema ADS.....	180
7.1.11.1 Inicialización.....	180
7.1.11.2 Modos de Acceso ADS.....	180
7.1.11.3 Tasa de Actualización de los Informes ADS.....	181
7.1.11.4 Información Transmitida.....	181
7.1.12 Tipos de mensajes ADS.....	182
7.1.13 Formato de los mensajes ADS.....	184
7.1.14 Estado de desarrollo.....	184
7.1.15 Experiencias ADS.....	185
7.1.16 Ventajas y repercusiones operacionales.....	187
7.1.17 Inconvenientes y Soluciones.....	190
7.1.18 Participación de España en ADS.....	192
7.1.19 El ADS en Europa.....	193
7.1.20 Resultados de las pruebas.....	196
<b>7.2 Equipos en el Ámbito Marítimo.....</b>	<b>196</b>
7.2.1 El radar como sistema de abordaje y en VTS para evitar pos abordajes.....	198
7.2.2 El radar más allá de horizonte.....	204
7.2.3 El radar secundario.....	205
7.2.4 Especificaciones técnicas y operativas del sistema del control marítimo.....	206
7.2.4.1 Generales.....	206
7.2.4.2 Gestión de Radar.....	208
7.2.4.3 Gestión de Gonio.....	209
7.2.4.4 Gestión de Comunicaciones. Información.....	209
7.2.4.5 Otras funciones de Gestión.....	211
7.2.5 Gestión NAVTEX.....	212
7.2.6 Sistema de Control y Presentación.....	213
7.2.7 Configuración de Funciones.....	216

7.2.7.1 Estación de Trabajo para Presentación Datos Radar .....	216
7.2.7.2 Terminal Auxiliar de la Consola .....	217
7.2.8 Sistema de Sensores.....	217
7.2.8.1 Subsistema Radar .....	217
7.2.8.2 Procesador de Datos Radar .....	218
7.2.8.3 Consola de Mantenimiento .....	219
7.2.9 Subsistema de Radiogoniometría .....	220
7.2.10 Estación Meteorológica .....	221
<b>7.3 Conclusiones parciales al Capítulo .....</b>	<b>221</b>

## **CAPÍTULO 8: EL FACTOR HUMANO.**

<b>8.1. Definición de Factor Humano. Aspectos comunes .....</b>	<b>223</b>
<b>8.2 El factor humano en el control aéreo .....</b>	<b>232</b>
8.2.1 Antecedentes históricos .....	234
8.2.2 Datos del Factor Humano en ATC.....	237
8.2.3 Factores y Seguridad.....	246
8.2.4 Los Recursos Humanos.....	248
8.2.5 La automatización en el ATC.....	251
8.2.6 Control automatizado vs. Manual.....	252
8.2.7 De controlador a monitor .....	254
8.2.8 Investigación, diseño y certificación .....	255
<b>8.3 Factor Humano en los VTS .....</b>	<b>259</b>
8.3.1 Tipos, niveles y carga de trabajo de un VTS .....	259
8.3.2 Aproximación del factor humano de las funciones de la tripulación con las de control .....	261
8.3.2.1 Errores y violaciones .....	261
8.3.2.2 Precursores psicológicos .....	264
8.3.2.3 Defensas .....	266
8.3.2.4 Condiciones latentes .....	267
8.3.2.5 Diseño de base de datos .....	272
<b>8.4 Conclusiones parciales al Capítulo .....</b>	<b>275</b>

## **CAPÍTULO 9: TRABAJO DE CAMPO.**

### **DISEÑO Y CUMPLIMIENTO DE LAS ENCUESTAS POR LOS CONTROLADORES.**

<b>9.1 Diseño de las encuestas</b> .....	277
<b>9.2 Metodología de la encuesta</b> .....	277
<b>9.3 Justificación de los bloques</b> .....	279
<b>9.4 Encuesta contestada por los controladores aéreos</b> .....	281
9.4.1 Resultados de la encuesta .....	281
<b>9.5 Encuesta contestada por los controladores marítimos</b> .....	307
9.5.1 Resultados de la encuesta .....	308
<b>9.6 Conclusiones parciales al Capítulo</b> .....	332

## **CAPÍTULO 10: EMERGENCIAS.**

<b>10.1 Actuaciones en el ámbito aéreo</b> .....	333
10.1.1 Actuación de los Servicios de Tránsito Aéreo en casos de emergencia .....	333
10.1.2 Incidentes de tránsito aéreo en el espacio aéreo español .....	335
10.1.2.1 Introducción .....	335
10.1.2.2 Incidentes ATS notificados en 1994 .....	336
10.1.2.3 Incidentes ATS notificados en 1995 .....	337
10.1.2.4 Incidentes en Áreas de Espacio Aéreo Controlado por ACC's en 1996 .....	337
<b>10.2 Actuaciones en el ámbito marítimo</b>	
10.2.1 Marine Safety Information System (MSIS) .....	338
10.2.2 El AMVER .....	339
10.2.3 El Convenio SAR 79 y la Coordinación .....	341
10.2.4 Servicios de Tránsito Marítimo .....	342
10.2.4.1 Servicio de Alerta y Salvamento .....	343
10.2.5 Plan Nacional de Salvamento (PNS): Objetivos básicos .....	344
10.2.6 Elementos estratégicos del PNS .....	345
10.2.7 Estrategias y actuaciones .....	347

10.2.8 Search And Rescue (SAR).....	347
10.2.9 Modelo de contingencia.....	348
10.2.10 Análisis de los datos de accidentes.....	349
10.2.11 Datos estadísticos según fuentes consultadas.....	352
10.3. Conclusiones parciales al capítulo.....	355

## **CAPÍTULO 11: TENDENCIAS.**

<b>11.1 Capacidad del ATC en Europa .....</b>	<b>357</b>
11.1.1 El marco institucional europeo.....	357
11.1.2 EATCHIP.....	360
11.1.3 APATSI (Interface aeropuerto-sistema ATC).....	361
11.1.4 Otros Programas de la UE relacionados con SNA.....	362
11.1.5 Programas de Cooperación Multiestatal.....	362
11.1.6 Situación actual ATM.....	363
11.1.6.1 Gestión del espacio aéreo (ATM).....	364
11.1.6.2 Coordinación y programación de vuelos.....	364
11.1.6.3 Gestión de flujo de tránsito aéreo (AFTM).....	365
11.1.7 Evolución del sistema de gestión de tránsito aéreo.....	365
11.1.7.1 El SACTA.....	367
11.1.7.2 Madrid ACC.....	368
11.1.7.3 Unidad de Control de Sector (UCS).....	369
11.1.7.4 Subsistemas.....	370
11.1.8 Programas de Investigación.....	372
11.1.8.1 Programas de la CEE relacionados con la automatización.....	372
11.1.8.2 Programas de Eurocontrol.....	372
11.1.9 Los nuevos sistemas en Europa.....	372
11.1.9.1 Sistemas de trabajo.....	373
11.1.9.2 Sistema abierto.....	373
11.1.10 La Consola SGR-2000-S.....	375
11.1.10.1 Dispositivos de entrada.....	377
11.1.10.2 Sustitución de la ficha de papel.....	378
11.1.11 Alerta de conflicto y resolución.....	378

11.1.12 Análisis final.....	380
<b>11.2 Misiones del VTS: El proyecto SAFECO.....</b>	<b>380</b>
11.2.1 Beneficios y Costes del Control de Tráfico Marítimo.....	382
11.2.2 El RTIS.....	383
11.2.3 El VTMIS – European Vessel Traffic Management and Information Services.....	385
11.2.4 Características del VTMIS.....	385
11.2.5 Servicios del VTMIS.....	387
<b>11.3 Conclusiones parciales al Capítulo.....</b>	<b>388</b>
 <b>CAPÍTULO 12: CONTROL AÉREO Y MARÍTIMO.</b>	
<b>CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES FINALES.</b>	
12.1 Control de buques y aeronaves. Aspectos Aplicados.....	389
12.2 Diferencias Operativas.....	391
12.1.2 Analogías Operativas.....	396
12.4 Operador VTS – Controlador ATC (en España).....	398
12.5 Conclusiones.....	399
 <b>ABREVIATURAS.....</b>	 <b>403</b>
 <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	 <b>409</b>