



ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL

“MANUAL GUIA PARA LA CAPACITACION  
DE RECURSOS HUMANOS  
SOBRE LOS SISTEMAS CNS/ATM”

*Preparado por el  
Grupo de Tarea de  
Recursos Humanos y  
Capacitación*

# CONTENIDO

## SECCION I

*Página*

### GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS CNS / ATM

<b>Capítulo 1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1	Propósito .....	1
<b>Capítulo 2</b>	<b>Orígenes y evolución del concepto CNS / ATM .....</b>	<b>2</b>
2.1	Comité especial sobre sistemas de navegación aérea del futuro .....	2
<b>Capítulo 3</b>	<b>El nuevo sistema de comunicaciones.....</b>	<b>3</b>
3.1	Concepto de performance requerida del sistema.....	3
3.2	Concepto de performance de comunicaciones requerida.....	3
3.3	Enlace de datos.....	3
3.3.1	VDL Mode 1 .....	3
3.3.2	VDL Mode 2 .....	4
3.3.3	VDL Mode 3 .....	4
3.3.4	VDL Mode 4 .....	4
3.3.5	Enlace de datos en Modo S .....	4
3.3.6	Enlace de datos en HF.....	5
3.4	Comunicaciones controlador-piloto por enlace de datos.....	5
3.5	Autorizaciones antes de la salida.....	8
3.6	Comunicaciones de datos entre dependencias ATS .....	8
3.7	Servicio móvil aeronáutico por satélite.. ..	8
3.7.1	Consideraciones básicas del sistema .....	9
3.7.2	El segmento espacial de las comunicaciones por satélite .....	9
3.7.3	El segmento terrestre de las comunicaciones por satélite.....	9
3.7.4	El segmento de abordaje de las comunicaciones por satélite .....	10
3.7.5	Concepción de los sistemas de comunicaciones por satélite .....	10
3.8	<b>Red de telecomunicaciones aeronáuticas.....</b>	<b>10</b>
3.9	Beneficios del nuevo sistema de comunicaciones .....	11
<b>Capítulo 4</b>	<b>El nuevo sistema de navegación .....</b>	<b>12</b>
4.1	Concepto de performance de navegación requerida .....	12
4.2	Sistema global de navegación satelital .....	12
4.2.1	Definición.....	12
4.3	Componentes.....	12
4.3.1	Sistema de posicionamiento global .....	12
4.3.1.1	Errores .....	13
4.3.1.2	Avisos a los navegantes.....	14
4.3.2	Sistema mundial de navegación por satélite .....	15
4.4	Referencia geodésica.....	15
4.4.1	Concepto básico de geodesia.....	16
4.4.2	El elipsoide como figura de la Tierra .....	16
4.4.3	El geoide como figura de la Tierra.....	16
4.4.4	La deflexión de la vertical .....	16

	<i>Página</i>
4.4.5 El datum geodésico .....	16
4.4.6 El Sistema Geodésico Mundial de 1984.....	17
4.5 Implantación del GNSS.....	17
4.5.1 Etapa de desarrollo .....	17
4.5.2 Etapa suplementaria .....	17
4.5.3 Etapa primaria .....	18
4.6 Requisitos de performance de las ayudas para la navegación .....	18
4.6.1 Continuidad .....	18
4.6.2 Disponibilidad .....	18
4.6.3 Integridad .....	18
4.6.4 Precisión.....	18
4.7 Los tres sistemas de navegación.....	19
4.7.1 Sistema de navegación suplementario.....	19
4.7.2 Sistema de navegación primario.....	19
4.7.3 Sistema de navegación de medio único.....	19
4.8 Bases de datos .....	19
4.9 Aumentaciones.....	19
4.9.1 Sistema de aumentación de abordó .....	20
4.9.1.2 Monitoreo autónomo de la integridad del receptor .....	20
4.9.1.3 Monitoreo autónomo de la integridad de abordó.....	20
4.9.2 Sistemas de aumentación basados en tierra.....	20
4.9.2.1 Equipo SCAT-1.....	20
4.9.3 Sistemas de aumentación basados en satélites .....	20
4.9.3.1 Servicio europeo de superposición de navegación geoestacionaria .....	21
4.9.3.2 Satélite de transporte multifuncional.....	22
4.9.3.3 Sistema de aumentación de área amplia.....	23
4.9.3.4 Banco de pruebas del Caribe y Sudamérica.....	24
4.10 Beneficios del nuevo sistema de navegación .....	24
4.10.1 Beneficios operacionales anticipados.....	24
4.10.1.1 GPS como medio suplementario a la navegación en ruta.....	25
4.10.1.2 GPS como medio primario a la navegación en espacios aéreos oceánico/remotos.....	25
4.10.1.3 Aproximaciones de superposición.....	25
4.10.1.4 Aproximaciones autónomas .....	25
<b>Capítulo 5 El nuevo sistema de vigilancia .....</b>	<b>27</b>
5.1 Concepto de performance de vigilancia requerida .....	27
5.2 Vigilancia dependiente automática.....	27
5.2.1 ADS.....	28
5.2.1.1 Principios básicos .....	28
5.2.1.2 Monitoreo de conformidad.....	28
5.2.1.3 Contratos ADS .....	29
5.3 ADS - B.....	30
5.4 Componentes principales de la ADS.....	31
5.4.1 Interfaz del piloto.....	31
5.4.1.1 Mensajes ADS.....	32
5.4.2 Aviónicos .....	32
5.4.2.1 Sistema de gestión de vuelo .....	32
5.4.2.2 FANS 1 .....	33
5.4.2.3 FANS A.....	34
5.4.2.4 FANS B.....	34

5.4.2.5	Equipos de comunicación satelital .....	34
		<i>Página</i>
5.4.3	Enlace de datos.....	34
5.4.4	Interfaz de comunicaciones .....	35
5.4.5	Interfaz del controlador .....	35
5.4.6	Funciones automatizadas de la ADS .....	35
5.5	Beneficios del nuevo sistema de vigilancia.....	36
<b>Capítulo 6</b>	<b>Gestión del tránsito aéreo .....</b>	<b>37</b>
6.1	Objetivos .....	37
6.2	Componentes.....	38
6.2.1	Parte terrena .....	38
6.2.1.1	Administración del espacio aéreo.....	38
6.2.1.2	Gestión de la afluencia del tránsito aéreo.....	38
6.2.1.3	Servicios de tránsito aéreo.....	39
6.2.2	Parte aérea .....	39
6.3	El vuelo de libre opción / vuelo autónomo.....	39

## SECCION II

### PROGRAMA DE ESTUDIOS

<b>Capítulo 1</b>	<b>Generalidades .....</b>	<b>43</b>
1.1	Comunicaciones.....	43
1.2	Navegación.....	43
1.3	Vigilancia.....	43
1.4	Gestión del Tránsito Aéreo.....	43
<b>Capítulo 2</b>	<b>Programa de estudios.....</b>	<b>44</b>
2.1	Asignatura.....	44
2.2	Objetivo.....	44
2.3	Contenido.....	44
<b>Capítulo 3</b>	<b>Programa específico de instrucción.....</b>	<b>47</b>
3.1	Tripulaciones de vuelo.....	48
3.2	Controladores de tránsito aéreo.....	49
3.3	Personal técnico.....	50
<b>Capítulo 4</b>	<b>Recomendaciones</b>	
4.1	Tripulaciones de vuelo.....	51
4.2	Controladores de tránsito aéreo.....	52
4.3	Personal técnico.....	52
4.4	Recomendaciones generales.....	53
4.4.1	Selección de instructores.....	53
4.4.2	Situación actual del Plan Nacional de Implantación.....	53
4.4.3	Carga horaria.....	53
4.4.4	Evaluación.....	53

## SECCION III

## IMPACTO DE LA AUTOMATIZACIÓN CNS/ATM SOBRE LOS RECURSOS HUMANOS

<i>Prefacio</i> .....	55
<b>Capítulo</b> <b>Introducción</b> .....	57
<b>Capítulo 2</b> <b>Generalidades</b> .....	58
<b>Capítulo3</b> <b>Factores humanos</b> .....	59
3.1    Consideraciones preliminares.....	59
3.2    Incorporación de los factores humanos.....	59
3.3    Factores humanos en la implementación, educación y entrenamiento.....	60
3.4    Sistemas de apoyo a los Operadores humanos.....	60
3.5    Sistemas de apoyo a la toma de decisiones.....	60
3.6    Intenciones.....	61
3.7    Manejo del tránsito aéreo mediante el uso de estructuras.....	61
...	
<b>Capítulo 4</b> <b>Probables impactos de la automatización</b> .....	63
4.1    Interfaz hombre-máquina.....	64
4.1.1    Aspectos a tener en cuenta al considerar la comunicación hombre-máquina.....	64
4.2    Conciencia situacional.....	64
4.2.1    Error de modo.....	65
4.3    Procesamiento de la información.....	65
4.3.1    Posibles soluciones.....	66
4.4    Impactos psicológicos.....	66
4.4.1    Alternativas a considerar.....	67
4.4.2    Hipótesis.....	68
4.4.3    Cursos de acción sugeridos para la transición.....	69
4.4.4    Etapas en la implantación.....	69
4.4.5    Aprendizaje.....	71
4.4.5.1    Programas educativos.....	71
4.4.5.2    La capacitación en el trabajo.....	71
4.4.5.3    El desarrollo de procesos humanos.....	71
4.4.5.4    Diseños e implementación de sistemas de tecnología informática.....	71
4.4.6    Integración ambiente de trabajo/actividades educativas.....	71
4.5    Resumen.....	72
<b>Capítulo 5</b> <b>Consideraciones finales</b> .....	73
5.1    Resistencia al cambio.....	73
5.2    Participación.....	73
5.3    Procesamiento de la información.....	74
5.4    Automatización.....	74
5.4.1    Desafíos planteados.....	74
5.4.2    Interacciones hombre-automatismos.....	74
5.4.3    Razones para introducir automatismos.....	75

	<i>Página</i>
5.5 Solución elegida.....	...75
5.5.1 Consideraciones alternativas.....	.....75
<b>Capítulo 6 Recomendaciones.....</b>	<b>..77</b>
<b>APÉNDICE A</b>	
<b>Glosario de términos.....</b>	<b>.....79</b>
<b>APÉNDICE B</b>	
<b>Lista de referencias.....</b>	<b>.....85</b>

**SECCION I**

**“GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS CNS/ATM”**

## **Capítulo 1**

# **INTRODUCCION**

### **1.1 PROPOSITO**

En la Segunda Reunión del “Grupo de Tarea sobre Recursos Humanos y Necesidades de Capacitación” del Subgrupo de Coordinación de la Implantación CNS/ATM del GREPECAS, relacionada con los requisitos de entrenamiento dirigidos a los recursos humanos conformados por el personal aeronáutico en general, se coincidió en la conveniencia de enfatizar sobre aquellas carencias evidenciadas por gran número de Estados, y que tienen relación con los aspectos de instrucción frente al advenimiento de la nueva tecnología CNS/ATM.

Mención importante hay que formular respecto de los factores humanos y psicológicos que inciden sobre los recursos humanos, lo que se trasunta en la gestión funcional del personal aeronáutico.

El éxito de la implantación del sistema conlleva íntima relación con el éxito y motivación de los programas de instrucción que se desarrollen, en particular, por las respectivas Administraciones.

Consecuente con lo anterior, este “Manual Guía para la Capacitación de Recursos Humanos sobre los Sistemas CNS / ATM “ persigue, como fin básico, introducir en la temática de la instrucción CNS/ATM a todos los Recursos Humanos relacionados con la aviación y los servicios operativos a saber:

### **TRIPULACIONES DE VUELO**

### **CONTROLADORES DE TRANSITO AEREO**

### **PERSONAL TECNICO**

## Capítulo 2

# ORIGENES Y EVOLUCION DEL CONCEPTO CNS / ATM

### 2.1 COMITE ESPECIAL SOBRE SISTEMAS DE NAVEGACION AEREA DEL FUTURO (FANS)

A inicios de la década de los 80, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) reconoció las crecientes limitaciones de los actuales sistemas de comunicaciones, navegación, vigilancia y gestión de tránsito aéreo (CNS / ATM), así como la necesidad de efectuar mejoras para superar dichas limitaciones y satisfacer las necesidades a futuro.

En 1983, el Consejo de la OACI creó el Comité Especial sobre Sistemas de Navegación Aérea del Futuro (FANS) para que estudiara nuevos conceptos y tecnologías y recomendara un sistema que permitiera superar los problemas, tanto actuales como previstos, y guiara la aviación hacia el siglo XXI.

El Comité FANS realizó un amplio estudio de los sistemas existentes y de las posibles aplicaciones de nuevas tecnologías, y llegó a la conclusión de que las limitaciones actuales eran intrínsecas a los sistemas mismos y restringían la eficaz gestión del tránsito aéreo hasta un punto en que los problemas no podrían ser resueltos a escala mundial, salvo aplicando nuevos conceptos y nuevos sistemas CNS. El Comité FANS decidió que la única solución viable para superar dichas limitaciones y satisfacer las necesidades a futuro a nivel global y de manera efectiva en términos de costo/beneficio, era con el aprovechamiento de la tecnología satelital.

En el área de comunicaciones, se convino en introducir enlaces de datos, ya sea por VHF, satélite, HF o SSR Modo S.

En el área de navegación, se propone utilizar el Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS) con las aumentaciones adecuadas para eliminar los errores de las señales satelitales.

La vigilancia del progreso de vuelo se efectuará, en los espacios aéreos sin cobertura radar, mediante la Vigilancia Dependiente Automática (ADS), ya sea direccionable o Radiodifusión (ADS-B).

Algunos de los sistemas actuales, como por ejemplo las comunicaciones por voz en VHF y el Radar Secundario de Vigilancia (SSR), seguirán siendo útiles en los espacios aéreos adecuados.

### Capítulo 3

## EL NUEVO SISTEMA DE COMUNICACIONES

Las comunicaciones por fonía serán utilizadas para mensajes de índole crítica, tales como vectores para evitar tránsito y autorizaciones de aterrizaje en aeropuertos de mucho movimiento. Las comunicaciones por fonía también servirán de respaldo para los enlaces por medio de datos.

Las comunicaciones por enlaces de datos ya están siendo utilizadas para mensajes tales como autorizaciones antes de la partida (PDC), autorizaciones de rodaje, solicitudes/ autorizaciones de desvíos y cambios de nivel en aerovías, información ATIS de llegada y salida (D-ATIS), información meteorológica de área terminal para pilotos (TWIP), NOTAMs, etc.

### 3.1 CONCEPTO DE PERFORMANCE TOTAL REQUERIDA DEL SISTEMA (RTSP)

El sistema basado en el concepto CNS/ATM, se pretende que sea visto como la suma total de diversos componentes, tales como espacio aéreo, operaciones de vuelo, instalaciones y servicios prestados. Los conceptos de Performance de Comunicaciones Requerida (RCP) y Performance de Vigilancia Requerida (RSP) se están desarrollando y se quiere que formen, junto con la Performance de Navegación Requerida (RNP), la base del Concepto de Performance Total Requerida del Sistema (RTSP). Esto debería determinar en definitiva un patrón común para medir las prestaciones de todos los elementos constitutivos del CNS/ATM.

### 3.2 CONCEPTO DE PERFORMANCE DE COMUNICACIONES REQUERIDA (RCP)

El término Performance de Comunicaciones Requerida (RCP) está referido a un conjunto de requisitos de performance de comunicaciones definido concretamente en términos de capacidad, disponibilidad, promedio de error, demora de tráfico, etc. Una vez que se ha especificado una RCP para un escenario operacional en un espacio aéreo determinado, cualquier sistema de comunicaciones, o combinación de ellos y que cumpla con los parámetros especificados, puede ser considerado como operativamente aceptable.

### 3.3 ENLACE DE DATOS

Los enlaces de datos son parte del deseo por mejorar el flujo de información entre las computadoras de abordo y las de tierra para fines de los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS) y de Control Operacional de Aerolíneas (AOC), a la vez que ayudarán a disminuir el congestionamiento existente, en las horas de punta, en los canales de fonía.

Las radios VHF análogas hoy disponibles no son compatibles con esta nueva tecnología; la operación del VDL requiere una Radio VHF Digital (VDR).

El Aeronautical Mobile Communication Panel (AMCP) de la OACI ha definido cuatro modos de operación VDL, estando los Modos 1 y 2 con los SARPS correspondientes:

#### 3.3.1 VDL Mode 1

La utilización de radios VHF análogas para el intercambio de datos comenzó, por parte de las líneas aéreas, a partir del final de la década de los 70s. Las actuales radios de abordo VHF han sido utilizadas para la transmisión de datos entre los explotadores y sus aeronaves, por medio de estaciones de tierra especiales y redes de interconexión. El sistema denominado ACARS se ha desarrollado y ha crecido considerablemente, teniendo también una limitada utilización para fines de comunicaciones ATC.

Este sistema utiliza una radio VHF que fue diseñada para mensajes por fonía, lo que la restringe a codificar datos utilizando los tonos disponibles en las actuales comunicaciones por voz. Además, el nivel de precisión de la señal VHF no permite que un receptor decodifique los rápidos cambios de tono; en consecuencia, el promedio de transmisión de datos está restringido a 2.400 baudios por segundo (kbps).

El VDL Modo 1 ha sido especialmente diseñado para utilizar el equipo de modulación y la radio del ACARS, y usa una tecnología de enlace de datos denominada Carrier Sense Multiple Access (CSMA), por la cual todas las estaciones “hacen escucha” en un canal antes de ocupar el mismo, asegurando de esa forma que el mensaje a enviarse no interferirá con otros.

El VDL Modo 1 sólo puede transmitir datos.

### **3.3.2 VDL Mode 2**

El VDL Mode 2 es una versión mejorada del Mode 1 y también utiliza la tecnología CSMA. El promedio de transmisión de datos es de 31.500 kbps y fue seleccionado para emitir las correcciones diferenciales para el sistema de Aumentación de Area Local (LAAS) de la Federal Aviation Administration. También, el Mode 2 ha sido seleccionado para ser utilizado en el CPDLC, y sólo puede transmitir datos.

### **3.3.3 VDL Mode 3**

El VDL Mode 3 es un sistema de datos digitales y de comunicaciones integrado, que permite utilizar cuatro canales de radio sobre una portadora (con un espaciamento de 25 KHz). Utiliza una tecnología de enlace de datos llamada Time Division Multiple Access (TDMA). Mediante la misma, se divide un canal de frecuencia en lapsos (slots), empleando un tiempo exacto para programar las transmisiones.

El promedio de transmisión de datos es de 31.500 kbps y transmite voz y datos.

### **3.3.4 VDL Mode 4**

Tiene también capacidades de navegación y vigilancia. Utiliza una tecnología de enlace de datos denominada Self-organizing Time Division Multiple Access (STDMA). Mediante la misma, se divide un canal de frecuencia en espacios de tiempo (slots), y luego se utiliza un lapso exacto para programar las transmisiones

Con el VDL Mode 4, las estaciones, al transmitir, envían su posición geográfica conjuntamente con el mensaje de datos en espacios de tiempo (slots), los que se modifican dinámicamente a intervalos frecuentes.

Antes de iniciar una transmisión usando la técnica STDMA, la aeronave hace escucha en la frecuencia a utilizarse y establece una pista (track) y una tabla de espacios de tiempo de todas las demás aeronaves. Un algoritmo en el transceptor de la aeronave elige un espacio libre, o toma el espacio de la aeronave más distante. Este sistema de modulación permite que las estaciones lejanas transmitan en el mismo espacio, con el mínimo de interferencia. La STDMA no es capaz de comunicaciones por voz. No obstante, la recepción de la posición geográfica de otras aeronaves brinda una capacidad de vigilancia la que, en conjunto con una información de hora precisa, permitirá que este modo sea empleado para la navegación.

El promedio de transmisión de datos es de 19.200 kbps y transmite sólo datos.

### 3.3.5 Enlace de datos en Modo S

El Modo S permite un enlace de datos aeroterrestre, indicado especialmente para los espacios aéreos de alta densidad de tránsito. También puede operar en un ambiente mixto, en donde vuelen aeronaves equipadas con respondedores de diferentes capacidades de enlace de datos.

### 3.3.6 Enlace de datos en HF (HFDL)

Se ha demostrado la factibilidad de usar enlace de datos en HF para fines de las comunicaciones del Control de Tránsito Aéreo. Ya que las anomalías en la propagación rara vez afectan toda la banda de frecuencias HF es posible, con un sistema cuidadosamente emplazado de estaciones terrestres bien conectadas así como con la disponibilidad de un número de frecuencias adecuadas, encontrar la mejor frecuencia para la transmisión de paquetes de datos en cualquier lugar y a cualquier hora. El enlace de datos por HF es también un excelente medio de reserva para el AMSS en áreas oceánicas / remotas.

## 3.4 COMUNICACIONES CONTROLADOR - PILOTO POR ENLACE DE DATOS (CPDLC)

El CPDLC es el medio de comunicación entre controlador y piloto utilizando enlaces de datos para las comunicaciones del Control de Tránsito Aéreo. En las áreas en donde se construyan rutas CNS/ATM y/o en donde existan espacios aéreos fuera del alcance de comunicaciones en VHF, el CPDLC es el medio primario de comunicaciones, suplementándose con HF y enlaces satelitales por fonía. Los mensajes pueden ser compuestos por la utilización individual o una combinación de hasta cinco elementos del mensaje para autorizaciones, autorizaciones antes de la partida y mensajes relacionados con el Control de Tránsito Aéreo.

El CPDLC soluciona un número de defectos de los sistemas actuales:

- provee una capacidad automática de ingreso de datos, lo que permitirá a los sistemas terrestres y a las computadoras de Gestión de Vuelo (FMC) de abordaje ingresar información de índole crítica, tal como la ruta del vuelo, lo que disminuirá los errores causados por la inserción manual de datos;
- permite una significativa reducción del tiempo de transmisión, disminuyendo la congestión; y
- elimina los malentendidos debidos a deficiente calidad de voz recibida, problemas de propagación, dialectos y a la imposibilidad de tener un acceso instantáneo a la grabación de transmisiones por fonía expedidas previamente.

Lo que sigue es un extracto de los procedimientos CPDLC contenidos en el *“Material guía de Asia/ Pacífico para operaciones CNS/ATM”*:

“- Se deberá publicar un suplemento en la AIP de cada país para informar la capacidad CPDLC de una dependencia ATS, así como su dirección de contacto (**log - on**). Se requiere que el piloto especifique la capacidad CPDLC de su aeronave en el Plan de Vuelo.

Aunque el CPDLC sea el medio principal de comunicaciones, también se deberá informar a todas las aeronaves de las frecuencias de comunicación por voz adecuadas.

La aeronave que esté comunicando vía CPDLC, debería hacerlo sólo con la Dependencia de Control de Tránsito Aéreo apropiada para su segmento de ruta. La gran mayoría de los sistemas ATS desechan un mensaje si no tienen el correspondiente Plan de Vuelo.

El piloto inicia el procedimiento CPDLC enviando un mensaje de contacto, el que contiene el designador OACI del lugar, en cuatro letras, de la Dependencia de Control de Tránsito Aéreo. La misma le responderá con un mensaje de acuse de recibo.

Cuando una aeronave ingresa en un espacio aéreo en donde se utiliza CPDLC, el procedimiento recomendado es que el piloto envíe un mensaje de contacto entre 15 y 45 minutos antes de ingresar. Los intentos de contacto (*log - on*) no serán tenidos en cuenta por un sistema ATS automatizado si el número de vuelo o la matrícula utilizados en el contacto no son exactamente los mismos que aquellos contenidos en el Plan de Vuelo.

Bajo condiciones normales, la secuencia CPDLC de desconexión es iniciada por la Dependencia de Control de Tránsito Aéreo pertinente la cual envía, por un enlace ascendente, un mensaje de fin de servicio.

Respondiendo a este mensaje los equipos de abordaje:

- 1) envían, por un enlace descendente, un mensaje de desconexión. Dichos equipos consideran a la aeronave como desconectada tan pronto como el mensaje de desconexión es enviado, sin tomar en consideración si el mensaje fue recibido por la Dependencia de Control de Tránsito Aéreo; y
- 2) se desconectan y activan la desconexión. La próxima Dependencia de Control de Tránsito Aéreo podrá así intercambiar mensajes CPDLC con la aeronave.

Tanto el controlador como el piloto deberían tener en cuenta que insume hasta un minuto para que un mensaje sea recibido, lo que incluye el lapso en que el piloto (o el controlador) lo analizan y responden, y hasta un minuto para que dicha respuesta sea recibida por la otra parte. En consecuencia, se deberá tomar en consideración que pueden suceder demoras adicionales entre la transmisión y la respuesta de cualquier mensaje CPDLC.

Todos los mensajes CPDLC deberán usar la mayor cantidad posible de frases preparadas de antemano. Los mensajes de texto libre deberán usarse sólo cuando no existan las frases adecuadas preparadas de antemano.

Los mensajes de solicitud o expedición de una autorización, sólo deben ser del tipo preparado de antemano. La utilización de este tipo de mensajes posibilita su mejor procesamiento por los equipos de abordaje, permitiendo la inserción automática de algunos de los componentes de la autorización directamente a la Computadora de Gestión de Vuelo (FMC).

Estos mensajes preparados le permiten responder al controlador con mayor rapidez si el sistema ATS tiene la capacidad para brindar (automáticamente) una respuesta preparada a un mensaje del mismo tipo. Asimismo, este proceso disminuye el riesgo de cometer errores cuando se ingresa la información al sistema.

“

<b>MENSAJE</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>RESPUESTA</b>
UNABLE	Indica que el ATS no puede cumplir con la solicitud	WILCO, UNABLE, AFFIRM
REQUEST DEFERRED	Indica que el ATS ha recibido el mensaje y lo responderá	WILCO, UNABLE, AFFIRM
IMMEDIATELY TURN (direction) HEADING (degrees)	Instrucción para virar de inmediato derecha o izquierda como se especifica en el rumbo instruido	WILCO, UNABLE
REPORT REMAINING FUEL AND SOULS ON BOARD	Instrucción para reportar la cantidad de combustible remanente y el número de personas a bordo	WILCO, UNABLE, AFFIRM
CAN YOU ACCEPT (altitude) AT (time)	Instrucción para reportar si el nivel especificado puede ser aceptado a la hora especificada	AFFIRM, NEGATIVE
CHECK STUCK MICROPHONE	Una transmisión continua es detectada en la frecuencia especificada. Verifique el botón del micrófono	ROGER
REQUEST VOICE CONTACT	Solicitud de contacto por fonía	Response required
REQUEST WEATHER DEVIATION TO (position) VIA (route clearance)	Solicitud para un desvío por condiciones meteorológicas en la ruta especificada	Response required
WHEN CAN WE EXPECT HIGHER ALTITUDE	Solicitud para la hora más próxima a la cual se puede prever una autorización de ascenso	Response required

**Tabla 3-1. Algunos ejemplos de mensajes CPDLC preparados de antemano**

### **3.5 AUTORIZACIONES ANTES DE LA SALIDA (Pre -departure clearances)**

Los procedimientos de salida de los vuelos I.F.R. incluyen límites de permiso, ruta, nivel o niveles de vuelo aprobados, salida instrumental, asignación de frecuencias, restricciones de salida, etc. Estos mensajes son transmitidos por voz en VHF, lo que recarga mucho las frecuencias, ya que estas extensas autorizaciones normalmente deben colacionarse para que no existan equivocaciones o malentendidos.

Para evitar esto, en algunos aeropuertos se están enviando las autorizaciones por medio de enlaces de datos, los que son recibidos por la tripulación en la pantalla de un equipo de abordaje (puede ser el FMS). Los mensajes también pueden ser impresos y también se acusa recibo vía enlace de datos.

### **3.6 ENLACES DE DATOS ENTRE DEPENDENCIAS ATS (AIDC)**

El AIDC brinda los medios para intercambiar datos durante las fases de notificación, coordinación y transferencia de control. La utilización del AIDC reducirá sensiblemente la necesidad de coordinaciones por voz.

El formato y los procedimientos del mensaje AIDC están diseñados para ser utilizados por medio de cualquier circuito tierra - tierra, incluyendo la AFTN y la futura ATN. Los medios de comunicación empleados para la transmisión de mensajes AIDC pueden ser:

- AFTN
- ATN (en desarrollo)
- circuitos dedicados de datos

### **3.7 SERVICIO MOVIL AERONAUTICO POR SATELITE (AMSS)**

Debido a que los sistemas de vigilancia radar y equipos de comunicaciones en VHF están limitados a bandas de alcance óptico, no resultan prácticos para la vigilancia y las comunicaciones sobre regiones oceánicas o desérticas, aparte de tener que disponer de medios de apoyo tales como energía eléctrica y mantenimiento. También, las comunicaciones por HF no son enteramente aceptables por ser inseguras, de mala calidad y por necesitar demasiado apoyo técnico.

En la contraparte, las comunicaciones por satélite pueden suministrar al instante servicios de comunicaciones de voz y datos de gran calidad, independientemente del tipo de espacio aéreo de que se trate.

El AMSS transmite datos y voz digitalmente, mejorando sensiblemente la eficiencia y la efectividad debido a una mayor flexibilidad y performance de procesamiento. La puesta en servicio del encaminamiento ATN para el VDL (VHF Digital Link) también mejorará la performance del enlace del Sistema Móvil Aeronáutico por Satélite .

El AMSS ha sido introducido en etapas, para permitirle a los usuarios obtener beneficios de las mayores capacidades. Las antenas omnidireccionales han sido reemplazadas por antenas direccionales que posibilitan comunicaciones de datos a alta velocidad y de voz digitalizada.

#### **3.7.1 Consideraciones básicas del sistema**

En la selección de órbitas de los satélites de comunicaciones móviles y de servicios de navegación, hay que considerar numerosos factores. La utilización de la órbita geoestacionaria para los satélites de comunicaciones y la órbita circular intermedia para los satélites de navegación, ha resultado la mejor solución.

La órbita geoestacionaria es la órbita circular en el plano ecuatorial de la Tierra, en la que el período orbital equivale al período de rotación del planeta. Así, al situar un satélite en esa órbita, aparentará permanecer en un punto fijo sobre el Ecuador. Las antenas del satélite pueden disponerse de forma tal que iluminen la totalidad del disco terrestre visible desde el satélite y, llegado el caso, a determinadas regiones que aparezcan contenidas en ese disco. Así, con pocos satélites geoestacionarios (provistos de antenas que cubran la esfera terrestre) y que estén distribuidos en longitud según sea necesario, se podrá dar cobertura en todo el planeta, excepto en las latitudes polares más alejadas, cuando estén por debajo del horizonte radial.

Los satélites geoestacionarios, al igual que los demás, están sujetos a perturbaciones orbitales tales como la gravedad y otras fuerzas que actúan sobre ellos. Por tanto, se los equipa con dispositivos de mantenimiento de la posición que consisten en microimpulsores actuados por órdenes enviadas desde las estaciones de control en tierra, en caso de que el satélite se desvíe de la órbita y supere ciertos límites de la posición orbital designada. El combustible que puede llevarse a bordo de un satélite para las maniobras de mantenimiento en posición, es necesariamente limitado. Cuando se agota, el satélite se aleja de la posición y con el tiempo queda inutilizado, independientemente de la condición de sus componentes eléctricos y electrónicos. Para potenciar la vida útil del satélite en órbita, se pone mucho cuidado en trazar planes de mantenimiento en posición que exijan un gasto mínimo de combustible. No obstante, el fin de la vida útil del satélite se debe más al agotamiento del combustible usado con fines de mantenimiento de la posición que a los fallos en los equipos eléctrico o electrónicos.

Una de las ventajas de los satélites geoestacionarios radica en que las antenas de las estaciones terrestres sólo se utilizan para detectar hasta la mínima desviación de sus posiciones nominales en el espacio. Estos desvíos se definen como límites del mantenimiento en posición. Gracias a ello se simplifica considerablemente la concepción de la antena. Sin embargo, las antenas de gran apertura que poseen las mayorías de las estaciones terrenas, constituyen una de las características más visibles y costosas.

### **3.7.2 El segmento espacial de las comunicaciones por satélite**

El segmento espacial mínimo necesario para establecer un sistema mundial de telecomunicaciones consta de una constelación de tres satélites equipados con antenas de cobertura de la Tierra, dispuestos en órbitas geoestacionarias y separados entre sí  $120^\circ$  en longitud. Tal constelación facilita la cobertura en la banda de aproximadamente  $80^\circ$  N a  $80^\circ$  S a la altitud de crucero de las aeronaves. Los componentes principales de los sistemas de comunicación por satélite, consisten en respondedores que reciben señales procedentes de tierra y las retransmiten a las aeronaves. Otros respondedores reciben las señales procedentes de las aeronaves y las transmiten a tierra. Los demás componentes de los satélites se ocupan de la generación y el empleo de energía de la gestión del respondedor y de la corrección de la posición orbital.

En la práctica, el segmento espacial cuenta con más de la cantidad mínima necesaria de satélites, para así poder garantizar la integridad necesaria de los servicios de comunicaciones que se prestan. Los demás satélites pueden disponerse en órbitas geoestacionarias cerca de los satélites principales y compartir con ellos el tráfico, o bien pueden situarse en órbita, listos para ser activados en caso de que ocurran averías en un satélite primario.

### **3.7.3 El segmento terrestre de las comunicaciones por satélite**

El segmento terrestre del sistema de comunicaciones por satélite consta de estaciones terrenas en tierra (GES) y de la infraestructura terrestre de comunicaciones que le presta apoyo.

Con un mínimo de una estación terrena en tierra por cada región de cobertura satelital, se posibilita la prestación, por medio de satélites, de servicios de voz y datos a las aeronaves. En la práctica, por razones de integridad del sistema, las comunicaciones con determinada aeronave son posibles mediante dos estaciones terrenas como mínimo.

Las estaciones terrenas en tierra sirven también de interconexión por cuyo medio las terminales de comunicaciones de vuelo acceden a los sistemas de comunicaciones terrestres, entre los cuales se cuenta la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN).

### **3.7.4 El segmento de abordaje de las comunicaciones por satélite**

El segmento aerotransportado del sistema consta de estaciones terrenas de aeronave (AES) y sus sistemas de apoyo de abordaje. Una estación terrena de aeronave consta de una antena y, en las instalaciones de antena de alta ganancia, de componentes electrónicos de orientación del haz, un transmisor - receptor, y la unidad de gestión de las comunicaciones la que sirve de interfaz con los sistemas de abordaje que encaminan los mensajes de datos y con los sistemas de audio que cursan las comunicaciones por voz.

### **3.7.5 Concepción de los sistemas de comunicaciones por satélite**

La economía de los sistemas de comunicaciones satelitales exige que los satélites funcionen con márgenes de energía mínimos. Es necesario ser cuidadosos con el consumo de energía eléctrica a bordo de los satélites, por lo que se trata de no utilizar radiofrecuencias de baja energía más que las necesarias para brindar el servicio de comunicaciones de que se trate. Aunque la energía eléctrica no es tan reducida a bordo de la aeronave, hay que tener en cuenta otros factores tecnológicos y ambientales que tienen incidencia en los costos de operación. De ese modo la relación del enlace aeronave - satélite - aeronave ofrece poco margen para contrarrestar los efectos de condiciones operativas adversas, tales como cuando las alas o el fuselaje “ensombrecen” la antena durante los virajes. Ese efecto provoca algunas dificultades a los fabricantes de las estaciones terrenas de aeronave (AES) sobre todo en lo que respecta a las antenas. Lo ideal sería que la antena fuera capaz de funcionar con un satélite en todos los ángulos de elevación por encima de la aeronave y hasta unos 5° por debajo de la misma.

Si bien las estaciones terrenas en tierra (GES) no tienen las mismas limitaciones de peso y potencia en lo que respecta a las condiciones de funcionamiento que los satélites y las AES, su instalación y funcionamiento pueden tener importantes repercusiones en la economía del sistema y, por tanto, en el costo de los servicios. Para integrarse al sistema, todas las GES cuentan con recursos del segmento espacial, en particular potencia satelital y anchura de banda aeronáutica (en la que predomina la potencia del satélite). Dichos recursos son utilizados para irradiar continuamente el canal de gestión del sistema de la estación. Es de dicho canal de gestión que las GES obtienen la identificación de la estación, así como otra información necesaria para establecer y mantener la comunicación por medio de ella. Cuanto mayor sea el número de GES integradas al sistema, mayor será la proporción de potencia del satélite y de la anchura de banda aeronáutica empleada en la gestión del sistema.

No es aconsejable la proliferación de GES que no cursen suficiente tráfico de comunicaciones aeronáuticas. De esta manera se evita el dedicar potencia del satélite y anchura de la banda aeronáutica de los canales de gestión de los sistemas que proporcionan servicio de tiempo completo. En consecuencia, a los Estados que hubieran planificado instalar GES para comunicaciones aeronáuticas dentro del espacio aéreo de su jurisdicción, les convendrá emplear los servicios de estaciones ya existentes que prestan servicio en esas zonas. Si se establecen buenas redes terrestres entre las GES y las Dependencias de Control de Tránsito Aéreo, se garantizará que el sistema cuente con los elementos de reserva suficientes.

También, es imprescindible garantizar que el sistema de comunicaciones satelitales no comprometa la integridad de la información que pasa por él. Para lograrlo, se emplea la corrección de error sin canal de retorno, junto con un procedimiento que permite la retransmisión de toda aquella parte del mensaje en que se haya encontrado un error en el punto de destino. La corrección de error sin canal de retorno lleva aparejado la codificación de mensajes de manera tal que los errores introducidos durante la transmisión puedan ser detectados y corregidos en el punto de destino.

### 3.8 RED DE TELECOMUNICACIONES AERONAUTICAS (ATN)

Las diversas sub-redes de comunicaciones (AMSS, enlace de datos en VHF, en Modo S, etc.) se integrarán a través de la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN).

El concepto del sistema de navegación aérea con ayuda de satélites apoyado por la OACI posibilita una utilización más eficiente de los sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia, para ayudar en la migración hacia un Control de Tránsito Aéreo completamente integrado al concepto de la Gestión del Tránsito Aéreo (ATM).

En la terminología de interfuncionamiento de datos de computadora, la infraestructura necesaria en apoyo de la interconexión de sistemas ATM automatizados, se denomina inter-red. Una inter-red comprende la interconexión de computadoras con cabezas de línea o encaminadores (routers), mediante sub-redes reales. Esto permite construir una red de datos virtualmente homogénea en un entorno común, tanto desde el punto de vista administrativo como técnico.

Dado el deseo de interconectar una diversidad cada vez más amplia y en evolución de computadoras de aeronave y de computadoras en tierra para lograr la automatización de la ATM, es evidente que la aviación civil necesita una inter-red mundial de datos. La infraestructura entre redes elaborada por la OACI para cumplir con este fin es la ATN.

La ATN ha sido definida como una arquitectura entre redes que permite el interfuncionamiento de las sub-redes de datos terrestres, aeroterrestres y de aviónica, mediante la adopción de servicios comunes de interfaz y de protocolos que se basan en el modelo de referencia OSI de la Organización Internacional de Normalización.

La ATN está diseñada de forma que pueda ofrecer servicios de comunicaciones a diversos grupos de usuarios, como por ejemplo:

- Servicios de Tránsito Aéreo (ATS);
- control de las operaciones aeronáuticas (AOC);
- comunicaciones administrativas aeronáuticas (AAC); y
- comunicaciones aeronáuticas de los pasajeros

En el diseño, se prevé la incorporación de diversas sub-redes aeroterrestres, como por ejemplo el Modo S, el Sistema Móvil Aeronáutico por Satélite (AMSS) y diversas sub-redes terrestres que dan como resultado un servicio común de transferencia de datos.

Estos dos aspectos constituyen la base de la ínter funcionalidad de la ATN y proporcionarán a todos los usuarios un servicio fiable de transferencia de datos. Además, el diseño es tal que pueden incorporarse de manera evolutiva los servicios de comunicaciones.

Al diseñar la ATN es esencial que se comprenda la forma en que las comunicaciones por medio de enlaces de datos pueden integrarse a los sistemas de extremo, tanto de abordaje como de tierra. Por consiguiente, debe definirse la utilización operacional de los mensajes de datos. Aunque, como se expresó anteriormente, pueden distinguirse diversos grupos de usuarios del sistema, la prioridad debería concentrarse principalmente en los usuarios de los servicios ATS; deberá tenerse en cuenta que los mensajes por datos para fines ATS puede ser muy diversos.

### **3.9 BENEFICIOS DEL NUEVO SISTEMA DE COMUNICACIONES**

Con las comunicaciones por medio de datos, los enlaces entre los sistemas automatizados terrestres y de abordó serán más directos y eficaces. La tramitación y transferencia mejoradas de datos entre explotadores, aeronaves y proveedores de Servicios de Tránsito Aéreo, aliviará la congestión de los canales de voz, reducirá la posibilidad de cometer errores y permitirá un enlace más eficiente entre los sistemas terrestres y los sistemas de abordó. Todo lo cual favorecerá la prestación de la Gestión de Tránsito Aéreo (ATM).

## Capítulo 4

# EL NUEVO SISTEMA DE NAVEGACION

### 4.1 CONCEPTO DE PERFORMANCE DE NAVEGACION REQUERIDA (RNP)

Este término está referido a la precisión de la performance de la navegación requerida para operar dentro de un espacio aéreo definido.

La RNP se categoriza de acuerdo a los límites de la trayectoria de vuelo - medidos en millas náuticas - dentro de los cuales la aeronave debe permanecer. La misma debe ser capaz de mantener esta precisión de navegación con una probabilidad del 95%. Por consiguiente, los valores de RNP menores equivalen a límites más estrechos, que se pueden encontrar cerca de los bordes de las áreas terminales.

Hay cuatro clasificaciones generales de RNP utilizadas para operaciones en ruta, aunque la OACI está trabajando para extender el concepto a las operaciones en áreas terminales, las cuales podrán incluir llegadas y salidas:

- RNP - 1 requiere la mayor performance de navegación, con una zona de contención a lo largo de una ruta determinada de sólo 1 milla náutica. Las aeronaves que cumplan con este requerimiento deberán poseer una información de posición de alta precisión. La RNP - 1 permitirá un encaminamiento (routing) más flexible;
- RNP - 4 está normalmente asociada con el espacio aéreo continental y permite aerovías o rutas ATS basadas en distancias limitadas entre radioayudas;
- RNP - 5 es un derivado menos preciso de RNP - 4, diseñado para permitir operaciones con los equipos de navegación existentes, sin cambiar la estructura de la rutas;
- RNP - 12.6 permite un ruteo óptimo limitado, en áreas con limitada cobertura de radioayudas; y
- RNP - 20 es el nivel mínimo de performance requerido para aeronaves que operan en espacio aéreo controlado.

### 4.2 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACION SATELITAL (GNSS)

#### 4.2.1 Definición

La expresión Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS) es el nombre genérico utilizado por la OACI para definir cualquier sistema de alcance global de determinación de la posición y de la hora, que comprende una o más constelaciones de satélites, receptores de aeronaves y sistemas varios de monitoreo de la integridad, incluyendo los correspondientes dispositivos de aumentación para cumplir con los requerimientos de performance operacional.

La servicios que proveen información de distancia serán brindados, por lo menos en el futuro inmediato, por el GPS y el GLONASS.

## 4.3 COMPONENTES

### 4.3.1 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El GPS es un sistema de radionavegación basado en satélites, que brinda a sus usuarios una información de posición y de hora de alta precisión, sobre prácticamente cualquier parte de la superficie terrestre.

El segmento espacial está compuesto de 24 satélites, con una vida útil de aproximadamente 7 años y medio, dispuestos en 6 órbitas de cuatro satélites a una altura de 20.200 km.

El segmento de control tiene 5 estaciones de monitoreo y 3 antenas terrestres. Las estaciones de monitoreo usan un receptor GPS para hacer un seguimiento de todos los satélites a su alcance y almacenar datos de distancia de las señales satelitales. La información de las estaciones de monitoreo es procesada en la estación de control central para determinar el estado del reloj satelital, la condición de la órbita y actualizar el mensaje conteniendo datos (utilizados con fines de navegación) que envían los satélites. Esta información actualizada es enviada a los mismos por medio de las antenas terrestres, las que también son usadas para transmitir y recibir información relacionada con el estado general del sistema y con su control.

El segmento del usuario consiste de la antena y del procesador-receptor para recibir y computar las soluciones de navegación utilizadas para proveerle posición y hora precisa.

La posición del GPS está basada en mediciones satelitales por ejemplo, utilizando mediciones de distancia de los satélites en órbita para obtener una posición precisa.

Los satélites GPS transmiten un señal horaria extremadamente precisa que es comparada por el receptor GPS con la hora de su propio reloj interno. La diferencia entre la señal de hora recibida del satélite y la hora del equipo receptor, es el tiempo que tarda en ir la señal desde el satélite al receptor. Ya que se conoce la velocidad a la cual viaja la señal (velocidad de la luz: aprox.297.000 km/sec.), se puede determinar la distancia desde el receptor al satélite.

Para que el sistema funcione, las mediciones del tiempo deben ser muy precisas, así como los relojes utilizados. Dentro de los satélites, esta exactitud es lograda por relojes atómicos de altísima precisión. Se necesitan tomar mediciones de un mínimo de 4 satélites para establecer un fijo en 3 dimensiones en posición y hora. Se necesita un mínimo de tres satélites para determinar la posición en 2 dimensiones si la altitud se conoce.

La precisión depende de la geometría de los satélites usados. Se necesitan 5 satélites con buena geometría para proporcionar monitoreo de la integridad del sistema. Cada medición tendrá un error que es producido por la diferencia existente entre la hora del reloj del receptor y la del satélite. Este error será el mismo para todas las mediciones, por tanto la computadora en el receptor puede efectuar una corrección matemática, la que permitirá a todas esas mediciones de distancia interceptarse en un solo punto. Luego, el error del reloj se puede calcular y se puede aplicar la corrección apropiada.

Los satélites GPS están situados en órbitas muy precisas y predecibles. Los mismos orbitan la Tierra cada 12 horas y pasan por encima de alguna de la estaciones de monitoreo por lo menos dos veces por día. Estas estaciones están equipadas para calcular con precisión la posición de los satélites y enviar, por un enlace ascendente, la información corregida a los mismos. Ellos transmiten la información de su posición con respecto al centro de la Tierra al receptor, conjuntamente con la señal de la hora.

El receptor de abordaje utiliza esta información para calcular una posición con relación a la superficie de la Tierra, la que será presentada al usuario en términos de latitud y longitud.

La exactitud de este sistema permite obtener fijos con un error de +/- 10 a 20 metros. El sistema de coordenadas geodésicas que utiliza es el Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS-84).

#### **4.3.1.1 Errores**

Como todos los otros sistemas convencionales de navegación, el GPS está sujeto a errores que pueden degradar su precisión. Tales errores pueden incluir:

- error ionosférico;
- error atmosférico,
- error del reloj;
- error del receptor;
- error de la efemérides del satélite; y
- pérdida de la precisión de la posición

El error más significativo se produce al pasar la señal satelital a través de la ionósfera de la Tierra. La ionósfera es una capa de partículas cargadas eléctricamente, situada aproximadamente entre 130 y 190 Km. por encima de la superficie terrestre. Conforme la señal GPS viaja a través de la ionósfera, es enlentecida en una proporción que varía dependiendo de la hora del día, de la actividad solar existente y de un conjunto de otras causas. Los retardos ionosféricos pueden ser pronosticados y se puede aplicar una corrección promedio a la posición GPS; no obstante, todavía habrán algunos errores producidos por este fenómeno.

Otro error es producido cuando la señal pasa a través de la atmósfera. El vapor de agua que hay en la atmósfera retarda la señal GPS y también contribuye a degradar la precisión del sistema.

Errores adicionales pueden incluir errores del reloj, del receptor y errores en los datos de la efemérides (posición) de los satélites.

Finalmente, existe el error conocido como Pérdida de la Precisión de la Posición (Position Dilution of Precision - PDOP). Dependiendo de la geometría de los satélites utilizados para determinar una posición, los errores existentes en el sistema se pueden incrementar considerablemente. Cuando se tiene en cuenta la PDOP, pueden surgir errores que van de 30 a 300 metros, dependiendo del tipo de receptor, la posición relativa del satélite y la magnitud de otros errores.

#### **4.3.1.2 Avisos a los Navegantes (NOTAM)**

Cuando se autoriza el GNSS (componente GPS) como medio primario de navegación en espacios aéreos oceánicos / remotos, se requiere que el receptor de abordaje tenga la capacidad RAIM.

RAIM necesita que por lo menos 5 satélites estén visibles de forma de detectar si hay uno defectuoso. Aún con los 24 satélites de la constelación operativos, habrá momentos cuando la geometría de los mismos en el espacio no sea la adecuada para detectar la falla de alguno. Además, a veces es necesario sacar de servicio a un satélite para mantenimiento.

Es muy importante que los pilotos conozcan con anticipación cuando el número requerido de satélites no estará disponible para un tramo determinado de la ruta de vuelo propuesta.

En los Estados Unidos, el Departamento de Defensa envía a la FAA y a la Guardia Costera información acerca de cualquier alteración en el número de satélites GPS operativos. Esto se hace con por lo menos con 48 horas de anticipación. Esta información es ingresada en una base de datos que puede ser usada por el personal de los Servicios de Información Aeronáutica durante la planificación antes del vuelo. Esta información genérica acerca de satélites fuera de servicio debe ser convertida, por medio de un proceso de automatización adecuado, de forma de ser utilizable por los pilotos en dicha planificación. Así se tendrá conocimiento no sólo de que un satélite estará fuera de servicio, sino de cómo eso afectará al vuelo planeado.

### **4.3.2 Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GLONASS)**

La Federación Rusa ha implementado el Sistema Orbital Mundial de Navegación por Satélite, bastante similar en concepto al sistema de los Estados Unidos. Provee señales desde el espacio para la determinación precisa de la posición, velocidad y hora a usuarios equipados apropiadamente. El segmento espacial consiste de 24 satélites (21 operativos + 3 de reserva) que orbitan a una altitud de 19.100 Km. con un período orbital de 11 horas y 15 minutos. Están distribuidos en 3 órbitas de 8. Los mismos tienen una vida operativa de 3 años (en versiones mejoradas 5 años).

El mensaje para fines de navegación transmitido desde cada satélite, consiste de las coordenadas del satélite emisor, componentes del vector de velocidad, correcciones a la hora del sistema GLONASS, e información sobre el estado de los satélites. Para la obtención de un fijo, un receptor debe recibir por lo menos 4 señales de satélites, ya sea simultáneamente o en secuencia, debiendo resolver cuatro ecuaciones al mismo tiempo para los tres componentes de posición y hora.

El segmento terrestre cumple con las funciones de monitoreo y control de los satélites a la vez que determina los datos de información que serán modulados en la señales codificadas enviadas para los fines de navegación. Este segmento incluye la estación de control central (master station) y estaciones de monitoreo y de envío de información. Los datos de medición de cada estación de monitoreo son procesados en la estación de control central y utilizados para computar los datos de navegación enviados a los satélites por las estaciones retransmisoras por un enlace ascendente.

La operación del sistema necesita la precisa sincronización de los relojes de los satélites con la hora del sistema GLONASS. Para hacer esto, la estación de control central provee parámetros de corrección.

El segmento del usuario (receptor GLONASS) recibe automáticamente señales de navegación de por lo menos cuatro satélites y mide sus velocidades. Simultáneamente, selecciona y procesa el mensaje de navegación de las señales satelitales. La computadora del receptor procesa todos los datos de entrada y calcula 3 coordenadas, 3 componentes de velocidad y la hora precisa.

La precisión de este sistema permite exactitudes en el plano horizontal de 50 a 70 metros y en el plano vertical de 70 metros (ambos casos con un 99.7% de probabilidad).

El sistema de coordenadas geodésicas que utiliza es denominado Parámetros de la Tierra 90 (PE-90).

#### **4.4 REFERENCIA GEODESICA**

La implementación de los sistemas CNS/ATM requiere de un marco de referencia geodésico global, para evitar errores en las coordenadas geográficas que podrían ser causados mediante la ubicación de referencias en más de un datum. Los Estados miembros han adoptado datums individualmente en un período de muchos años para cumplir con los requerimientos geodésicos y de posicionamiento nacionales.

Los diferentes datums adoptados, sin embargo, podrían proveer información de posición diferente para una misma ubicación geográfica al no cumplir con los requerimientos de un sistema de referencia global para la implementación mundial de los sistemas CNS/ATM.

Para solucionar este problema, la OACI adoptó el sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS-84) como el marco mundial de referencia normalizado para la navegación aérea.

La adopción del WGS-84 como referencia geodésica por parte del Estado es un requisito previo, y el primer paso, para la transición a la navegación por satélite. Cada Estado miembro de la OACI debe planificar cuidadosamente para asegurar la exactitud de la información de posición provista a los usuarios de los sistemas CNS/ATM.

##### **4.4.1 Concepto básico**

La geodesia es la rama de las matemáticas aplicadas que sirve para determinar, mediante la observación y medición, las posiciones exactas de los puntos, la forma y extensión de grandes superficies terrestres, la forma y tamaño de la Tierra y las variaciones de la gravedad terrestre.

En la práctica, la geodesia utiliza principios de matemáticas, astronomía y física, junto con técnicas de ingeniería moderna y tecnología satelital para obtener mediciones precisas.

##### **4.4.2 El elipsoide como figura de la Tierra**

Para representar la Tierra en los mapas y cartas de navegación, es necesario definir su forma que de acuerdo con la geodesia es más de una, teniendo en cuenta como sea utilizada y la precisión con la cual se defina el tamaño de la misma. Además de las observaciones de la superficie física de la Tierra, la geodesia evalúa modelos matemáticos o geométricos, permitiendo la medición de posiciones y áreas.

Considerando a la Tierra como achatada en los polos y abultada en el Ecuador, la figura geométrica utilizada en geodesia más aproximada a su forma es un elipsoide de revolución. Esta figura puede obtenerse girando una elipse a partir de su eje más corto. Hay muchos esferoides. No obstante, todos ellos tienen radios y coeficientes de achatamiento diferentes.

##### **4.4.3 El geoide como figura de la Tierra**

El geoide es otra superficie relacionada con las medidas geodésicas. El geoide es una superficie a lo largo de la cual el potencial de la gravedad es siempre el mismo y donde la dirección de esta última siempre es perpendicular. El geoide también coincide con la superficie sobre la cual se conforman los océanos y tiene la libertad de ajustarse al efecto combinado de la atracción de la masa terrestre y la fuerza centrífuga de rotación de la Tierra. El ángulo formado por la línea de la plomada, perpendicular al geoide, es llamado "la vertical".

En los relevamientos geodésicos, el cálculo para las coordenadas geodésicas de puntos se realiza sobre un elipsoide, el cual se aproxima a la forma y tamaño de la Tierra en el área del terreno medido. Sin embargo, las medidas reales tomadas de la superficie de la Tierra con ciertos instrumentos, están referidas al geoide.

Como resultado de la desigual distribución de las masas terrestres, la superficie geoidal es irregular y, siendo el elipsoide una figura regular, ambas no van a coincidir. La separación entre las dos figuras se conoce como ondulación geoidal, altura geoidal, o separación del geoide respecto al elipsoide.

#### **4.4.4 La deflexión de la vertical**

La perpendicular al geoide, también llamada la vertical, forma un ángulo con la perpendicular al elipsoide llamado ángulo de desviación o deflexión de la vertical. Este ángulo depende del elipsoide utilizado. Los cálculos para determinar las ondulaciones del geoide y las deflexiones de la vertical requieren muchas observaciones de la gravedad.

Normalmente, dichas observaciones son efectuadas a nivel medio del mar, suponiendo que el elipsoide y el geoide coinciden en ese punto. Esto significa que la deflexión de la vertical y la separación entre el elipsoide y el geoide están definidas como cero en el origen. Usando este criterio de orientación, es posible establecer el origen del datum geodésico.

#### **4.4.5 El datum geodésico**

Un datum es definido como cualquier cantidad geométrica o conjunto de cantidades, las cuales sirven de referencia o base para otras cantidades. Un datum geodésico está determinado por 5 parámetros: latitud, longitud y altura geoidal para definir el datum de origen, y los semiejes mayor y menor para determinar el elipsoide de referencia.

Todos los levantamientos geodésicos horizontales están referidos a condiciones originales específicas (datums), así como los relevamientos verticales están relacionados a una cantidad inicial o datum. En geodesia, se pueden considerar dos tipos de datums: un datum horizontal, que forma la base para los cálculos de los levantamientos de control horizontal, en los cuales la curvatura terrestre es considerada y el datum vertical, al cual están referidas las elevaciones.

El datum vertical para medir todas las elevaciones es el nivel medio del mar. La elevación es la distancia vertical (plomada) desde un datum (generalmente el nivel medio del mar) a un punto sobre la superficie de la tierra.

Puede decirse que cualquier punto geodésico está basado en un datum vertical y uno horizontal. Cada país o grupo de países que conforman una región adoptan datums en función de la mejor solución para cada área. De ahí la existencia de numerosos datums en el mundo. Cuando se pretende determinar posiciones en una zona cubierta por diferentes datums, las transformaciones entre uno y otro pueden generar confusión e imprecisiones, especialmente entre aquellos usuarios de mapas y cartas de navegación que no estén familiarizados con los principios de la geodesia.

Los datums locales están basados en un esferoide cuyo teorema no coincide con el valor posicional del centro de la Tierra. Sin embargo, los sistemas de navegación modernos, incluyendo el sistema inercial y aquellos basados en satélites, requieren contar con la referencia del centro de la Tierra. Entonces, la solución ideal es tener un datum común proyectado al centro de la Tierra, posible de ser utilizado a nivel mundial por cualquier usuario.

#### **4.4.6 El Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS-84)**

El WGS-84 fue desarrollado con el objeto de proveer una mayor precisión y una actualización constante de datos geodésicos y gravitacionales; también para ofrecer medios para relacionar posiciones basadas en varios sistemas o datum geodésicos, con un sistema de coordenadas que consideren un centro único de la Tierra como el sistema fijo de la misma. El WGS-84 representa el modelo de una Tierra geocéntrica, geodésica y gravitacional que utiliza datos y tecnología disponibles a partir de 1984. Dicho sistema permite al usuario relacionar datos geográficos tales como coordenadas obtenidas de una fuente basada sobre un datum local, a otra fuente (por ejemplo: posiciones en los mapas a coordenadas obtenidas por sistemas de navegación inercial logradas en tiempo real). El WGS-84 es un sistema ideal para aplicaciones globales de navegación tal como las operaciones aéreas internacionales.

En la modalidad estática de relevamiento, la precisión de la latitud y la longitud geodésicas y la altura geoidal del WGS-84, están dentro de + - 1 metro.

### **4.5 IMPLANTACION DEL GNSS**

#### **4.5.1 Etapa de desarrollo**

En ella se describen los aspectos organizativos a tener en cuenta y los requerimientos básicos para autorizar el uso limitado del GNSS. También se establece un equipo de implementación GNSS. Se crea un plan de desarrollo para alcanzar objetivos graduales. En él se debe plantear el requisito de permitir un rápido pero, al mismo tiempo, limitado uso del sistema. El plan también deberá determinar cuál capacidad inicialmente se desea incorporar (operaciones en ruta, aproximaciones de no precisión, aproximaciones de precisión, etc.).

#### **4.5.2 Etapa suplementaria**

Esta etapa contiene los requisitos a seguir para la aprobación del GNSS como medio suplementario de navegación. Identifica los temas de certificación del sistema y de creación de métodos sugeridos de operación. También identifica qué pruebas y demostraciones se deberían efectuar para obtener experiencia operativa.

En esta etapa se publican las autorizaciones y directivas correspondientes y se discuten y analizan las aumentaciones a las señales básicas GNSS.

#### **4.5.3 Etapa primaria**

En esta etapa se logran los objetivos trazados en la etapa de desarrollo. Se verifica si se han alcanzado los objetivos en lo que respecta al uso del GNSS para aproximaciones de precisión, en sus diversas categorías, y se evalúan las técnicas de aumentación seleccionadas.

También se verifican los pasos seguidos para la certificación y aprobación final del sistema. Aquí se identifican las necesidades en cuanto a procedimientos, tanto aéreos como para los Servicios ATS y se efectúan las publicaciones necesarias para divulgar y reglamentar el uso del GNSS. Finalmente, se establecen los mecanismos de seguimiento para control de los procedimientos.

### **4.6 REQUISITOS DE PERFORMANCE DE LAS AYUDAS PARA LA NAVEGACION**

Todas las ayudas para la navegación deben cumplir con cuatro requisitos de performance básicos para su certificación: continuidad, disponibilidad, integridad y precisión.

#### **4.6.1 Continuidad**

Es la capacidad de todo el sistema de llevar a cabo su función sin interrupción durante el período planificado de operación.

El riesgo de continuidad es la probabilidad de que el sistema se interrumpa y no provea información de guía para la operación propuesta.

#### **4.6.2 Disponibilidad**

Es la capacidad de una ayuda para la navegación de emitir señales de la calidad requerida la mayor parte del tiempo. Esto constituye un requerimiento crítico en la guía para el aterrizaje y es por eso que se incorporan equipos de reserva a las ayudas basadas en tierra.

El GPS, para obtener un fijo de posición en 3-D, necesita que 4 satélites estén simultáneamente sobre el horizonte, pero esto no es suficiente para proveer una solución de navegación con suficiente integridad.

#### **4.6.3 Integridad**

Es la capacidad de una ayuda para la navegación de advertir al piloto que la misma ha fallado o está dando marcaciones incorrectas.

Los satélites GPS no son continuamente monitoreados, y pueden pasar varias horas hasta que se detecte y se corrija una falla, aunque en la realidad la mayoría de las advertencias de los errores se dan dentro de los 30 minutos.

#### **4.6.4 Precisión**

Es la capacidad de una ayuda para la navegación de guiar la trayectoria de una aeronave dentro de tolerancias previamente estipuladas.

También se debe considerar que un fijo satelital en el espacio es un elipsoide, en donde el eje vertical de error es casi un 50% más grande que el eje horizontal de error.

A partir del 1° de mayo de 2000, se quitó el error artificial de la disponibilidad selectiva (S/A), que fuera introducido por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

En consecuencia, la precisión del sistema pasó a ser de +/- 10 a 20 metros

### **4.7 LOS TRES SISTEMAS DE NAVEGACION**

#### **4.7.1 Sistema de navegación suplementario**

Es aquél sistema de navegación que debe cumplir con los requisitos de precisión e integridad, pero no con los de disponibilidad y continuidad.

La aprobación para usar un sistema de navegación suplementario en una determinada fase del vuelo, requiere que un sistema de navegación de medio medio único deba estar a bordo.

### **4.7.2 Sistema de navegación primario**

Es aquél sistema de navegación aprobado para una operación determinada o fase del vuelo y que debe cumplir con los requisitos de precisión e integridad, pero no con los de disponibilidad y continuidad. La seguridad es lograda limitando los vuelos a períodos específicos y con ciertas restricciones de procedimiento.

### **4.7.3 Sistema de navegación de medio único**

Es aquél sistema de navegación aprobado para una operación determinada o fase del vuelo y que debe cumplir, para aquella operación o fase del vuelo, con los cuatro requisitos de performance de los sistemas de navegación: continuidad, disponibilidad, integridad y precisión.

## **4.8 BASES DE DATOS**

Las aerolíneas así como otras organizaciones que brindan servicios de planeamiento de vuelo y de cartas aeronáuticas, mantienen bases de datos de navegación internas, de las cuales extraen la información necesaria para trazar las rutas de vuelo así como para el diseño de cartas aeronáuticas.

Tales bases de datos deberían ser compiladas a partir de la información brindada por los Estados, de conformidad con el Anexo 15 de OACI “*Servicios de Información Aeronáutica*”. Por tanto, la responsabilidad por la precisión de tal información recae en los Estados.

Con la aparición en el mercado de los equipos de gestión de vuelo (FMS), las líneas aéreas tienen la necesidad de actualizar mensualmente las bases de datos, usadas con fines de navegación, de sus aeronaves. Dicha información es extraída de la base de datos central que mantienen esas organizaciones.

## **4.9 AUMENTACIONES**

El GPS (como se presume que el GLONASS) no tiene la suficiente continuidad, disponibilidad, integridad y precisión para posibilitar su uso como medio único de navegación para todas las fases del vuelo. Para cumplir con los requisitos operativos, es necesario emplear aumentaciones a las señales GPS básicas, que las depuren de los errores que contienen.

Se han propuesto tres categorías básicas de aumentaciones: Sistemas de Aumentación de Abordo (ABAS), Sistemas de Aumentación Basados en Tierra (GBAS) y Sistemas de Aumentación Basados en Satélites (SBAS)

### **4.9.1 Sistemas de Aumentación de Abordo (ABAS)**

#### **4.9.1.1 Monitoreo Autónomo de la Integridad del Receptor (RAIM)**

Esta técnica puede ser usada si hay más de 4 satélites con la adecuada geometría al alcance del receptor. Con 5 satélites, se pueden computar 5 posiciones independientes; si estas no se corresponden el receptor deduce que uno o más de los satélites está brindando información incorrecta y se encenderá una luz de advertencia en el panel del equipo.

Si hay 6 o más satélites al alcance, se pueden calcular más posiciones independientes y el receptor podrá ser capaz de identificar el satélite defectuoso y excluirlo de los cálculos para determinar la posición.

La técnica RAIM puede ser asistida por un proceso conocido como Ayuda Barométrica (Barometric Aiding). La información de la altitud barométrica de la aeronave es derivada al receptor GPS, el que puede simular un satélite situado directamente sobre el usuario.

Con este proceso, el requisito de 5 o 6 satélites se reduce a 4 o 5 respectivamente.

#### **4.9.1.2 Monitoreo autónomo de la integridad de abordó (AAIM)**

Se pueden implementar otros tipos de aumentaciones de abordó. Un INS puede suplantar al GNSS durante los lapsos en que sus antenas están enmascaradas (por ej. durante virajes) o cuando no existe el número adecuado de satélites al alcance del receptor.

Otras técnicas de aumentación de abordó pueden incluir una referencia de hora más precisa, una determinada combinación de información de entrada al sensor a través de técnicas de filtrado, etc.

#### **4.9.2 Sistemas de Aumentación Basados en Tierra (GBAS)**

Estos sistemas se utilizan para aumentar la continuidad, disponibilidad, integridad y precisión de las señales GNSS en un área geográfica reducida.

Están compuestos por una estación de monitoreo en tierra situada en un emplazamiento conocido con precisión. Esta estación evalúa la información recibida de los satélites GNSS, detecta los errores de reloj y otros errores y envía una señal correctiva a los receptores de abordó por medio de un enlace de datos en VHF.

Con los Sistemas de Aumentación Basados en Tierra, se pueden obtener precisiones del orden de los 5 metros, lo que los hace aptos para aproximaciones instrumentales CAT II / III. La ventaja de los GBAS radica en que pueden servir a las pistas de todos los aeropuertos situados en el entorno de 30 millas náuticas de la estación de monitoreo en tierra.

##### **4.9.2.1 Equipo Special Category 1 ILS (SCAT-1)**

En los Estados Unidos se ha desarrollado una versión del GBAS denominada SCAT-1 (Special Category 1 ILS). Estos equipos SCAT-1 están certificados para cada aeropuerto en particular y para cada tipo de aeronave, debiendo también ser compatibles con la aviónica de abordó, lo que hace su uso muy específico y no librado a la aviación en general.

#### **4.9.3 Sistemas de Aumentación Basados en Satélites (SBAS)**

No será posible proveer de cobertura con los GBAS a todos los vuelos dado las limitaciones en su alcance. Se ha creado una manera efectiva de superar esto utilizando satélites geoestacionarios para transmitir mensajes de corrección a las señales GNSS sobre un área geográfica amplia.

##### **4.9.3.1 Servicio Europeo de Superposición de Navegación Geoestacionaria (EGNOS)**

Este sistema se basa en la prestación de tres servicios combinados en una sola señal:

- ampliación de alcance, por el cual una señal tipo GPS es difundida a través del transpondedor, dándole al satélite un mayor alcance;

- canal de integridad geostacionario, por el cual se brinda información sobre el estado de todos los satélites GPS y GLONASS; y
- correcciones al diferencial de área amplia, con información para corregir los errores generados cuando las señales GPS atraviesan la ionósfera sí como los errores de los relojes satelitales

#### a) Segmento de navegación espacial

Dicho segmento consiste de la constelación GPS, la constelación GLONASS y los satélites geostacionarios (normalmente dos).

#### b) Segmento terrestre

Está compuesto por:

- Estaciones de Monitoreo de Ajuste e Integridad (Ranging and Integrity Monitoring Stations - RIMS) que actúan como puntos colectores de datos. También transmiten los datos recogidos al MCC.
- Centro de Control Maestro (Master Control Center - MCC), que incluye:
  - Instalaciones de Control Centralizado (Central Control Facility - CCF) que vigilan y controlan el sistema;
  - Instalaciones de Procesamiento Centralizado (Central Processing Facility - CPF) que computan, distribuyen y validan la transmisión de los ajustes y de los datos de corrección. También aseguran la integridad de las correcciones transmitidas, de extremo a extremo;
  - Estaciones de Navegación Terrenas (Navigation Land Earth Station - NLES) usadas para modular el mensaje generado por la CPF, sincronizar la señal y enviar, por un enlace ascendente, los datos a los satélites geostacionarios; y
  - Red de comunicaciones, necesaria para enlazar todos los elementos del segmento terrestre.

#### c) Funciones

- Capacidad de *ranging* sobre cada señal GEO;  
Difusión de datos de navegación relativos a los satélites usados (GPS, GLONASS y GEO) que se usan para el control de Integridad en la llamada función GIC (Ground Integrity Channel) y para la mejora de la integridad; y
- La función WAD (Wide Area Differential) para la mejora de la precisión que incluye información de retrasos ionosféricos;  
Estos servicios dan lugar a tres niveles de servicio en el AOC:
  - Nivel de servicio 1, RANGING: dará una mejora de la función de navegación GPS, en base a la transmisión de una señal tipo GPS, lo que mejorará la disponibilidad del servicio de navegación (posicionamiento y RAIM). EGNOS dará dos señales de ranging a través de los GEO INMARSAT III AORE e IOR;

- Nivel de servicio 2, GIC: que a las mejoras dadas por el nivel de servicio 1 añadirá una mejora en la función de Integridad, en base a la transmisión de datos adicionales de integridad sobre los GPS, GLONASS y GEO y que serán dados desde tierra; y
- Nivel de servicio 3, WAD: dará a los usuarios el mismo servicio que el nivel 2 más la transmisión de correcciones diferenciales y datos de retraso ionosféricos para mejorar las prestaciones de precisión dadas por el GPS

Las funciones que dará el EGNOS para poder hacer frente a los servicios indicado son:

- Obtención de datos;
- Determinación de la órbita de los satélites;
- Determinación de las correcciones a aplicar a cada satélite;
- Dar datos de integridad de cada satélite;
- Determinar correcciones ionosféricas;
- Proporcionar una verificación independiente de los datos;
- Proporcionar unidad de tiempos a la red del sistema;
- Dar servicio de Ranging en las señales en el espacio y difundir los mensajes de navegación;
- Dar las comunicaciones del sistema; y
- Dar monitorización y control

#### **d) Receptor EGNOS**

Dicho receptor será capaz de recibir señales GPS/GLONASS así como de procesar los datos de ajuste, del canal de la integridad GNSS y de las correcciones diferenciales enviadas por los satélites geoestacionarios; también utilizará un algoritmo RAIM para completar la verificación de la integridad.

El receptor EGNOS se estima que también será interoperable con los otros sistemas de aumentación basados en satélites (WAAS, MTSAT, etc).

#### **4.9.3.2 Satélite de Transporte Multifuncional (MTSAT)**

El Japón está evaluando proyectos para aplicar sistemas CNS de nueva generación, teniendo como base el MTSAT. El MTSAT está programado para ser lanzado al espacio en la mitad del año 1999.

El MTSAT tiene capacidades de comunicaciones y de navegación. La capacidad de enlaces de comunicaciones bi-direccionales, permite retransmitir mensajes entre el piloto y la dependencia de control de tránsito aéreo, así como los reportes automáticos ADS de la posición de la aeronave a la dependencia terrestre apropiada.

Las comunicaciones bi-direccionales piloto - controlador pueden incluir mensajes de datos, con un satélite oficiando de retransmisor, permitiendo el intercambio de grandes cantidades de datos en un lapso relativamente breve, evitando errores y permitiendo un servicio altamente eficiente.

Las capacidades de superposición y de aumentación diferencial del MTSAT, mejorarán la información brindada por el GPS. Una aeronave necesita por lo menos un mínimo de cuatro satélites GPS con la geometría adecuada para determinar su posición; pero dichos satélites no son geoestacionarios y, en consecuencia, hay momentos cuando y posiciones en donde, esta información no se puede obtener. La capacidad de superposición del MTSAT, que es geoestacionario, será capaz de complementar al GPS brindando idéntica información de posición.

La capacidad diferencial vigila desde tierra el funcionamiento de los satélites GPS, e informa a las aeronaves sobre cualquier problema, a la vez que corrige cualquier información de posición obtenida por medio del GPS.

Con estas funciones, los controladores de tránsito aéreo podrán determinar precisamente la posición de una aeronave, aumentando en consecuencia la capacidad de un espacio aéreo determinado.

También habrán ventajas para las aeronaves que vuelen a alturas bajas, las que en la actualidad no pueden mantener un eficiente enlace radial debido a las interrupciones provocadas por obstáculos geográficos.

Por tanto, el MTSAT permitirá la diagramación libre de rutas, para así brindar a los vuelos las trayectorias más económicas y eficientes.

#### **4.9.3.3 Sistema de Aumentación de Area Amplia (WAAS)**

Los Estados Unidos están implementando una versión del SBAS denominado Sistema de Aumentación de Area Amplia (WAAS).

El WAAS cumple 3 funciones:

- Integridad para todas las etapas del vuelo hasta aterrizajes CAT I;
- Señales de ajuste para mejorar la disponibilidad para todas las etapas del vuelo hasta aterrizajes CAT I ; y
- Mejora la precisión con el DGPS hasta aterrizajes CAT I

La red WAAS consiste de 24 Estaciones de Referencia de Area Amplia (Reference Stations). Las mismas están instaladas en una posición conocida de antemano y evalúan las señales de los satélites GPS.

Esta información es enviada a 2 Estaciones de Control Central de Area Amplia (Wide Area Master Station) que calculan los algoritmos de corrección y evalúan la confiabilidad e integridad de las señales GPS de los satélites al alcance de las Estaciones de Referencia.

La Estación de Control Central formatea la información en un mensaje que envía al satélite geoestacionario que corresponda de los 3 que cubren los Estados Unidos, quién a su vez retransmite esa información a receptores GPS de abordo capaces de aceptar dichas correcciones.

#### **4.9.3.4 Banco de pruebas del Caribe y Sudamérica (CSTB)**

Los Estados del Caribe y Sudamérica (CAR/SAM) han hecho un compromiso formal para cooperar en la implementación de las tecnologías de navegación basadas en el GPS. La FAA y la oficina regional de la OACI para Sudamérica, han desarrollado una estrategia de transición a un sistema de aumentación de área amplia regional.

El comienzo de este programa, es el desarrollo del Banco de Pruebas CAR/SAM (CSTB), el cual es una herramienta que permitirá la realización de estudios de factibilidad y evaluaciones de capacidad, proveyendo también una familiarización con la tecnología para el personal técnico involucrado. El CSTB ayudará también a evaluar las diferentes configuraciones operacionales del sistema, interfases propuestas y otros asuntos antes de comenzar la implementación.

El programa CSTB consiste de dos etapas separadas pero vinculadas entre sí, que permitirán la definición, el desarrollo y la implementación de un sistema GNSS en las Regiones CAR/SAM, contemplando una implementación gradual de los diferentes componentes.

La primera etapa consistirá del establecimiento de un banco de pruebas de área amplia basado (al comienzo), en el WAAS, en el área sur de la región CAR/SAM. Esto se llevará a cabo complementando las cinco estaciones de referencia y una estación maestra del banco de pruebas existente en Chile, con estaciones de referencia adicionales a instalarse en diferentes ubicaciones en el cono sur de la región.

La segunda etapa creará un banco de pruebas similar en el área norte de la región CAR/SAM (Norte de Sudamérica, América Central y el Caribe), utilizando las estaciones de referencia de la primera etapa.

La recolección de datos, pruebas y demostraciones del sistema (vuelos de comprobación) serán iguales en la primera y segunda etapa.

#### **4.10 BENEFICIOS DEL NUEVO SISTEMA DE NAVEGACION**

La disponibilidad de capacidad de guía y posición mejorada en cualquier parte del mundo, incrementará la eficiencia de las operaciones, reduciendo el tiempo de vuelo y el combustible requerido por medio de una navegación más precisa que en la actualidad y, en donde aplicable, por la adopción de rutas solicitadas por el usuario. Los vuelos que tengan alguna limitación por razones de peso, podrán sacar ventaja de la reducción en los requisitos de combustible, incluyendo reservas por contingencia, incrementando en consecuencia la carga de pago y las ganancias.

También habrá de tomarse en cuenta la disponibilidad de guía de no-precisión para aquellas pistas que carezcan de ayudas a la navegación terrenas o que están servidas por ayudas a la navegación no confiables, lo que reducirá demoras, alternados, sobrevuelos y cancelaciones por mal tiempo. La disponibilidad de capacidad de aproximación de precisión soportada por el GNSS, ya sea por medio de sistemas de aumentación basados en tierra o basados en satélites conjuntamente con los de abordó, también ofrecerá ventajas operacionales sobre los equipos actuales.

En consecuencia, la capacidad de proveer guía de aproximación para más aeropuertos podría atraer tráfico de aquellos en donde las demoras son comunes por la congestión. Reduciéndolas, los operadores ahorrarán tiempo de vuelo y combustible requerido.

El uso de la capacidad de navegación en 4 dimensiones (4D) del GNSS permitirá un posicionamiento más preciso de los vuelos en llegada sobre un fijo de aproximación. La habilidad de poder cumplir con un Tiempo Requerido de Llegada (RTA) contribuirá a incrementar la capacidad de los aeropuertos y también reducirá las demoras.

El eventual uso del GNSS para todas las fases del vuelo permitirá ahorros a los operadores debido a la reducción en los tipos de equipos de abordó. Esto disminuirá costos de mantenimiento y capital. Las técnicas avanzadas de integración con Sistemas de Referencia Inercial (IRS) posibilitarán la operación con sensores inerciales más baratos.

La disponibilidad de navegación satelital permitirá la gradual desactivación y eventual eliminación de las ayudas terrestres. Esto abaratará costos, por lo menos a mediano y largo plazo, proporcionando significativos ahorros a proveedores de servicio y usuarios.

#### **4.10.1 Beneficios operacionales anticipados**

A fin de aprovechar los beneficios operacionales del GNSS en forma temprana, es necesario implantar la navegación por satélite en pasos escalonados.

Tanto la utilización del GPS como medio suplementario a la navegación en ruta, como medio primario a la navegación sobre espacios aéreos oceánicos/remotos, como las aproximaciones de superposición y las aproximaciones GPS autónomas, brindan ventajas operacionales a los usuarios, permitiéndoles un contacto directo con el GNSS.

En lo que tiene que ver con los organismos pertinentes, esta es una excelente oportunidad de adquirir experiencia operando el equipo GPS, efectuando los procedimientos de inspección en vuelo, aplicando el WGS-84, etc.

##### **4.10.1.1 *Uso del GPS como medio suplementario a la navegación en ruta***

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) podrá ser utilizado como medio suplementario para la navegación I.F.R. en ruta.

El receptor GPS utilizado para el vuelo I.F.R. debe cumplir con los requisitos técnicos especificados en la Orden Técnica Normalizada (TSO) de la FAA C-129a y debe ser instalado de acuerdo a la Circular de la FAA AC-20-138.

Los receptores GPS I.F.R., poseen la técnica de aumentación de abordaje RAIM, y tienen incorporada una base de datos de navegación a la que no se puede acceder manualmente durante el vuelo para evitar errores de inserción.

##### **4.10.1.2 *Uso del GPS como medio primario a la navegación en espacios aéreos oceánico / remotos***

La Circular de la Organización de Aviación Civil Internacional N° 267-AN/159 “Directrices para la Introducción y Uso Operacional del Sistema Mundial de Navegación por Satélite” establece en el párrafo 6.1.1 acápite C que “a raíz de la disponibilidad de una integridad de navegación mejorada junto con los menores requisitos de disponibilidad para vuelos sobre espacios aéreos oceánicos, se podrá permitir el uso de sistemas basados en satélite como medio primario para esta etapa del vuelo”.

Las aeronaves deberán estar equipadas con receptores de la Norma TSO C-129a de la FAA, y deberán cumplir también con los requisitos de la Notificación N.8110.60 de la FAA “GPS como medio primario de navegación para operaciones oceánicas/remotas”.

##### **4.10.1.3 *Aproximaciones de superposición (overlay approaches)***

En este tipo de aproximaciones de no-precisión, el tramo de aproximación final del procedimiento es extraído del receptor GPS, en vez de basarse en las marcaciones de la radioayuda en tierra. Un programa de superposición no es complicado para efectuarlo ya que sólo requiere de un receptor GPS de abordaje de la Norma C-129.

El primer paso consiste en seleccionar las aproximaciones de no precisión a superponerse. Sólo debe haber una aproximación por pista y debe ser la más alineada con la trayectoria final.

Luego se transformarán las coordenadas de los puntos que marcan los inicios de los tramos de la aproximación a superponerse (IAF, IF, FAF y MAPt.) al Sistema Geodésico WGS-84.

Deberá elaborarse una base de datos para la aproximación de superposición, con los puntos relevados en WGS-84, y enviarla a un proveedor de bases de datos, para la confección de una tarjeta de datos de conformidad con la Circular de la FAA AC No. 97-2 “Data base standardization for the GPS overlay program”. Deberá especificarse al proveedor el tipo de equipo a usarse, ya que los formatos de tarjetas difieren de un equipo a otro.

El requisito de una base de datos impresa es para impedir que el piloto programe manualmente la aproximación, evitando errores de inserción de datos. Para proteger la integridad de la base de datos, los receptores tienen un dispositivo automático de secuencia. Seleccionado el modo de aproximación, no se podrán insertar datos. En la pantalla del equipo aparecerá el IAF y luego, automáticamente, todos los puntos que definen los tramos de la aproximación, hasta el Punto de Aproximación Frustrada (MAPt.)

Cuando tenga la tarjeta de datos, el Departamento de Inspección en Vuelo volará el procedimiento para validarlo.

#### **4.10.1.4 Aproximaciones GPS autónomas (*stand-alone*)**

Las aproximaciones GPS autónomas de no precisión, que no son la superposición de una aproximación tradicional, son el paso siguiente a las aproximaciones de superposición.

La secuencia de puntos de referencia (waypoints) que definen el procedimiento se codifican en la base de datos del receptor GPS de abordo (de la Norma 129a). Estos puntos incluyen el Fijo de Aproximación Inicial (IAF), el Fijo de Aproximación Intermedia (IF), el Fijo de Aproximación Final (FAF), el Fijo de Aproximación Frustrada (MAPt), el Fijo de Viraje de la Aproximación Frustrada y el Fijo de Espera de la Aproximación Frustrada. Dicha secuencia de puntos de referencia, que aparecen en la pantalla del equipo de abordo, deberá ser idéntica a la secuencia que está en la carta de aproximación GPS.

## Capítulo 5

# EL NUEVO SISTEMA DE VIGILANCIA

El radar secundario de vigilancia (SSR) aumentado con el Modo S cuando las condiciones de tránsito lo justifiquen continuará utilizándose, especialmente en espacios aéreos de gran densidad de tránsito.

En otros lugares, como espacios aéreos oceánicos y áreas remotas sobre tierra, la vigilancia se realizará mediante la Vigilancia Dependiente Automática (ADS).

### 5.1 CONCEPTO DE PERFORMANCE DE VIGILANCIA REQUERIDA (RSP)

Este concepto define los requisitos de vigilancia de acuerdo al espacio aéreo de que se trate. Los mismos pueden ser categorizados de la siguiente manera:

- El sistema de vigilancia deberá suministrar la posición actualizada de la aeronave para asegurar una separación segura:
  - 1) en espacios aéreos oceánicos/ remotos de baja densidad de tránsito, la información de posición se debería actualizar cada 12 segundos;
  - 2) en espacios aéreos de alta densidad de tránsito (rutas y áreas terminales), la información de posición se debería actualizar cada 4 segundos;
- El sistema de vigilancia debería permitir que los usuarios puedan elegir la trayectoria de vuelo preferida en ruta y ajustarse completamente a los procedimientos de emergencia;
- El sistema de vigilancia debería asistir a las operaciones de búsqueda y salvamento; y
- La precisión del sistema de vigilancia debería permitir la aplicación de la separación en un espacio aéreo definido

### 5.2 VIGILANCIA DEPENDIENTE AUTOMÁTICA (ADS)

Por intermedio de la ADS, la aeronave transmite automáticamente por enlace de datos su identificación y posición tri-dimensional (proporcionada por los sistemas de navegación de abordaje, que la obtienen del GNSS) a las dependencias de control de tránsito aéreo.

La ADS le permite a los controladores observar, en una presentación pseudo-radar, la posición de las aeronaves, así como las posibles desviaciones de las trayectorias de vuelo asignadas.

El diseño del ADS debe permitir su puesta en servicio sin provocar interrupciones en los Servicios de Tránsito Aéreo y también debe ser lo suficientemente flexible y capaz de expandirse para lograr los siguientes objetivos:

- capacidad de adaptarse a los reglamentos locales y requerimientos especiales de los ATS;
- flexibilidad para incorporar cambios futuros en los requerimientos funcionales y posibilidad de integrar nuevos avances tecnológicos;

- habilidad para pasar, con suficiente seguridad, a otras formas de servicios ATC en caso de falla o degradación del sistema;
- capacidad de brindar un servicio mínimo a todas las aeronaves equipadas apropiadamente; y
- posibilidad de integrarse a una arquitectura ATS que aproveche todas las ventajas de la ADS.

### **5.2.1 ADS (Addressed/Direccionable)**

Este sistema opera sólo en el modo aire-tierra y a requerimiento de la dependencia de Control de Tránsito Aéreo; el controlador es el que determina los reportes necesarios para el control de cada aeronave.

#### **5.2.1.1 Principios básicos**

Antes de poder recibir cualquier reporte ADS se deben establecer contratos de comunicación entre los equipos de abordaje y los sistemas terrestres. El controlador determina los reportes necesarios para el control de cada aeronave en los tramos del vuelo bajo el control de determinada Dependencia de Control de Tránsito Aéreo.

El contrato puede incluir la emisión de reportes ADS básicos a intervalos periódicos definidos por el sistema terrestre, con uno o más bloques de datos adicionales que contengan información específica.

El contrato también puede especificar reportes ADS efectuados en puntos definidos geográficamente tales como waypoints y puntos intermedios, además de los reportes activados por hechos específicos.

Determinados equipos de abordaje (FANS - 1/A) tienen la capacidad de mantener contratos con cuatro o cinco Dependencias ATC simultáneamente. Estas aeronaves también enviarán reportes de posición automáticos, de acuerdo con el contrato ADS efectuado por el sistema terrestre.

A una hora o distancia determinada, antes de llegar a los límites de una Región de Información de Vuelo (FIR), lo que puede variar dependiendo del sistema terrestre, el FANS - 1/A crea y adjudica los contratos ADS apropiados para con la aeronave. La misma a continuación compondrá y transmitirá reportes ADS dirigidos al sistema de tierra de conformidad con los contratos preestablecidos.

En algunos sistemas el controlador tiene la capacidad de reemplazar el contrato ADS si fuera necesario. El sistema de tierra emitirá los mensajes apropiados para iniciar las modificaciones a los contratos vigentes.

#### **5.2.1.2 Monitoreo de conformidad**

Los sistemas terrestres automatizados pueden usar los reportes ADS de posición y otros grupos de datos del mensaje ADS para brindar un seguimiento automatizado del vuelo de acuerdo al plan de vuelo.

La mayoría de los sistemas automatizados terrestres comparan la posición de la aeronave reportada por la ADS, con la posición prevista por el sistema terrestre, extraída del plan de vuelo. El sistema terrestre compondrá y mostrará al controlador los mensajes apropiados en el caso de que el reporte ADS no concuerde con la posición prevista por el sistema terrestre. Esta capacidad de monitoreo de conformidad permite verificar si el vuelo está procediendo de acuerdo a su plan de vuelo

Además, las aeronaves equipadas con FANS -1/A son capaces de un monitoreo propio y de un reporte automático en caso de variaciones de vuelo significativas, cuando éstos sean requeridos por un contrato de suceso apropiado. El sistema terrestre incluirá, conjuntamente con la solicitud de contrato ADS de suceso, los valores que activaron estos reportes.

### 5.2.1.3 Contratos ADS

Hay tres tipos de contratos, cada uno de ellos opera independientemente de los otros:

- El contrato periódico;
- El contrato de suceso; y
- El contrato de demanda

#### a) El contrato periódico

Una solicitud de contrato periódico define los requisitos de contrato a ser incluidos en los reportes y en las frecuencias de reporte.

Una dependencia ATS inicia, por medio de un enlace ascendente, la solicitud de reporte periódico. Dicha solicitud le permite a una dependencia ATS incluir los grupos de datos opcionales en el reporte ADS básico, especificando también su frecuencia de inclusión. El promedio de reporte periódico puede ser modificado por el controlador en más o en menos, de forma de tener en cuenta situaciones especiales tales como densidad de tránsito. La información sobre los promedios mínimos de reporte recomendados para cada tipo de aeronaves es obtenida de los manuales del fabricante.

Se puede establecer solo un contrato periódico. Cuando se desee establecer otro contrato periódico, el contrato previo será reemplazado. El contrato periódico se mantendrá vigente hasta que sea modificado o cancelado.

#### b) El Contrato de Suceso

Un contrato de suceso especifica una solicitud de reporte a ser enviada por la aeronave cuando ocurran determinados sucesos. Pueden ser:

- El suceso de variación en el régimen de ascenso o descenso, que se activa cuando el mismo es mayor o menor a un valor definido en el contrato;
- El suceso de desvío lateral, que se activa cuando la posición actual de la aeronave excede un valor de distancia lateral determinado a partir de la posición prevista en el plan de vuelo activado;
- El suceso de cambio de altitud, que se activa cuando la altura de la aeronave excede el valor máximo o mínimo de la altura, estipulado en el contrato definido por el sistema terrestre; y
- El suceso de cambio de punto de reporte, que es activado por un cambio del próximo o del próximo más uno punto de reporte. Este cambio es normalmente producido por la secuencia de puntos de reporte. No obstante, también será activado por una modificación en un punto de reporte que no esté estipulado en la autorización del ATC, pero que es ingresado por el piloto por razones operacionales. Se puede establecer sólo un contrato de suceso por vez entre la aeronave y el sistema terrestre; no obstante el contrato puede contemplar diferentes tipos de sucesos.

### **c) El Contrato de Demanda**

La solicitud del contrato de demanda es una única solicitud del sistema terrestre para que los equipos de abordó envíen un reporte ADS conteniendo los datos especificados en la solicitud. Un contrato de demanda puede ser solicitado por el sistema terrestre en cualquier momento. La solicitud de dicho contrato no afectará ningún otro existente.

### **d) El Modo de Emergencia**

Este modo sólo puede ser activado o cancelado por el piloto. Una vez que ha sido activado, el modo de emergencia conecta a la aeronave con todos los sistemas terrestres que hayan establecido contratos periódicos o de suceso con la misma.

Cualquier contrato periódico que se esté efectuando, será suspendido cuando se active el modo de emergencia. No obstante, los contratos de suceso o de demanda no serán afectados por dicho modo.

Cuando el piloto cancele el modo de emergencia, los equipos de abordó enviarán un mensaje de cancelación a cada estación terrestre que haya recibido este mensaje.

## **5.3 VIGILANCIA DEPENDIENTE AUTOMÁTICA - RADIODIFUSIÓN (ADS - B)**

La ADS - B es un nuevo concepto en vigilancia aeronáutica por medio de la cual la aeronave transmite su posición (generalmente derivada de un receptor GNSS de abordó) a través de un enlace de datos. La información de posición es recibida por las aeronaves en las inmediaciones, lo que posibilita que todos los usuarios tengan conocimiento de su propia posición y de la posición de todo otro tránsito que se encuentre en las cercanías. La información de posición puede ser mostrada en el puesto de pilotaje de las aeronaves así equipadas de forma de permitir una nueva posibilidad de detección de tránsito.

Los vehículos e instalaciones terrestres también pueden ser equipados para transmitir y recibir datos de posición, posibilitando la vigilancia de todo tipo de tránsito por intermedio de enlaces de datos bi-direccionales.

Aparte de la información de posición el enlace de datos permite retransmitir datos adicionales. Estos pueden incluir la identificación y la velocidad de la aeronave, obtenidas normalmente del receptor GNSS.

La ADS - B tendrá un papel importante en el ambiente del puesto de pilotaje, ya que permitirá al piloto tener información de todo el tránsito circundante (el número de vuelo / matrícula de la aeronave aparece automáticamente en la pantalla).

La presentación en el puesto de pilotaje se utiliza para mostrar la posición e intenciones de todas las aeronaves que estén en un radio de 150 millas. El equipo se denomina Presentación en Cabina de Información de Tránsito (CDTI). Los pilotos pueden utilizar la pantalla para monitorear el tránsito en su alrededor y, por primera vez, dispondrán del mismo panorama de vigilancia de tránsito que el controlador de tránsito aéreo.

La presentación en cabina permitirá efectuar otras maniobras, tales como seguimiento a otra aeronave manteniendo una separación determinada independientemente de las condiciones meteorológicas o efectuar maniobras de rebasamiento en espacio aéreo oceánico de baja densidad de tránsito. Esto no significa una quita de responsabilidad a los controladores de tránsito aéreo en el mantenimiento de las separaciones entre aeronaves, pero les permite compartir parte de su carga de trabajo con el piloto.

También, el CDTI facultará a las tripulaciones para efectuar lo que en radiotelefonía se denomina “*mantener escucha*” de forma de poder tener un panorama mental del tránsito circundante. Los pilotos están preocupados que con la puesta en servicio de los Comunicaciones por Enlaces de Datos Entre Controlador / Piloto (CPDLC), se perderá aquella posibilidad de tener una idea del tránsito por medio de la escucha radial. Sin embargo, la ADS -B permite mantener una presentación visual de todo el tránsito.

En tierra, la ADS - B brindará nuevas capacidades de vigilancia al Control de Tránsito Aéreo a una fracción del costo de un SSR convencional. Una estación terrena ADS - B es una estación transmisora/ receptora sin las complejas y costosas antenas giratorias de los sistemas de radar. A diferencia de los mismos, una estación terrena ADS - B no necesita efectuar mediciones de gran precisión de la posición de la aeronave, abaratando sensiblemente el costo de los equipos en tierra.

El concepto ADS - B es independiente del tipo de enlace utilizado para la transmisión de los datos. La información podrá retransmitirse por VHF, satélites o SSR en Modo S. Por tanto, la ADS - B será un sistema avanzado y de relativo bajo costo (en comparación con el SSR) que brindará:

- Información de vigilancia de alta calidad, con una cobertura desde el comienzo al final del vuelo y no parcial como en la actualidad, ya que la cobertura radar es de calidad variable, dependiendo de la fase del vuelo y del emplazamiento de la antena;
- Bajo costo. No habrá un sistema de vigilancia por separado, ya que forma parte de la estructura de comunicaciones que ya está instalada;
- Flexibilidad. El promedio de reporte de vigilancia puede variarse de acuerdo con los requerimientos. Por ejemplo, el monitoreo de aproximación puede tener un promedio de reporte más elevado que las aplicaciones en ruta;
- Datos más precisos. Los datos de posición GNSS tienen una precisión de unos pocos metros si están disponibles correcciones diferenciales para el receptor GNSS. Esta precisión es mucho mayor que la obtenida por medio de los sistemas de radar convencionales. También la información de velocidad dada por un receptor GNSS es más precisa que la obtenida de pistas radar consecutivas;
- Información de vigilancia más completa. Por ejemplo se pueden transmitir, por enlaces de datos, datos adicionales obtenidos del FMS u otras computadoras de abordo a otros usuarios;
- Capacidad para soportar nuevas aplicaciones. Un enlace de datos de propósitos generales puede ser usado para transmitir información de vigilancia adicional o soportar nuevas aplicaciones;
- Información de vigilancia idéntica disponible para todos los usuarios, terrestres o aéreos. En zonas remotas /espacios aéreos oceánicos de baja densidad de tránsito, las aeronaves podrían usar estos datos para control autónomo; y
- Disponible para todas las fases del vuelo. Esto incluye vigilancia aérea y de movimiento en la superficie.

También la ADS-B enviará un mensaje a las Dependencias de Control en tierra situadas en un radio de 95 NM alrededor de la aeronave transmisora.

## 5.4 COMPONENTES PRINCIPALES

### 5.4.1 Interfaz del piloto

El interfaz del piloto dispone de medios para monitorear el funcionamiento del sistema. La transferencia de comunicaciones para otra Estación Terrena de Tierra es automática, pero se dispone de una capacidad para hacerse cargo cuando las circunstancias así lo requieran.

Para situaciones de emergencia, existe un sistema de reportes que indica la causa de la misma y un reporte ADS básico (identificación de la aeronave). También se dispone de una capacidad de voz en caso de tener que enviar mensajes de emergencia o especiales.

#### 5.4.1.1 Mensajes ADS

Los mensajes ADS contienen los siguientes datos:

- latitud y longitud;
- altura;
- hora;
- derrota;
- velocidad terrestre (G/S);
- régimen vertical (ascenso/descenso);
- rumbo magnético;
- número Mach o velocidad indicada (IAS);
- próximo punto de reporte de la ruta;
- altura estimada en el próximo punto de reporte;
- segundo próximo punto de reporte;
- dirección del viento en altura;
- velocidad del viento en altura; y
- temperatura

## 5.4.2 Aviónicos

### 5.4.2.1 Sistema de Gestión de Vuelo (FMS)

El FMS brinda una solución completa GPS/RNAV para la navegación de la aeronave en todo el mundo y en cuatro dimensiones, en las fases del vuelo oceánico/remoto, en ruta, área terminal y aproximación. Incluye un conjunto de dispositivos de navegación y planeamiento del vuelo, con posibilidades de programar puntos de reportes definidos por el usuario y posee una gran base de datos de rutas, aeropuertos y ayudas para la navegación, teniendo también capacidad para la creación y modificación del plan de vuelo.

Provee capacidad de navegación de área multi-modo automática basada en navegación satelital, y tiene posibilidad de recibir ayudas para la navegación de corto y largo alcance. Otra información de entrada incluye datos aéreos y rumbo. A partir de estas ayudas para la navegación y de los datos de ruta obtenidos de la base de datos de navegación, toda la información del progreso de vuelo de guía e información de curso, es relacionada con los puntos de reporte del plan de vuelo activado.

La ayuda a la navegación utilizada normalmente es seleccionada automáticamente por el sistema de navegación, dependiendo de la fase de vuelo y de la disponibilidad y calidad de cada ayuda. El operador puede seleccionar o descartar cualquier ayuda a la navegación disponible.

Bajo condiciones normales, las ayudas disponibles serán seleccionadas de acuerdo al siguiente orden de prioridad, basado en la precisión de la performance nominal y asumiendo buena geometría de los satélites:

- GPS
- DME / DME
- DME / VOR

Cuando se utiliza el equipo FMS como medio primario o suplementario de navegación GNSS (teniendo información de la integridad GNSS disponible), el GPS será la fuente preferida de navegación. Cuando la integridad GPS no sea la suficiente, la navegación GPS continuará; no obstante eso, la posición obtenida del GPS será comparada con aquella obtenida de los ayudas aprobadas para la fase del vuelo en cuestión, y un mensaje de alerta aparecerá cuando sea detectada una diferencia de posición que exceda los límites predeterminados para dicha fase del vuelo. La no recepción de una ayuda para la navegación que estuviere siendo utilizada resultará en la selección automática del la ayuda más próxima disponible, siempre que esté aprobada para dicha fase del vuelo y que tenga un aceptable factor de calidad.

En el poco probable caso de que el GPS y todos los otros medios de navegación no estén disponibles, el sistema de navegación del FMS pasará al modo de navegación a estima (DR), usando la velocidad aérea verdadera (TAS), información de rumbo y el último valor computado de viento. En la pantalla aparecerá un mensaje de alerta para informar al usuario de que se está utilizando este modo de navegación.

Por intermedio de la unidad de presentación y control de funciones múltiples (MCDU), que es el control primario del equipo y que también permite interconectarse con otros subsistemas de la aeronave, el piloto puede obtener información sobre el estado de todas las ayudas para la navegación, y determinar cuál está siendo utilizada. Los parámetros GPS se pueden observar a solicitud, y pueden incluir la cantidad de satélites visibles y cuáles están siendo seguidos por el equipo, los límites de la integridad vertical y horizontal del GPS y su precisión. También, se pueden verificar las radioayudas en uso y su estado de operación cuando esté activado el modo de radionavegación. Cuando la posición de la aeronave, obtenida del GPS u otras ayudas para la navegación, no cumpla con la Performance de Navegación Requerida para la fase del vuelo que se efectúa, aparecerá un mensaje de alerta .

También el FMS puede seleccionar las Rutas Estandarizadas de Arribo (STAR), transiciones STAR, aproximaciones GPS autónomas y de superposición y procedimientos de aproximación frustrada para el aeropuerto de arribo, las que son automáticamente ingresadas al plan de vuelo.

#### **a) Tiempo requerido de arribo (RTA)**

El tiempo requerido de arribo (RTA) es una función de los equipos FMS mediante la cual se computa la velocidad aérea verdadera (TAS) para cumplir con una hora de cruce determinada sobre una posición, teniendo en cuenta también el efecto de los vientos no pronosticados sobre la hora prevista de arribo (ETA).

El Controlador de Tránsito Aéreo, por un enlace ascendente y utilizando CPDLC, envía un mensaje solicitando a la aeronave que esté en un punto específico a una hora determinada. Si el piloto lo acepta, el mensaje es ingresado en el FMS, quién primero se encarga de determinar si la aeronave podrá cumplir con tal solicitud. En caso afirmativo, el FMS gestionará los sistemas de la aeronave para asegurar el pasaje dentro de la hora especificada.

#### **5.4.2.2 FANS 1**

El sistema de equipos de navegación denominado FANS 1, está certificado para uso en el Boeing 747-400 y el 777, entre otros modelos.

Utiliza el GPS como información de entrada a un sistema multi-sensor de navegación de área (RNAV), que incluye equipos triplicados de sistemas inerciales de referencia (IRS), doble FMS y dos receptores GPS y DME.

Ha sido diseñado para utilización en vuelos en áreas remotas u oceánicas, en ruta, área terminal y en aproximaciones de no-precisión.

#### **5.4.2.3 FANS A**

El equipamiento FANS A ha sido desarrollado por la firma AIRBUS para su uso en los modelos A310/A320/A330 y A340. Está diseñado para ser utilizado como medio primario de navegación en los espacios aéreos adecuados. Emplea la precisión del GPS y técnicas de monitoreo autónomo de la integridad de abordaje (AAIM), secundadas por la capacidad de verificación de la integridad que tiene incorporada el FMS.

Las funciones de monitoreo de integridad de abordaje están basadas en la configuración GPS/ADIRS, que es el GPS conectado con el Sistema Inercial de Datos Aéreos, el que utiliza todas las fuentes de navegación disponibles para monitorear el funcionamiento del GPS, asegurando los niveles más altos de precisión, integridad y disponibilidad. Con el FANS A se navega utilizando las señales GPS tanto como sea posible, teniendo en cuenta la cobertura satelital del espacio aéreo en donde se vuela.

#### **5.4.2.4 FANS B**

El equipamiento FANS B está siendo desarrollado por la firma AIRBUS para su empleo en los modelos A 330 y A 340 y posiblemente en otros modelos.

El FANS B introduce una capacidad de comunicaciones y vigilancia basada en la ATN para permitir operaciones en espacios aéreos de alta densidad de tránsito; los enlaces CPDLC y ADS también son hechos por intermedio de la ATN.

#### **5.4.2.5 Equipos de comunicaciones satelitales (SATCOM)**

El equipo SATCOM permite una capacidad de voz por medio de un teléfono digital que está disponible en algunas aeronaves a través de la red de satélites geoestacionarios de INMARSAT. Cada satélite geoestacionario dispone de 600 canales de voz, los cuales no son exclusivamente para fines aeronáuticos.

La mayoría de los equipos SATCOM han sido instalados en la cabina de las aeronaves de transporte de pasajeros como un servicio agregado y para generar mayores ingresos. Hay equipos de un solo canal y otros multi-canal. Dependiendo de la instalación, algunos equipos SATCOM también están integrados al sistema de intercomunicación del puesto de pilotaje.

Los operadores de equipos SATCOM tienen que establecer contratos con los diversos proveedores de servicios para poder utilizar sus Estaciones Terrenas de Tierra (GES) de manera de conectarse a un teléfono de tierra. Se requiere que la aeronave se conecte a la adecuada GES para la región sobre la que se está volando, teniendo en cuenta que en algunas regiones puede estar disponible más de un satélite o GES. Esto permite que las llamadas aire-tierra sean más sencillas de hacer que las tierra-aire.

En caso de un enlace satelital, la conexión terrestre está constituida por la Estación Terrena de Tierra (GES), parte del servicio fijo por satélite o del servicio móvil aeronáutico por satélite, que está situada en un punto fijo especificado en la superficie terrestre.

#### **5.4.3 Enlace de Datos**

Los requisitos operacionales de la ADS está siendo apoyados efectivamente por el sub-sistema completo de enlace de datos que conecta las Dependencias de los Servicios de Tránsito Aéreo con aquellas aeronaves adecuadamente equipadas.

Los enlaces utilizados pueden ser VHF, Modo S o HF, además de aquellos exclusivamente satelitales. La utilización de los diferentes enlaces se hará teniendo en cuenta el espacio aéreo de que se trate y también de acuerdo a un análisis de costo-beneficio, ya que éstos varían en función del enlace utilizado.

El enlace aire-tierra incluye la capacidad de intercambiar mensajes por medio de datos o por fonía, reservándose esta última para situaciones de emergencia o comunicaciones especiales.

#### **5.4.4 Interfaz de comunicaciones**

Este interfaz conecta las Dependencias de los Servicios de Tránsito Aéreo con las Estaciones Terrenas de Tierra, una de cuyas funciones es la derivar los mensajes ADS a los usuarios finales (ATS).

### 5.4.5 Interfaz del controlador

Este interfaz tiene la capacidad de:

- presentar la situación de tránsito de forma de que el controlador la puede monitorear con el mínimo de esfuerzo (*user friendly*);
- alertar al controlador de potenciales conflictos o disminución de la separación;
- posibilitar al controlador para que, utilizando formatos libres o predeterminados, pueda componer y transmitir mensajes por medio del enlace de datos seleccionado;
- presentar los mensajes enviados por el piloto;
- posibilitar el acceso rápido a un canal de voz utilizable para comunicaciones especiales y de emergencia ; y
- disponer por fonía de una respuesta rápida a una solicitud del piloto.

### 5.4.6 Funciones automatizadas de la ADS

El Control de Tránsito Aéreo, utilizando la información de la ADS, debe tener la capacidad de automatizar las siguientes funciones:

- validación de datos de vuelo, función por la cual la ruta propuesta por la aeronave (puntos de reporte) e ingresada en el sistema de navegación de la misma, es confrontada con la ruta autorizada. En caso de discrepancias las mismas serán reportadas al piloto;
- monitoreo de conformidad, por el cual las posiciones de la aeronave, reportadas o previstas, son confrontadas con la ruta según Plan de Vuelo. En caso de desvíos fuera de tolerancias razonables, el sistema dará alerta al controlador;
- seguimiento automático, que mantiene la vigilancia del progreso de vuelo de la aeronave entre cada reporte de posición;
- detección de conflictos potenciales, que proyecta a futuro las posiciones de la aeronave, efectuando una evaluación para detectar posibles transgresiones a las mínimas de separación;
- resolución de conflictos, que ofrece al controlador una posible solución a un potencial conflicto de tránsito, para su utilización o modificación; y
- presentación de datos pertinentes procesados.

## 5.5 BENEFICIOS DEL NUEVO SISTEMA DE VIGILANCIA

Con la utilización de la ADS, el Control de Tránsito Aéreo aplicado en espacios aéreos sin cobertura radar (basado en reportes a voz de pilotos y estimas de tiempo de pasaje de pilotos/controladores) evolucionará hasta brindar servicios muy similares a los proporcionados por el control radar, lo que incluye la visualización de la presentación de la posición de la aeronave en una pantalla en tierra (presentación pseudo-radar).

El uso de la ADS conlleva una reducción en los mínimos de separación utilizados en espacios aéreos no-radar. Se podrá reducir la actual separación reglamentaria sobre espacios aéreos oceánicos (10 minutos longitudinal y 60 NM lateral) a la mitad, duplicando la capacidad de las rutas oceánicas.

También, con la ADS se aumenta la flexibilidad operacional del Control de Tránsito Aéreo, ya que los controladores pueden responder de mejor manera a las preferencias de vuelo de los usuarios.

## Capítulo 6

# GESTION DEL TRANSITO AEREO

El término Gestión del Tránsito Aéreo (ATM) es usado para describir las actividades administrativas del espacio aéreo y del manejo del tránsito, llevadas en forma conjunta por las autoridades aeronáuticas relacionadas con la planificación y organización del uso efectivo del espacio aéreo así como del movimiento del mismo dentro de sus regiones de responsabilidad.

El concepto operacional ATM debe tener un alcance visionario y referirse a los conceptos de autonomía de vuelo, garantía compartida de separación y comprensión de la situación en el puesto de pilotaje.

### 6.1 OBJETIVOS

El objetivo general de la ATM consiste en que los explotadores de las aeronaves puedan cumplir con las horas previstas de salida y llegada y seguir perfiles de vuelo preferidos con un mínimo de limitaciones y sin que se comprometa el nivel convenido de seguridad.

La ATM debe:

- mantener o aumentar el nivel actual de seguridad;
- aumentar la capacidad del sistema y utilizarla plenamente, según sea necesario, para satisfacer la demanda del tránsito;
- incorporar dinámicamente las trayectorias de vuelo preferidas por el usuario en 3 o 4 dimensiones;
- dar cabida a todos los tipos de aeronaves y a las diferentes capacidades del equipo de abordaje;
- brindar mejor información al usuario (condiciones meteorológicas, situación del tránsito, instalaciones y servicios disponibles, etc.);
- mejorar la capacidad de navegación y aterrizaje para poder efectuar procedimientos optimizados de llegada y salida;
- aumentar la participación del usuario en la toma de decisiones, recurriendo inclusive al diálogo aeroterrestre de computadoras para negociaciones en vuelo;
- crear, en la medida de las posibilidades un espacio aéreo irrestricto, en el que sus divisiones sean transparentes al usuario;
- organizar el espacio aéreo conforme a las disposiciones y procedimientos de la ATM;
- reducir al mínimo las demoras y los padrones de espera y ajustar la programación de las trayectorias de vuelo para lograr un movimiento eficiente del tránsito y una utilización eficaz del espacio aéreo y de los aeropuertos; y
- lograr una mejor planificación estratégica ATS para que en el futuro se reduzca al mínimo la necesidad de intervención del sistema ATS en los casos de conflicto de aeronaves o para la resolución táctica de conflictos.

## 6.2 COMPONENTES

Está compuesta de una parte terrena y una aérea, ambas estrechamente integradas a través de procedimientos e interfaces bien definidos.

### 6.2.1 Parte terrena

La parte terrena está formada por la Administración del Espacio Aéreo (ASM), por la Organización de la Afluencia del Tránsito Aéreo (ATFM) y por los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS).

#### 6.2.1.1 Administración del Espacio Aéreo (ASM)

Tiene la finalidad de maximizar, dentro de una estructura de un espacio aéreo dado, la utilización del espacio aéreo disponible.

En el diseño de la futura estructura del espacio aéreo, los límites y divisiones del mismo no deberían impedir la utilización eficaz de las técnicas automatizadas de detección y resolución de conflictos ni el uso del equipo de aviónica de tecnología avanzada con que cuentan las aeronaves modernas.

El objetivo de la sectorización del espacio aéreo sería desarrollar una configuración óptima, combinada con la utilización de otros métodos adecuados para aumentar la capacidad del ATC.

Para la utilización del espacio aéreo, es esencial que exista una coordinación y supervisión estrechas, a fin de atender los requisitos legítimos contrapuestos de todos los usuarios y reducir al mínimo cualquier restricción en las operaciones.

#### 6.2.1.2 Gestión de la Afluencia del Tránsito Aéreo (ATFM)

Aunque la ATM se diseña para dar cabida a la máxima demanda de tránsito y tiene posibilidades de ampliación para responder a los crecimientos pronosticados, hay que tener en consideración que tal vez no sea posible atender los niveles máximos excesivos de demanda de tránsito aéreo. Por consiguiente la ATM cuenta con un subsistema coordinado denominado Gestión de la Afluencia del Tránsito Aéreo (ATFM).

Para desarrollarlo, se cotejan los datos sobre pronósticos de la demanda futura probable basados en los antecedentes disponibles, el desarrollo previsto por los aeropuertos y las líneas aéreas, los libros de pedidos de los fabricantes de las aeronaves, así como previsiones macroeconómicas de tendencias de la economía nacional y de la economía de otros Estados.

La función de la ATFM es balancear la demanda de tránsito y la capacidad del ATC. La tarea de la ATFM se centra en un panorama general del tránsito y en la estrategia de planificación requerida para asegurar el uso eficiente de aeropuertos y espacios aéreos en áreas específicas, propensas a “embotellamientos”.

Las dependencias ATS deberán proveer a la AFTM de información sobre la capacidad de manejo del tránsito.

También, la ATFM debería de tener acceso a la base de datos de los vuelos de líneas aéreas para obtener información actualizada de su programación a corto y largo plazo. Se requieren bases de datos comunes para proporcionar un servicio ATFM coherente.

Finalmente, las dependencias ATFM deberían planificar la introducción y puesta en servicio de sistemas automatizados.

### 6.2.1.3 Servicios de Tránsito Aéreo (ATS)

La implantación de los elementos CNS mejora la prestación de los servicios ATS, incorporando tecnología avanzada a las funciones existentes o básicas en lugar de limitarse a sustituirlas.

Se debe considerar la utilización de las funciones operacionales y nuevos elementos del sistema durante un período limitado, paralelamente a los ya existentes, a fin de evaluar su aplicación operacional y familiarizar a pilotos y controladores con los nuevos procedimientos.

Se introducirán ayudas automatizadas, como por ejemplo capacidad de asesoramiento en la predicción y resolución de conflictos. Las normas, métodos recomendados y procedimientos a incorporarse deberán facilitar las operaciones de las aeronaves que tengan equipo diferente, aunque operen en el mismo ambiente ATS.

Durante la fase de transición se evalúa la incorporación de los perfiles de vuelo en 3 / 4 dimensiones preferidos por los usuarios y su repercusión en la situación total del tránsito. Los procedimientos deberían ser acordados por los usuarios.

En todas las especificaciones sobre automatización de los Servicios de Tránsito Aéreo, se debe trabajar en estrecha interrelación con el ATFM.

## 6.2.2 Parte aérea

La transición a sistemas de abordaje compatibles con los conceptos CNS/ATM debe tener una buena relación costo-beneficio para todas las categorías de usuarios; los beneficios obtenibles deben compensar los costos incurridos al incorporar los nuevos equipos lo antes posible.

El equipo de abordaje debe tener la capacidad de desempeñar las funciones necesarias, en una determinada fase del vuelo, y debe cumplir con los criterios RNP, de acuerdo al espacio aéreo que se utilice.

La capacidad de las funciones automatizadas de los equipos de abordaje debe ser tal que cumpla con los requisitos ATM de automatización del espacio aéreo utilizado.

Se deben utilizar las capacidades de los sistemas de abordaje para obtener beneficios de los servicios ATM disponibles como por ejemplo, facilitando la planificación dinámica de los vuelos durante las operaciones de las aeronaves.

## 6.3 EL VUELO DE LIBRE OPCION / VUELO AUTONOMO (FREE FLIGHT)

El concepto del vuelo de libre opción / vuelo autónomo (*free flight/ autonomous flight*) desarrollado en los Estados Unidos y originalmente pensado para dar a las aeronaves mayor capacidad de maniobra apoyada por las nuevas tecnologías disponibles, también está enfatizando la necesidad de los usuarios para decidir por su cuenta sus horarios de vuelo, rutas y altitudes, disminuyendo en consecuencia demoras y costos.

Lo más importante es el principio de mantener una separación segura entre aeronaves. El principio está basado en dos franjas de espacio aéreo, denominadas de protección y de alerta, cuyas dimensiones están determinadas por la velocidad, performance y equipo de comunicaciones, navegación y vigilancia de la aeronave. La zona protegida -la más cercana a la aeronave- no puede nunca solaparse con la zona protegida de otra aeronave. La zona de alerta se extiende más allá de la zona protegida y la aeronave puede maniobrar libremente hasta que su zona de alerta se toque con la de otra aeronave. Si eso sucede, el controlador puede brindarle a uno o ambos pilotos guía vectorial de rumbo u otras restricciones para asegurar la separación.

Eventualmente la mayoría de las órdenes serán enviadas por enlace de datos, el que estará integrado a una red de comunicaciones aeroterrestres. Además, las computadoras de abordo y los satélites GPS le permitirán a los pilotos, asistidos por los controladores, utilizar presentaciones en cabina de información de tránsito (CDTI) para elegir las mejores opciones de separación.

### **6.3.1 Beneficios del vuelo de libre opción**

- Mejora la seguridad por medio de técnicas avanzadas de detección y resolución de conflictos;
- Mayor flexibilidad para gestionar las operaciones de vuelo y mayor predicción de las condiciones del espacio aéreo y sus efectos en las mismas;
- Mejores herramientas para tomar decisiones para pilotos, controladores de tránsito aéreo y despachadores de vuelo;
- Ahorros por disminución del consumo de combustible y por los menores costos operativos de las aeronaves;
- Reducción en el uso del control de afluencia;
- Mejoras en el medio ambiente debido a reducciones en las emisiones de escape en los vuelos en ruta, aproximación y en los aeropuertos;
- Obtención de una hora y posición más precisas; y
- Posibilidad de compartir información entre pilotos y controladores.

<b>RUTAS RNAV</b>	<b>REQUISITOS AEREOS</b>	<b>REQUISITOS TERRESTRES</b>	<b>NOTAS</b>
Rutas RNAV	Capacidad RNAV		Hoy disponibles en las Regiones Asia/Pacífico
Trayectorias flexibles	FMS o RNAV	Capacidad de seguimiento	Hoy disponibles en las Regiones Asia/Pacífico
Estructuras de rutas RNAV paralelas en un solo sentido	Capacidad RNAV		Hoy disponibles en las Regiones Asia/Pacífico
<b>RUTAS CNS/ATM</b>			
Rutas fijas	Aeronaves certificadas para CNS/ATM	Posible requisito de DCPC (voz o datos)	Podrán incluirse requisitos adicionales
Rutas flexibles	Aeronaves certificadas para CNS/ATM	Posible requisito de DCPC (voz o datos)	Podrán incluirse requisitos adicionales
Re-ruteo dinámico	Aeronaves certificadas para CNS/ATM con: FMS (IRS), CPDLC, Enlace de datos. Planes de vuelo actualizados directamente	CPDLC. Enlaces de datos aeroterrestres, creación de Plan de Vuelo, presentación al controlador de la situación de tránsito	Su uso depende de la complejidad del espacio aéreo
Vuelo de libre opción/ vuelo autónomo	Aeronaves con equipos autónomos	Sistema ATM interoperable con los equipos autónomos de a bordo	Concepto en etapa de definición por OACI. Su uso depende de la complejidad del espacio aéreo

**Tabla 6-1. Requisitos aéreos y terrestres para el establecimiento de rutas de navegación de área y rutas CNS / ATM**

**SECCION II**

**“PROGRAMA DE ESTUDIOS”**

## Capítulo 1

# GENERALIDADES

### 1.1 Comunicaciones

Las comunicaciones del futuro bajo el concepto CNS/ATM, estarán basadas en el uso extensivo del intercambio de datos.

La arquitectura del sistema brindará, tanto a proveedores como a usuarios de los servicios de tránsito aéreo, los diferentes medios de enlace de datos como por ejemplo HFDL, VDL, Radar Secundario de Vigilancia, en Modo S, Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite (AMSS), etc.

La capacidad de comunicaciones por fonía se mantendrá y estará reservada para situaciones excepcionales y de emergencia.

Los medios de enlace permitirán una conexión ininterrumpida entre equipos tierra- tierra y tierra- aire, y se integrarán a través de una Red Mundial de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN).

### 1.2 Navegación

La navegación del futuro para todas las fases del vuelo, estará basada en la recepción de señales generadas por satélites y se prevé que se requerirá de aumentaciones basadas en satélites (SBAS), en tierra (GBAS) y de a bordo (ABAS), las que permitirán alcanzar los requisitos como sistema de navegación de medio único.

### 1.3 Vigilancia

Los sistemas futuros de vigilancia incluirán, además del radar en su concepción actual, a la Vigilancia Dependiente Automática (ADS).

El uso de la ADS permitirá incorporar vigilancia en aquellos espacios aéreos que en la actualidad no disponen de cobertura radar, incrementando la seguridad y posibilitando la reducción de las mínimas de separación, de forma de que un mayor número de aeronaves pueda ocupar un determinado espacio aéreo dentro de los requisitos de performance de vigilancia requerida.

### 1.4 Gestión del Tránsito Aéreo

La Gestión del Tránsito Aéreo es la actividad administrativa del espacio aéreo y del manejo del tránsito aéreo llevada en forma conjunta por las autoridades aeronáuticas, relacionada con la planificación y organización del uso efectivo del espacio aéreo, logrando de esta forma una racionalización y optimización de los recursos, como también del movimiento de aeronaves dentro de las Regiones bajo su responsabilidad.

**Capítulo 2****PROGRAMA DE ESTUDIOS****2.1 Asignatura**

Introducción a los sistemas CNS/ATM

**2.2 Objetivo**

Proporcionar a los alumnos los conocimientos sistemáticos necesarios sobre los fundamentos, principios y funciones de la nueva tecnología en evolución denominada “Sistemas CNS/ATM”, además de los diferentes elementos que la componen.

**2.3 Contenido**

<b>CLAVE</b>	<b>UNIDAD 1</b>	<b>HORAS</b>
<b>CNS/ ATM</b>	<p style="text-align: center;"><b><u>ORIGENES Y EVOLUCION DEL SISTEMA</u></b></p> <p><b>O.E.</b> : Que el alumno identifique los aspectos más relevantes del origen y evolución del Sistema CNS/ATM.</p> <p><b>1.1</b> Limitaciones del actual Sistema.  <b>1.2</b> Medidas adoptadas por el Consejo de la OACI.  <b>1.3</b> Medidas adoptadas por el Comité FANS.</p>	

**Tabla 2.3.1**

CLAVE	UNIDAD 2	HORAS
CNS/ATM	<p style="text-align: center;"><b><u>COMUNICACIONES</u></b></p> <p><b>O.E.:</b> Que el alumno describa los aspectos más relevantes del nuevo sistema de comunicaciones.</p> <p><b>2.1</b> Concepto de performance de comunicación requerida. (RCP)</p> <p><b>2.2</b> Términos referidos a: Comunicaciones Directas Controlador / Piloto (DCPC) Comunicaciones Controlador / Piloto vía enlace de Datos (CPDLC) Enlace de datos entre Dependencias ATS (AIDC) Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite (AMSS)</p> <p><b>2.3</b> Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN)</p> <p><b>2.4</b> Beneficios del nuevo Sistema de Comunicaciones.</p>	

Tabla 2.3.2

CLAVE	UNIDAD 3	HORAS
CNS /ATM	<p style="text-align: center;"><b><u>NAVEGACION</u></b></p> <p><b>O.E. :</b> Que el alumno describa los aspectos más relevantes del nuevo sistema de navegación</p> <p><b>3.1</b> Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS).</p> <p><b>3.2</b> Sistema de Posicionamiento Global (GPS).</p> <p><b>3.3</b> Sistema Global Orbital de Navegación Satelital (GLONASS).</p> <p><b>3.4</b> Sistema geodésico utilizado por el GPS Conceptos básicos de geodesia El elipsoide como figura de la Tierra El geoide como figura de la Tierra El concepto de deflexión a la vertical La representación del Datum geodésico Sistema geodésico mundial WGS-84</p> <p><b>3.5</b> Concepto de performance de navegación requerida (RNP)</p> <p><b>3.6</b> Requisitos de funcionamiento de las ayudas a la navegación</p> <p><b>3.7</b> Los tres sistemas básicos de navegación</p> <p><b>3.8</b> Los sistemas de aumentación</p> <p><b>3.9</b> Beneficios del nuevo sistema de navegación</p>	

Tabla 2.3.3

CLAVE	UNIDAD 4	HORAS
CNS/ATM	<p style="text-align: center;"><b><u>VIGILANCIA</u></b></p> <p><b>O.E.</b> : Que el alumno describa los aspectos más relevantes referidos al nuevo sistema de vigilancia.</p> <p><b>4.1</b> El nuevo sistema de vigilancia.  <b>4.2</b> Concepto de performance de vigilancia requerida (RSP).  <b>4.3</b> Uso del Radar Secundario en Modo S.  <b>4.4</b> Uso de la Vigilancia Dependiente Automática (ADS).  <b>4.5</b> Uso de la Vigilancia dependiente Automática-Radiodifusión (ADS-B)  <b>4.6</b> El Sistema de Gestión de Vuelo (FMS).  <b>4.8</b> Sistemas de Navegación FANS 1 y FANS A.  <b>4.8</b> Los equipos de comunicaciones satelitales (SATCOM).  <b>4.9</b> Beneficios del nuevo sistema de vigilancia.</p>	

Tabla 2.3.4

CLAVE	UNIDAD 5	HORAS
CNS/ATM	<p style="text-align: center;"><b><u>LA GESTION DEL TRANSITO AEREO</u></b></p> <p><b>O.E.</b> : Que el alumno identifique los componentes de la Gestión del Tránsito Aéreo (ATM).</p> <p><b>5.1</b> Significado de la Gestión del Tránsito Aéreo.  <b>5.2</b> Objetivos de la ATM.  <b>5.3</b> Componentes de la ATM: ATFM, ASM, ATS  <b>5.4</b> Concepto del Vuelo de Libre Opción / Vuelo Autónomo (Free Flight).</p>	

Tabla 2.3.5

### **Capítulo 3**

## **PROGRAMA ESPECIFICO DE INSTRUCCION**

COMUNICACIONES	NAVEGACION	VIGILANCIA	ATM
<p>Uso del enlace de datos</p> <p>DCPC</p> <p>CPDLC</p> <p>AMSS</p> <p>SATCOM</p> <p>ATN</p> <p>Aviónica</p> <p><i>Contingencias</i></p>	<p>GNSS (GPS/ GLONASS/ constelaciones civiles)</p> <p>Aumentaciones: *ABAS *GBAS *SBAS</p> <p>FMS</p> <p>INS/ IRS</p> <p>Aviónica</p> <p><i>Contingencias</i></p>	<p>ADS/ B</p> <p>SSR en Modo S</p> <p>Aviónica</p> <p><i>Contingencias</i></p>	<p>Concepto operacional</p> <p>Concepto y aplicación RNP</p> <p>Trayectorias flexibles</p> <p>Re-ruteo dinámico</p> <p>Reducción de separación en los planos: *Vertical *Lateral *Longitudinal</p> <p>Concepto del Vuelo de Libre Opción/ Vuelo Autónomo</p> <p><i>Contingencias</i></p>

Tabla 3.1 TRIPULACIONES DE VUELO

COMUNICACIONES	NAVEGACION	VIGILANCIA	ATM
<p>Uso del enlace de datos</p> <p>DCPC</p> <p>CPDLC</p> <p>AMSS</p> <p>SATCOM</p> <p>AIDC</p> <p>ATN</p> <p><i>Contingencias</i></p>	<p>GNSS (GPS/ GLONASS/ constelaciones civiles)</p> <p>Aumentaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*ABAS</li> <li>*GBAS</li> <li>*SBAS</li> </ul> <p>Integración INS</p> <p><i>Contingencias</i></p>	<p>ADS/ B</p> <p>SSR en Modo S</p> <p>Procedimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RDR/ ADS/ No- RDR</li> <li>• ACAS</li> </ul> <p><i>Contingencias</i></p>	<p>Concepto operacional</p> <p>Detección de conflictos</p> <p>ASM/ATFM/RNP</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Trayectorias flexibles</li> <li>*Re-ruteo dinámico</li> <li>*Rutas preferenciales</li> <li>*Reducciones de separación</li> <li>*Vertical</li> <li>*Lateral</li> <li>*Longitudinal</li> </ul> <p>Concepto del Vuelo de Libre Opción/ Vuelo Autónomo</p> <p><i>Contingencias</i></p>

Tabla 3.2 CONTROLADORES DE TRANSITO AEREO

COMUNICACIONES	NAVEGACION	VIGILANCIA	ATM
Uso del enlace de datos  DCPC  CPDLC  AMSS  SATCOM  ATN  Aviónica  <i>Contingencias</i>	GNSS (GPS/ GLONASS/ constelaciones civiles)  Aumentaciones: *ABAS *GBAS *SBAS  Homologación  Calibración  Aviónica  <i>Contingencias</i>	ADS/ B  SSR en Modo S  Integración RDR/ ADS  Aviónica  <i>Contingencias</i>	Concepto operacional de la ATM  <i>Contingencias</i>

Tabla 3.3 PERSONAL TECNICO

## Capítulo 4

# RECOMENDACIONES

## 4.1 TRIPULACIONES DE VUELO

### 4.1.1 Comunicaciones

El uso de los nuevos sistemas de comunicaciones requerirá que las tripulaciones de vuelo reciban la capacitación adecuada para su certificación en el uso de equipos de comunicaciones de abordo de nueva generación. Asimismo, deberán tener un conocimiento general de cómo se interconectan los diferentes componentes en el nuevo ambiente COM. Una tripulación de vuelo certificada para la operación de los nuevos equipos de comunicaciones de abordo, deberá haber recibido capacitación y demostrado su competencia en el manejo de los mismos.

### 4.1.2 Navegación

La navegación del futuro, fundamentalmente basada en satélites, requerirá de las tripulaciones de vuelo un conocimiento cabal de los principios de operación de los sistemas. La capacitación en la utilización de los mismos debiera llevarse a cabo de manera estructurada, para asegurar el mantenimiento de la seguridad de vuelo durante el periodo de transición. Su capacitación debiera incluir un programa que le permita el uso de los equipos de navegación satelital de abordo. Una tripulación de vuelo debidamente calificada deberá estar capacitada para operar en forma eficiente y segura los nuevos sistemas de navegación satelital.

### 4.1.3 Vigilancia

El uso del ADS (ADS -B Radiodifusión) brindará, a través de enlaces de datos, capacidad de vigilancia en espacios aéreos oceánicos y en rutas continentales que carecen actualmente de servicios de control radar. La transmisión automática de la posición de la aeronave por medio de la ADS reemplazará los reportes de posición a voz del piloto(VPR), disminuyendo el nivel de trabajo en el puesto de pilotaje y posibilitando una reducción en las mínimas de separación, incrementando la seguridad del vuelo, y ajustándose mejor a los perfiles de vuelo preferidos por los usuarios.

.Las tripulaciones de vuelo deberán tener conocimiento de los principios operacionales del ADS/ ADS-B, así también como de las limitaciones inherentes al sistema.

### 4.1.4 Gestión del Tránsito Aéreo

Se espera que la ATM en su concepto final permitirá a las tripulaciones de vuelo el poder elegir de manera dinámica la trayectoria de vuelo de acuerdo a sus necesidades, con

fundamento en decisiones basadas en información meteorológica, información de tránsito, servicios disponibles, etc. Estas decisiones serán el resultado del procesamiento de la información recibida por las tripulaciones, la cual será constantemente actualizada por modernos equipos de enlace de datos que formarán la piedra angular de todos estos sistemas futuros. Consecuentemente, las tripulaciones necesitarán estar profundamente informadas en el uso y limitaciones de estos sistemas.

Los fabricantes de los nuevos equipos también deberán tomar muy en cuenta los aportes que los usuarios puedan hacer en el proceso de diseño de los sistemas.

Debido a la complejidad y al gran número de diferente equipos que serán necesarios para operar bajo el concepto ATM, los explotadores de aeronaves tendrán que tomar medidas especiales de capacitación periódica para que sus tripulaciones se mantengan actualizadas en su uso.

## **4.2 CONTROLADORES DE TRANSITO AEREO**

### **4.2.1 Comunicaciones**

Los proveedores de servicios de tránsito aéreo debieran tomar en cuenta la capacitación que será necesaria brindar a su cuerpo de controladores de tránsito aéreo en relación al control utilizando los nuevos sistemas de comunicaciones. Un controlador de tránsito aéreo debidamente habilitado para operar con los nuevos sistemas de comunicaciones debiera haber recibido instrucción y demostrado competencia en el uso de los mismos.

### **4.2.2 Navegación**

Los proveedores de servicios de tránsito aéreo debieran brindar al personal de control de tránsito aéreo la capacitación necesaria para hacer uso máximo de los beneficios que brinda el GNSS y sus aumentaciones. Un controlador de tránsito aéreo debidamente habilitado debiera tener incluido en su programa de instrucción la orientación en cuanto a la operación de los nuevos sistemas de navegación.

### **4.2.2 Vigilancia**

Los proveedores de servicios de tránsito aéreo debieran brindar al personal de control de tránsito aéreo la capacitación necesaria para hacer uso máximo de los beneficios que brinda la ADS y otros sistemas de vigilancia futuros. Un controlador de tránsito aéreo debidamente habilitado debiera haber aprobado un curso de capacitación con un programa estructurado sobre la operación de los nuevos sistemas de vigilancia.

### **4.2.2 Gestión del Tránsito Aéreo**

Los proveedores de servicios de tránsito aéreo debieran suministrar al personal de control de tránsito aéreo la capacitación necesaria para hacer uso máximo de los beneficios que brindan los nuevos sistemas C, N y S de manera de poder llevar a cabo una óptima gestión del tránsito aéreo. Un controlador de tránsito aéreo debiera haber aprobado un curso de introducción a la ATM que contemple un cabal entendimiento de la operativa de los nuevos sistemas C, N y S.

## **4.3 PERSONAL TECNICO**

### **4.3.1 Comunicaciones**

Los nuevos sistemas de comunicaciones harán uso extensivo de la tecnología de enlaces de datos y, como tal, será crítica la preparación técnica del personal de apoyo a estos sistemas. Los proveedores de servicios de tránsito aéreo debieran tomar medidas para mantener a su personal capacitado en la instalación y mantenimiento de los mismos.

### **4.3.2 Navegación**

Los proveedores de servicios de tránsito aéreo debieran tomar en cuenta la capacitación a brindar a su personal de apoyo técnico en relación a la instalación y mantenimiento de los nuevos sistemas de aumentación, incluyendo los equipos de abordó. El personal de apoyo técnico debiera ser capacitado en materia electrónica conducente a la eficiente instalación y mantenimiento de los equipos de navegación terrenos y de abordó basados en el GNSS y sus aumentaciones.

### **4.3.3 Vigilancia**

Los proveedores de servicios de tránsito aéreo debieran tener en cuenta la capacitación a brindar a su personal de apoyo técnico en relación a la instalación y mantenimiento de los nuevos sistemas de vigilancia, incluyendo los equipos de abordó.

#### **4.3.4 Gestión del Tránsito Aéreo:**

Los proveedores de servicios de tránsito aéreo debieran tomar en cuenta la capacitación a brindar a su personal de apoyo técnico en relación a la instalación y mantenimiento de todos los sistemas y equipos que soportan el concepto ATM.

### **4.4 RECOMENDACIONES GENERALES**

#### **4.4.1 Selección de instructores**

Los instructores seleccionados para impartir el “Curso de introducción a los Sistemas CNS/ATM” deberán tener, por lo menos, cinco años de experiencia en cualquiera de las áreas involucradas, acreditar un curso de técnicas de instrucción o equivalente, y poseer una sólida formación en los conceptos CNS/ATM.

#### **4.4.2 Situación actual del Plan Nacional de Implantación**

Se deberá procurar que el alumno conozca la realidad de la Organización a la que pertenece, en lo que tiene que ver con el Plan Nacional de Implantación de los Sistemas CNS/ATM

#### **4.4.3 Carga horaria**

La carga horaria se definirá en función de los profesionales a los cuales se les impartirá la instrucción. Cada Estado, a través del Centro de Instrucción correspondiente, tendrá la potestad de asignar el número de horas que juzgue conveniente para los diferentes niveles de instrucción.

#### **4.4.4 Evaluación**

Se recomienda que se efectúen, por lo menos, dos evaluaciones parciales escritas y una final.

**SECCION III**

**“IMPACTO DE LA  
AUTOMATIZACION CNS/ATM  
SOBRE LOS RECURSOS HUMANOS”**

## **PREFACIO**

*En la actualidad, se está proponiendo un gran número de nuevos sistemas de Comunicaciones, Navegación, Vigilancia y Gestión del Tránsito Aéreo (CNS/ATM), para mejorar globalmente la aviación. Se recomiendan estos sistemas porque se piensa que producirán cambios significativos incluyendo:*

- *más información;*
- *mayor precisión de la información disponible; y*
- *disminución de la carga de trabajo del Operador humano*

*Si realmente se llevan adelante estos cambios, se implementarán procedimientos operativos más eficientes, mejorándose en consecuencia la seguridad operacional. Por tanto, el concepto del Vuelo de Libre Opción/Vuelo Autónomo (Free Flight), que le permite a los pilotos determinar con mayor libertad sus planes de vuelo, estará íntimamente ligado a la introducción exitosa de los nuevos sistemas CNS/ATM.*

*No obstante, la utilización de estos nuevos sistemas podría traer aparejado la comisión de nuevos tipos de errores humanos. En tanto se podrán disminuir alguno de ellos, (por ejemplo, la introducción de enlaces de datos podría disminuir los errores en la recepción/colación de mensajes), existe la posibilidad de que surjan otro tipo de errores, algunos inducidos por los diseños de los nuevos sistemas.*

*Como se detalla en esta Sección, muchos errores podrían deberse a una inadecuada presentación de la información (por ejemplo, un deficiente interfaz hombre-máquina). Este tipo de errores pueden estar relacionados con la cantidad de información presentada (en caso que la misma sea más de la que el Operador humano pudiera entender), la manera en que dicha información es presentada (si es difícil de interpretar adecuadamente), si el Operador humano no comprende las “intenciones” del sistema, y si el Operador humano no puede recordar, debido a la abundancia de opciones, el significado de los diferentes códigos de operación (por ejemplo, si un código indica en una presentación gráfica que la aeronave está siendo vigilada mediante el uso de la ADS, o si otro código muestra que la aeronave no está todavía en contacto radar, etc.)*

*También podrían cometerse errores por un uso no previsto de los nuevos sistemas, seguramente no previsto por los diseñadores. Por ejemplo, si un controlador de tránsito aéreo usa un sistema nuevo de una manera que no fue contemplada en el entrenamiento, podría entrar en un territorio no explorado, ya que los diseñadores podrían no haber tenido en cuenta todas las posibles variaciones en su uso. .*

*Otro problema analizado en esta Sección, es la posibilidad de que los Operadores humanos tengan reacciones adversas frente a estos nuevos sistemas. Las razones para tal comportamiento obedecerían, entre otras causas, a la preocupación ocasionada por la reducción en los puestos de trabajo, falta de confianza en la precisión de las soluciones propuestas (tratándose de sistemas de apoyo a la toma de decisiones), sobre- dependencia en la automatización, o el temor al cambio.*

*Esta Sección identifica algunas etapas básicas, que las diferentes Administraciones de Aviación Civil podrían seguir, para disminuir tales reacciones negativas. El entrenamiento, específicamente, se enfatiza como una manera de familiarizar a los Operadores humanos con la forma de operación y con la ventajas obtenibles de los nuevos sistemas, por medio de una eficiente gestión de los mismos.*

*En tanto es deseable que se usen instructores con mucha experiencia para la capacitación, podrían surgir problemas tales como:*

- *La mayoría de los instructores no tendría la experiencia requerida, más tratándose de sistemas incorporados recientemente, y*
- *Se requeriría capacitar a un gran número de Operadores humanos en un período de tiempo limitado, sin tener la posibilidad de contar con instructores altamente experimentados en los nuevos sistemas, por las razones antes descriptas*

*Para corregir tales deficiencias, se sugiere aplicar la metodología de “entrenar al instructor” por medio de la cual, un plantel de instructores con gran experiencia, entrena un grupo reducido de controladores de determinada dependencia, los que posteriormente, capacitarán al resto de los controladores.*

*Presuponiendo que estará disponible, por lo menos inicialmente, un número reducido de instructores capacitados en la operación de estos nuevos sistemas CNS/ATM, los programas de entrenamiento deberían ser bastante sencillos. También, los procedimientos para la operación deberían estar ampliamente probados y detallados de antemano, por lo que el entrenamiento debería enfatizar no sólo cómo funcionan, sino también cómo deben operarse, de forma de alcanzar los beneficios pensados originalmente.*

*Otra manera de reducir las reacciones negativas a estos nuevos sistemas y disminuir (pero no eliminar) la posibilidad de encontrar errores desconocidos, es permitir a los Operadores humanos la participación en el desarrollo de los mismos. Además, usar determinadas técnicas tales como la simulación operacional de gran realismo (para demostrar los nuevos interfaces), y las simulaciones de mantenimiento en la cadena de eventos (para permitir a los Operadores humanos el comparar diseños alternativos y desarrollar procedimientos operativos de utilización), seguramente mejorarán la calidad del producto final, a la vez que podrían aumentar la confianza del Operador humano. Por ejemplo, el saber que otros colegas participan en el desarrollo de un nuevo sistema, podría aumentar la confianza de los demás controladores.*

*Finalmente, a pesar de los esfuerzos en contrario, es probable que las Administraciones de Aviación Civil encontrarán esa resistencia. Se deberá, en consecuencia, anticiparse a la misma.*

*Mientras que no sería posible evitarla completamente, se debería disminuir la incertidumbre de los Operadores humanos por intermedio de:*

- *diseños completamente probados y aprobados por los Operadores humanos;*
- *entrenamiento intensivo; y*
- *seminarios para divulgación del propósito de los nuevos sistemas CNS/ATM*

*Para lograr lo anterior, una etapa primera, pero no por ello menos importante, es considerar los aspectos de factores humanos en el desarrollo de los nuevos sistemas CNS/ATM*

**Carol Manning, PH. D.**

**Psicóloga en Investigación de Ingenierías**

**Instituto Civil Aeromédico de la Agencia Federal de la Aviación**

## Capítulo 1

# INTRODUCCION

Los factores que inciden en los recursos humanos relacionados directa o indirectamente con los Sistemas CNS/ATM y que se resaltan en esta Sección, son diversos y algunas de sus consecuencias impredecibles o simplemente todavía ignoradas. Tales diversidad y desconocimiento impiden establecer mecanismos específicos para eliminar o disminuir su incidencia en el ser humano, por lo que esta Sección contiene generalidades, producto de la experiencia profesional, que ayudarán a los Estados a implementar políticas locales que alcancen los fines deseados.

Uno de los beneficios resultantes de la implantación de los Sistemas CNS/ATM en las Regiones CAR/SAM, será el establecimiento de áreas en las cuales se gestionará al tránsito aéreo de una manera eficiente, continua, homogénea, segura y confiable, de tal forma que el usuario no percibirá las fronteras físicas entre los Estados.

La puesta en servicio de los Sistemas CNS/ATM conlleva, desde su origen, la introducción de técnicas automatizadas para el mejor manejo de los mismos, entendiéndose que la implantación de los mismos pudiera generar un impacto, entre otros, que se podría denominar “resistencia al cambio”.

La introducción de las nuevas tecnologías puestas a disposición del ser humano para prestar y recibir servicios, muchas veces ha enfrentado a las partes, ocasionando una resistencia involuntaria al cambio, por el temor a la aplicación de sistemas automatizados, que lo único que pretenden es brindar un servicio más seguro y confiable. Deberá tenerse en cuenta que la tecnología que hace uso de una gran dosis de automatización, aunque manteniendo al operador en un lugar destacado, ayuda a impedir incidentes y accidentes.

Los sistemas utilizados actualmente, son operados por recursos humanos con un alto promedio de experiencia en su manejo. Cuando se produzca la migración a los nuevos equipos CNS/ATM detallados en la Sección I del Manual Guía, se deberá dar inicio a un proceso de capacitación sobre el nuevo equipamiento, a fin de lograr una unificación de conocimientos entre los especialistas actuales y los que están en formación. Será durante tal período de transición, cuando los Estados deberán invertir decididamente en un proceso de capacitación que contemple el entrenamiento en el uso de estas tecnologías a todos los niveles de los recursos humanos relacionados con la aviación y los servicios operativos.

Habrà de tenerse en cuenta que existen trabajos hechos por eminentes especialistas sobre el tema, los que fueron consultados al elaborar esta Sección, para ayudar en la comprensión de este importante aspecto no sólo a las Tripulaciones de Vuelo, Controladores de Tránsito Aéreo y Personal Técnico, sino también a los miembros directivos de las Administraciones de Aviación Civil de las Regiones CAR/SAM, ya que éstos son los que, teniendo el poder de decisión, podrán brindar un apoyo directo y oportuno que permita continuar con este desarrollo aeronáutico conformado por la implementación de las nuevas tecnologías para el siglo XXI.

## Capítulo 2

### GENERALIDADES

En la transición hacia los sistemas CNS/ATM y bajo la premisa de que el ser humano estará a cargo del funcionamiento eficiente y seguro del sistema, se deberá tener en cuenta la participación del mismo; para ello es necesario y conveniente disponer de la información, que le permitirá desarrollar sus correspondientes actividades de una forma adecuada.

Durante la implementación y posterior uso de estos sistemas, los recursos humanos jugarán un papel muy importante, por lo que se estima que, al verse involucrados en las diferentes etapas que tal proceso conlleva, las fases de planificación y ejecución se llevarán a cabo de una mejor manera; también ello facilitará la adaptación de dichos recursos humanos a las nuevas tecnologías, conforme a las experiencias observadas en proyectos similares de transición a los nuevos sistemas en distintas partes del mundo. Asimismo, se verán disminuidas las posibilidades de error o falla.

La correspondiente capacitación contribuirá a reducir al mínimo el impacto causado por el cambio de tecnologías y procesos, procurando evitar la ocurrencia de fallas; esto último considerando que la capacitación por sí sola no garantizará que no ocurran, ya que existen otros elementos que estarán íntimamente relacionados, principalmente en lo que respecta a factores humanos, por lo que se deberán de abordar no sólo las aptitudes sino también las actitudes del personal.

Para lograr lo anterior, es imprescindible que los integrantes de las diversas organizaciones tengan conciencia de las responsabilidades que les competen; por lo que en un principio se deberá definir una fase de sensibilización, seguida de un programa de capacitación sobre los sistemas CNS/ATM cuyo objetivo será, entre otros, el alcanzar un adecuado conocimiento sobre dichas tecnologías de tal forma que, independientemente de la especialidad de cada persona, se unifiquen los conocimientos; todo lo cual contribuirá cualitativamente a los procesos de planificación e implementación.

Consecuentemente, el impacto sobre los recursos humanos que conlleva el proceso de automatización inherente en las nuevas tecnologías, será menor, y no implicará un retroceso sino seguramente un paso hacia adelante.

### Capítulo 3

## FACTORES HUMANOS

*“¿Será siempre la automatización beneficiosa?: los datos obtenidos en experimentos en los que se emplearon controles de performance y mediciones de carga de trabajo, demostraron que muchos de los automatismos no serán utilizados de la forma planeada, o simplemente no serán usados, especialmente bajo condiciones de una carga de trabajo elevada.”*

*(Jorna, 1997)*

### 3.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

El Control de Tránsito Aéreo está formado por muchos subsistemas complejos; está afectado por las condiciones meteorológicas; es también operado por seres humanos diferentes, (cada cual con comportamientos específicos) con la posibilidad latente de cometer fallas. El resultado final es un sistema con muchas discrepancias menores y posibilidades de errores potenciales, la mayoría de los cuales nunca se convierten en incidentes – a raíz de las influencias que ejercen los Operadores humanos, mediante la habilidad de adaptarse a las diferentes situaciones.

El actual Sistema de Gestión de Tránsito Aéreo (ATM) es grande, complejo y casi orgánico, siendo las interacciones humanas el adhesivo que une al todo. Controladores y pilotos manipulan y gestionan no sólo subsistemas complejos en tiempo real, sino también los riesgos inherentes dentro de los mismos, empleando interacciones adaptables y flexibles en los momentos críticos. Estos factores aumentan la complejidad inherente en el desarrollo y diseño de los nuevos sistemas CNS/ATM.

Debido a que dichos sistemas tienen, al mismo tiempo, componentes muy unidos y otros no tanto, se complica aún más la tarea de definir, diseñar e implementar cambios, con el propósito de aumentar la capacidad, manteniendo los niveles de seguridad requeridos. Es este deseo de lograr aún más capacidad el que está impulsando la transición. Ya que en la misma, como se dijo anteriormente, el ser humano tiene un rol central, se puede inferir que una migración a un sistema capaz de absorber mayores volúmenes de tránsito aéreo, también irá acompañada de cambios importantes en el rol desempeñado por el Operador humano y, en consecuencia, en la tarea que el mismo lleva a cabo.

### 3.2 INCORPORACIÓN DE LOS FACTORES HUMANOS

El estudio de los factores humanos es un elemento clave para determinar cómo administrar mejor los cambios que se operarán en el rol del Operador humano, con el fin de absorber mayores volúmenes de tránsito, aunque manteniendo los niveles de seguridad requeridos.

El papel desempeñado por los factores humanos en el desarrollo de estos nuevos sistemas no debe estar limitado sólo a modificar las características de los diseños primarios para obtener su aceptación por parte de los usuarios. Si no se tienen en cuenta las prestaciones de las capacidades humanas (y sus limitaciones) desde el comienzo mismo de la definición del concepto, se pueden crear diseños que no serán totalmente apropiados, comprometiéndose seriamente la productividad del sistema total, lo que también pudiera afectar en cierta medida la seguridad operacional.

Los especialistas en factores humanos deberán ser miembros de los equipos interdisciplinarios encargados del desarrollo y diseño de los nuevos sistemas CNS/ATM, desde el comienzo de la etapa de desarrollo, para así incorporar tanto las fortalezas como las debilidades del subsistema humano en el diseño final. En realidad, dichos especialistas ejercerán un papel de intermediarios entre el diseñador y el usuario final.

Deberá tenerse en cuenta que, en algunas ocasiones, estos usuarios finales tienden a tornarse atípicos, a raíz de su participación en el proceso de desarrollo, por lo que se necesitan reaplicaciones periódicas que abarquen usuarios finales más representativos.

Los equipos de diseños multi- disciplinarios deberán trabajar en estrecha cooperación a través de todo el proceso de desarrollo, lo que abarca la formulación del concepto inicial, análisis y asignación de funciones, diseño preliminar, desarrollo de los primeros prototipos y evaluación del sistema, haciendo especial hincapié en la comprobación de las prestaciones humanas.

### 3.3 FACTORES HUMANOS EN LA IMPLEMENTACIÓN, EDUCACIÓN Y ENTRENAMIENTO

La participación de los factores humanos deberá continuar más allá de la etapa de diseño, adentrándose en la etapa de implementación. La tendencia a permitirle al usuario final que haga modificaciones al diseño final, de forma de facilitar la implementación, deberá ser cuidadosamente controlada por medio de la participación en partes equitativas de expertos en factores humanos y de usuarios finales. Es muy fácil perder toda o parte de la efectividad que se pretendía con el concepto del diseño original, haciendo modificaciones finales desparejas o basadas en un inadecuado procesamiento de la información, lo que puede inducir a pérdida de eficiencia y, tal vez, a problemas de seguridad.

Los nuevos sistemas requieren de planes de implementación ampliamente desarrollados, lo que incluye la instrucción de los operadores en la lógica, capacidad y racionalidad de los mismos, así como la clara enunciación del papel que desempeñarán en el conjunto global del sistema ATM.

También, los Operadores de un sistema propenderán a considerar cambios o modificaciones en el diseño como derivados o mejoras de las prácticas de operación actuales (utilizadas en los equipos en operación hoy en día), y que pueden no tener en cuenta la necesidad de incorporar tareas o procedimientos nuevos o diferentes, para obtener una mayor productividad, aumentando en consecuencia los niveles de seguridad.

Sin un programa de capacitación/entrenamiento positivo y proactivo, existe la posibilidad de una posible transferencia de antiguas actitudes y métodos de trabajo, generalmente referida como transferencia negativa.

Cuando se desarrolle un plan de implementación, se deberá prestar especial atención a la posible transferencia de hábitos de trabajo usados en el sistema antiguo los cuales, de continuarse aplicando en el nuevo sistema, podrían comprometer seriamente la eficiencia y la seguridad. Tal transferencia negativa se hace muy evidente cuando los operadores están soportando una alta carga de trabajo.

### 3.4 SISTEMAS DE APOYO A LOS OPERADORES HUMANOS

Los sistemas de apoyo a los Operadores humanos abarcan diferentes tipos y niveles de automatismos, con el propósito de facilitar la toma de decisiones.

#### 3.4.1 Sistemas de apoyo a la toma de decisiones

Al diseñar sistemas automatizados de apoyo a la toma de decisiones (*collaborative decision making tools*), se deberán incluir dentro de las opciones operativas la capacidad de mostrar explícitamente al Operador humano los límites del sistema, en lo relativo a las condiciones de operación. El Operador humano no debiera ser el encargado de averiguar o de presuponer por sí mismo el estado del sistema y sus limitaciones, especialmente bajo condiciones excepcionales, cuando tenga que hacerse cargo de las funciones que el sistema debería haber prestado automáticamente y que, por cualquier circunstancia como por ejemplo un fallo, está imposibilitado de hacerlo.

El aspecto más importante a tener en cuenta al considerar estos sistemas de apoyo, especialmente en aquellos automatismos que crean su propio plan de acción (tratando de ayudar a los Operadores humanos a procesar la información a su alcance), es de cómo mantener informado al Operador humano acerca del plan de los sistemas, especialmente si dicho Operador humano es el “sistema” de reserva.

En consecuencia, los sistemas de apoyo a la toma de decisiones tendrán una eficacia limitada, a menos que tengan un conocimiento de las *intenciones* de los pilotos y de los controladores. Las ventajas extraíbles de estos automatismos se basan en el hecho de compartir las intenciones, para luego formular un plan de acción acorde.

### 3.5 INTENCIONES

Se denomina “*intenciones*” a la descripción de cómo se piensa que será el futuro; por medio de ellas se trata de adivinar el futuro. Por lo tanto, las intenciones involucran elementos de predicción y de predeterminación.

La tecnología de abordaje se ha desarrollado hasta el punto tal de posibilitar la predicción a futuro, desde el punto de vista de la aeronave, con un alto índice de probabilidad. Esto es logrado a través del Sistema de Gestión de Vuelo (FMS), el cual asegura que lo que se predijo se torne realidad; el FMS asegura conformidad; las situaciones futuras son metas que pueden alcanzarse.

Las intenciones no están limitadas a la aeronave y a su planificación; constituyen también un aspecto importante del método que el controlador utiliza para gestionar en su esfera de responsabilidad. Las intenciones del controlador son una proyección en el tiempo de las dinámicas de la situación actual, identificando dónde se deberán efectuar modificaciones para asegurar la seguridad y acceder a las solicitudes de los pilotos.

El control del tránsito aéreo funciona principalmente a través del accionar del controlador, el que combina todas las intenciones individuales de los pilotos con las suyas propias, contenidas dentro de un amplio plan de acción, siendo árbitro en donde dichas intenciones entren en conflicto. Es así que la información de las intenciones se transforma en un requerimiento con el que cada piloto y cada controlador trata de cumplir.

Los controladores hablan de “tener el panorama” refiriéndose no sólo a la situación actual y hacia donde ésta se desarrollará (sus intenciones), sino también al plan de acción a futuro: ellos están completamente conscientes de la situación.

Las intenciones del controlador, en la actualidad, existen sólo en su cerebro. Los sistemas terrenos de apoyo a las decisiones necesitan tener conocimiento de las intenciones del controlador de forma de ayudar a la ejecución del plan táctico.

Estos aspectos son más difíciles de resolver dentro de los espacios aéreos dominio del Control de Aproximación y de la Torre de Control, debido a la naturaleza específica de las operaciones que allí se llevan a cabo. Los controladores prestando servicio en estas dependencias procesan muchas decisiones en cortos lapsos, y propenden a tener una carga elevada de tareas mecánicas.

Esto plantea grandes exigencias en aquellos sistemas de apoyo a la toma de decisiones diseñados para usar en dichos espacios aéreos, principalmente en lo referido a la carga de trabajo y al mantenimiento de la conciencia situacional.

### 3.6 MANEJO DEL TRANSITO AEREO MEDIANTE EL USO DE ESTRUCTURAS

En el espacio aéreo de un área terminal, debido a la incertidumbre acerca de la performance de la aeronave en el plano vertical y a la falta de adecuada información sobre las intenciones del tránsito aéreo, se suceden más situaciones de conflictos potenciales que en la fase de vuelo de crucero de largo radio de acción. Es el conflicto potencial el que aumenta la carga de trabajo de un controlador, y en cualquier situación en donde haya aeronaves ascendiendo y/o descendiendo en trayectorias que pudieran infringir las mínimas de separación, surge el requisito de manejar la incertidumbre, por medio de la vigilancia (equipos Radar/ADS) y tal vez, mediante la intervención directa del Operador humano (controlador), hasta que los tránsitos ya no sean factor.

Cuando aumenta el volúmen de tránsito, la respuesta de los controladores (determinada en las reglamentaciones vigentes) es imponer algún tipo de estructura a la afluencia del mismo en el espacio aéreo bajo su responsabilidad. La imposición de diferentes tipos de restricciones, de una manera estructurada, es un intento para manejar la complejidad resultante de estar controlando a muchos pilotos, cada uno con diferentes demandas. Conforme la carga de tránsito aumenta, el controlador tiende a variar su accionar, pasando de un modo en el cual procesa las solicitudes individuales, a otro en el cual acomoda a cada aeronave dentro de una determinada estructura.

En este modo se encontrarían:

- las rutas ATS / aerovías, salidas y llegadas normalizadas por instrumentos (SIDs/ STARS);
- las cartas de acuerdo operacional entre las diferentes dependencias de control de tránsito aéreo; y
- la imposición de controles de afluencia para determinada porción de espacio aéreo

La estrategia favorecida en la actualidad para disminuir la carga de trabajo impuesta por la predicción/resolución de conflictos, es la de encauzar al tránsito aéreo hacia las estructuras referidas anteriormente.

Finalmente, la forma de cómo los controladores evalúan y manejan la incertidumbre, deberá ser cabalmente entendida antes de implementar los planes que involucren la remoción o modificación de alguna de las estructuras actuales utilizadas para manejar la incertidumbre.

Se necesita un adecuado conocimiento sobre los factores humanos para determinar los posibles impactos que pudiera ocasionar la modificación de la estructura del espacio aéreo, referida a un sistema (tal como el CNS/ATM), que tendrá menos estructura que el presente.

## Capítulo 4

### PROBABLES IMPACTOS DE LA AUTOMATIZACION

En 1801, José María Jacquard desarrolló un telar automatizado, que era operado por tarjetas de papel perforadas, similares a aquellas utilizadas en las oficinas hasta hace 35 años atrás.

Los obreros, que habían desarrollado gran destreza como cardadores y tejedores, se vieron repentinamente confrontados a una tecnología totalmente nueva, que podía hacer su trabajo con mayor precisión y velocidad.

Para 1811, el temor y la frustración causados por estos automatismos eran tan intensos, que se produjeron disturbios callejeros en las proximidades de Nottingham y Lancashire, en Inglaterra.

Estos disturbios aparejaron violencia y destrucción de molinos y maquinarias.

Esta reacción se ha repetido por más de 200 años, conforme máquinas diversas tales como automóviles, ferrocarriles, computadoras y robots han ido cambiando la forma de trabajar del ser humano para siempre.

Llevando nuestro ejemplo al área de los nuevos sistemas CNS/ATM, comenzaremos el análisis partiendo de una base común: la automatización, parte integral de los nuevos sistemas, posibilita una mejor y más efectiva utilización de las capacidades que se nos ofrecen.

Consecuente con lo anterior, se deberá tener cabal conocimiento de los impactos que se generarán sobre los recursos humanos, tanto a nivel operativo como gerencial. Este último grupo comprende a aquellas personas a cargo de la toma de decisiones al momento de la planificación, adquisición y puesta en servicio de los nuevos equipos.

La migración a los nuevos sistemas debe estar acompañada por una cuidadosa preparación de los recursos humanos, de forma de brindarles una adecuada capacitación y una suficiente motivación para que, durante el período de transición, se pueda crear la correcta conciencia situacional de lo que está sucediendo de manera que el ser humano (nosotros), no quede por fuera de la secuencia de eventos.

Los planificadores deberán tener en cuenta que la introducción de la automatización representa un gran cambio para buena parte del personal operativo y, al contrario de ciertas opiniones, este proceso no reduce los requisitos de entrenamiento: sin lugar a dudas, el ser humano deberá continuar sabiendo cómo operar sistemas complejos, incluyendo sistemas altamente automatizados.

La instrucción necesaria para prepararnos para este cambio deberá comenzar lo más pronto posible, brindando una base en computación y automatización. A menudo, es posible que el personal experimentado que está recibiendo instrucción acerca de cómo operar los nuevos equipos, con la inevitable dosis de automatización que ello implica, se resista al cambio. Este es otro desafío que los planificadores deberán anticipar y enfrentar.

A continuación, discurriremos brevemente sobre algunos de los aspectos a considerar, en el tratamiento de este tema, tales como:

- El interfaz hombre máquina;
- Conciencia situacional;
- Procesamiento de la información; e
- Impactos psicológicos.

## 4.1 INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA

Los sistemas CNS/ATM utilizan tecnología de punta, la que incluye un considerable número de dispositivos automatizados.

Los encargados de la planificación y puesta en servicio de los sistemas CNS/ATM, podrían valerse de la considerable experiencia de la industria aeronáutica respecto a la introducción de nueva tecnología, que data de la puesta en servicio de aeronaves equipadas con puestos de pilotaje avanzados. Tal experiencia podría ser trasladada al campo CNS/ATM con resultados altamente beneficiosos, ya que de los estudios realizados sobre el impacto de la automatización en los puestos de pilotaje avanzados sobre los pilotos (seres humanos), se podrían extraer importantes enseñanzas para mejorar tal situación en lo relativo a los sistemas CNS/ATM.

Durante la puesta en servicio de dichas aeronaves, surgieron problemas en lo que respecta a la interfaz entre el ser humano y la tecnología. La dimensión de estos problemas fue tal que hizo que se determinara, inicialmente, por parte de los especialistas en la materia, que el diseño de tales sistemas automatizados podría ser un factor causante de accidentes.

### 4.1.1 Aspectos a tener en cuenta al considerar la comunicación hombre- máquina

Sólo después de efectuarse análisis para determinar la validez de tal aseveración, basándose en un cúmulo de estadísticas de operaciones, se llegó a la conclusión de cómo el grado de comunicación entre el ser humano y la tecnología, podría estar detrás de todo esos acontecimientos.

Se llegaron a las siguientes conclusiones:

- . No existía ningún error inherente en el diseño tecnológico;
- . La mayor parte de los problemas de comunicación entre el ser humano y la tecnología se debían, básicamente, a problemas de interfaces defectuosas; y
- . El momento indicado para solucionar los problemas de interfaz debería ser durante las etapas de diseño y certificación del nuevo equipamiento.

## 4.2 CONCIENCIA SITUACIONAL

Uno de los elemento más importantes en lo que respecta a los recursos humanos y la tecnología, consiste en la habilidad del ser humano de mantenerse al tanto de la situación y del sistema, facultad denominada conciencia situacional.

Un aspecto clave de la conciencia situacional es la habilidad de identificar cuándo se necesita intervenir, y luego la intervención propiamente dicha si así se requiere.

Los controladores de tránsito aéreo para ejercer su tarea, generalmente formulan un “plan táctico” (planificación), que luego es llevado a cabo, pudiendo ser modificado en tiempo real.

Para que dicha planificación sea eficaz , se requiere disponer de determinada cantidad de información, a ser procesada en el momento adecuado. Si tal información no está disponible o no se puede tener acceso a ella, se deberían cambiar las tácticas. Esta capacidad de conocer lo que tendría que estar presente pero que no lo está, debería ser una función incorporada al diseño de la herramienta de apoyo; en caso de no disponerse de la información requerida para la toma de decisiones, se debería activar algún tipo de advertencia.

Todo el asunto de la conciencia situacional, qué es, de dónde viene, qué información requiere (para apoyarla), etc., todavía no es entendido cabalmente. El insertar un sistema de apoyo a la toma de decisiones en un ambiente de incertidumbre, tal como sería el caso en que los equipos no pudieran procesar todas las variables que afectan una determinada situación operacional, es una opción que deberá ser tratada con suma precaución.

#### 4.2.1 Error de modo

Una consecuencia secundaria de una comprensión deficiente de la situación, es el error de modo. Los errores de modo se definen como fallas en conjunto del sistema persona- máquina, por las que el ser humano deja de comprender la configuración actual de la máquina, y la máquina interpreta las instrucciones del operador en forma diferente de la esperada.

Cuando el interfaz no es “amigoso” (user friendly), el operador de los sistemas debe dedicar un tiempo considerable a lograr un modelo mental adecuado de la situación y del estado actual del sistema. Esto puede acarrear una pérdida de la conciencia situacional, lo que impide extraer los mayores beneficios de los equipos automatizados a su disposición.

En consecuencia, los problemas de factores humanos surgidos en la etapa de la puesta en servicio y operación de los nuevos sistemas CNS/ATM son debidos, principalmente, a problemas de interfaz entre el ser humano y el equipo.

### 4.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

*“Los diseñadores del sistema, reguladores y operadores deberán reconocer que existe una sobre-dependencia (en los automatismos), y deberán entender cabalmente las causas que la provocan y las consecuencias que ocasiona.”*  
(Parasurman, 1997)

De cómo se procesa la información al alcance del ser humano, van a depender los procesos de interacción hombre-máquina, que al final determinarán la eficacia de la utilización de los automatismos.

Todo comienza cuando el ser humano genera impulsos sensoriales y procesa mentalmente toda la información a su alcance. Después, se llega al nivel de la toma de decisiones: del abanico de opciones se seleccionará aquella que se considera más apropiada.

Durante precitado proceso de recopilación de la información, el grado de relacionamiento entre el ser humano y los dispositivos automatizados puede ir desde ignorar completamente esos dispositivos, hasta considerarlos tal como si fueran personas de carne y hueso.

También, la automatización puede amedrentar al ser humano, a raíz de la aparente complejidad de sus funciones, viéndose agravado ésto en caso de que él desconozca como ellas trabajan y las mejoras obtenibles en el trabajo por medio de su utilización racional; en este caso, la persona estará propensa a ignorarla.

En la contraparte, la persona puede creer que la automatización (a través de sus diferentes funciones), puede “pensar” por su cuenta y realizar más tareas de aquellas para las que está programada. En este caso, se estaría apoyando en la automatización en detrimento del procesamiento de la información disponible. No se debe olvidar que la automatización es un sirviente que obedece todas las órdenes sin contrariar ninguna; no hay que esperar más que eso.

Está claro que dichos automatismos generan en los controladores y pilotos respuestas muy similares a las de otros seres vivientes, ocasionando una creciente dependencia en ellos. La misma ejerce un gran impacto en la manera en que los roles humanos se desarrollan en los sistemas de control de tránsito aéreo.

Esta dependencia pudiera aumentar no sólo cuando mayor sea la confianza en el sistema, sino también debido a una falta de conocimiento de cómo el mismo funciona sin tales automatismos. Por tanto, los operadores nuevos, que no tienen las mismas habilidades y experiencia que los operadores más experimentados, son más propensos a basarse en un alto grado en tales funciones automatizadas. Esta creciente dependencia podría causar un efecto adverso sobre el Operador humano, especialmente cuando el sistema se vea degradado, tal como sucede en fallas, errores y contingencias varias.

Es esencial que tal dependencia sea tenida en cuenta no sólo en las etapas de desarrollo, diseño e implementación, sino también durante los procedimientos de certificación, cuando se evalúen los aspectos de disponibilidad, confiabilidad y redundancia de los nuevos sistemas.

Como forma de compromiso entre los dos extremos planteados, se debería determinar el punto o momento a partir del cual el ser humano tiene la mayor probabilidad de interrumpir el procesamiento de la información a su alcance, lo cual puede traer consecuencias desfavorables, ya que podría ser una manera rápida y fácil de perder la conciencia situacional: dónde estamos; qué está haciendo la máquina; hacia dónde vamos.

Esto puede verse empeorado por el hecho de que los seres humanos somos mediocres supervisores. Esto se debe a que, entre otras causas, nos distraemos fácilmente; nuestra concentración es frecuentemente interrumpida y nos aburrirnos, a menos que nos mantengamos activos.

Nuestras mentes pueden analizar, extrapolar y distinguir ideas nuevas, pero sólo podemos interpretar y pensar en una cosa a la vez. Además, no podemos procesar cantidades muy grandes de información básica en períodos breves; tampoco podemos llevar a cabo tareas complejas en un limitado espacio de tiempo.

En consecuencia, a mayor utilización de la automatización, le corresponde una proporcional disminución de las tareas manuales. Pero deberá tenerse en cuenta que, tratándose de situaciones críticas (por ejemplo cuando el controlador está comunicando con varias aeronaves, estableciendo diferentes tipos de separaciones, brindando guía vectorial radar, etc.), se puede producir una sobrecarga de actividad mental, al mismo tiempo que la memoria podría saturarse. Se daría entonces la paradoja de una aparente inactividad (manual) mientras que la carga de trabajo mental tiende a llegar a niveles de saturación.

#### **4.3.1 Posibles soluciones**

¿Pero cómo nos aseguraremos, desde el punto de vista gerencial, de que nuestros recursos humanos funcionarán óptimamente en un ambiente automatizado - especialmente aquellas personas que estarán haciendo la transición a partir de sistemas de control de tránsito aéreo de una generación anterior?

Básicamente de tres maneras:

- Teniendo en cuenta los muchos factores que pueden afectar las prestaciones de la persona en un ambiente automatizado;
- Cambiando nuestro punto de vista sobre la automatización; que no nos asuste sino que sirva para mantener a la persona en la secuencia de eventos de forma de que se haga un uso realista y apropiado de los beneficios que tal automatización aporta; y
- Modificando y expandiendo los programas de capacitación y entrenamiento para que se aliente una utilización eficiente y segura de la automatización.

#### 4.4 IMPACTOS PSICOLOGICOS

Antes de analizar en detalle los impactos psicológicos sobre los recursos humanos causados por la implantación y puesta en servicio de los nuevos Sistemas de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia y Gestión del Tránsito Aéreo (CNS/ATM), es necesario enunciar la misión de la autoridad aeronáutica, la que puede tener distintas denominaciones, de acuerdo al país de que se trate, (Dirección de Aviación Civil, Federal Aviation Administration, etc.), aunque cumpliendo con una misión básicamente similar, que es la de: *“Planificar, regular y controlar la navegación aérea civil en un determinado territorio, así como la construcción, operación y mantenimiento de aeropuertos, aeródromos, helipuertos y demás servicios e instalaciones, a fin de aumentar los índices de seguridad del tránsito aéreo, fomentando el desarrollo de la aviación civil comercial y privada. También, esa autoridad aeronáutica debe apoyar el establecimiento y funcionamiento de centros de adiestramiento y capacitación de las diferentes especialidades que constituyen las profesiones aeronáuticas. Finalmente, debe aplicar y controlar las normas y procedimientos que aseguren una efectiva protección al vuelo, conforme a lo establecido en las diferentes normas y reglamentaciones vigentes.”*

Tal misión abarca todas las ramas de la actividad aeronáutica a nivel civil, por lo que los recursos humanos constituyen un elemento primordial dentro de cada uno de los procesos aeronáuticos, tanto actuales como venideros. Es a partir de esta concepción que las personas conforman las organizaciones, siendo el estudio de dichas personas, el elemento básico para comprender a las organizaciones.

También, para un mejor entendimiento acerca de cuáles serían tales impactos, se entiende necesario describir brevemente la situación presente de la navegación aérea, y las nuevas tendencias en ese campo.

En la actualidad, la aeronave obtiene su posición de ayudas a la navegación basadas en tierra, tales como el VOR, DME, ILS, etc. El reporte de esa posición se efectúa por medio de un canal de comunicaciones de voz (VPR), mientras que su desplazamiento es observado por el controlador de tránsito aéreo en una presentación gráfica (pantalla radar).

En todos estos procesos se encuentran presentes las diferentes especialidades o cargos técnicos, que de una forma u otra, colaboran para la consecución de los resultados deseados, pudiendo ser agrupados en tres grandes áreas, no excluyentes:

- Tripulaciones de Vuelo;
- Controladores de Tránsito Aéreo; y
- Personal Técnico

También, los presentes sistemas CNS tienen muchas limitaciones, entre las cuales se cuentan las dificultades de alcance, la imposibilidad de emplazarlos en lugares remotos, la saturación de las frecuencias en horas de punta, etc.

Para suplir esas carencias, se adviene la nueva tecnología, basada principalmente, pero no excluyentemente, en sistemas satelitales avanzados. Tales sistemas poseen procesos propios y soportes de navegación muy diferentes de los actuales, modificándose sustancialmente la Gestión del Tránsito Aéreo.

Se reducirá la plantilla de personal por la introducción de procesos altamente automatizados, a la vez que la navegación basada en satélites permitirá una gradual desactivación de las radioayudas terrenas, con la consecuente disminución de la cantidad de personal técnico dispuesto para su mantenimiento.

Este gran paso, conformado por la migración a partir de sistemas tradicionales a otros altamente innovadores y sobre todo, más seguros, trae aparejado un sinnúmero de transformaciones de los procesos actuales, que los recursos humanos han hecho muy suyos, siendo laborioso el cambio de cultura deseado ya que, como se avizora, se modificarán cargos, aparecerán unos, desaparecerán otros, surgirán procesos totalmente diferentes, a la vez que la estructura de la organización cambiará sustancialmente, ajustándose a las nuevas expectativas de los usuarios.

#### 4.4.1 Alternativas a considerar

Para el adecuado tratamiento de los recursos humanos, se deberían considerar dos alternativas:

1. Estudiarlos como personas, dotadas de personalidad, individualidad, aspiraciones, valores, actitudes, motivaciones y objetivos individuales; o
2. Estudiarlos como recursos dotados de habilidades, capacidades, destrezas y conocimientos, que son necesarios para desarrollar las labores empresariales asignadas

En consecuencia, se entiende que se deberá definir o aclarar el primer punto, íntimamente relacionado con el aspecto psicológico, que seguramente se verá afectado por la implementación y puesta en servicio tales sistemas; es así que debemos tener muy en cuenta los aspectos de personalidad, individualidad, valores, motivaciones, etc..

#### 4.4.2 Hipótesis

A fin de entender el posible comportamiento humano en el proceso de implantación de los sistemas CNS/ATM dentro de una organización, observaremos dos hipótesis básicas:

1. El comportamiento humano se deriva de la totalidad de los hechos coexistentes que lo rodean, relacionados en este caso puntual con los procesos acarreados por la introducción de los nuevos sistemas CNS/ATM; y
2. Este hecho coexistente tiene el carácter de un campo dinámico, llamado campo psicológico, en que cada parte depende de una inter-relación dinámica con las demás.

Este campo psicológico es el ambiente vital, que comprende a la persona y su ambiente psicológico. El ambiente psicológico o de comportamiento, es lo que la persona percibe o interpreta del ambiente externo (en este caso, tecnología CNS/ATM) pero, más que eso, es el ambiente relacionado con sus necesidades actuales y futuras.

El nuevo ambiente CNS/ATM, con todos los sistemas que engloba de por sí, podría adquirir valencias en el ambiente psicológico y determinar un campo dinámico de fuerzas psicológicas. La valencia es positiva cuando puede o pretende satisfacer las necesidades del individuo, y es negativa cuando puede o pretende causar algún daño o perjuicio.

Creemos que la implantación de tales sistemas CNS/ATM va a estar cargada de valencia positiva, ya que tenderá a atraer al individuo, pero también se deberían de considerar aquellos casos puntuales de algunos de los componentes de los recursos humanos, en que podría existir valencia negativa, ya que los mismos podrían experimentar rechazo o mala adaptación a estos sistemas. La atracción es una fuerza o vector que se dirige hacia el objeto (CNS/ATM), hacia la persona o hacia la situación, en tanto que el rechazo es una fuerza o vector que impulsa a alejarse, intentando escapar del objeto, de la persona o de la situación.

Según lo enunciado, los procesos de implantación de estos sistemas de punta, crearán vectores, que podrían producir movimiento en cualesquiera de las dos direcciones señaladas.

Como se explicó en los párrafos anteriores, se estima que, anteponiendo la seguridad de las operaciones aéreas y las garantías que nos brindan los nuevos sistemas CNS/ATM al posible impacto psicológico que los mismos podrían causar en nuestros recursos humanos, esta última consecuencia no va a ser demasiado grande, aunque esto último dependerá de cuántos elementos del menú de nuevas tecnologías adopte cada Estado en particular, lo cual todavía no está totalmente establecido.

El ser humano, por naturaleza, posee el temor al cambio, y los nuevos sistemas CNS implican un gran cambio en los equipos y formas de utilización. Ello también traerá la obligatoriedad de cambios en el comportamiento de las personas, pues si le concebimos al ser humano como tal, este posee una resistencia a enfrentar situaciones nuevas,

desde la concepción misma, pasando por el nacimiento, la infancia, la madurez y la muerte. Trasladando esto al ámbito de trabajo, se definirá esta resistencia al cambio como cualquier alteración iniciada en una situación o ambiente de trabajo.

Se considera que los nuevos sistemas provocarán en los recursos humanos sentimientos antagónicos, tales como la sospecha, desconfianza y también el temor, ya que la aplicación de estos nuevos sistemas implica adentrarse en un terreno desconocido. Esto también podría ser acompañado de un sentimiento de inseguridad con relación al cambio, expresado mediante una inseguridad individual y pérdida de la auto confianza, lo cual nos permitirá medir hasta qué punto somos flexibles o adaptables como organización.

Otras características dentro del aspecto psicológico, y que pueden tener consecuencias sobre los recursos humanos, son las creencias culturales y normas de conducta que aparecen en cualquier organización; dentro de estas se localizan las creencias culturales relacionadas con la necesidad de perpetuar ciertas prácticas, que influyen la actitud de las personas. Los sentimientos de confianza y lealtad relacionados con el cambio, dependen, en gran parte, con el crédito depositado en los superiores, en los compañeros de trabajo y en la organización como un todo.

Enfrentados a estas situaciones aparejadas por la implantación de los nuevos sistemas, se producirán diferentes respuestas de nuestros recursos humanos, que irán desde la aceptación (expresada mediante cooperación y apoyo entusiasta), cooperación por presión de los superiores, aceptación o resignación pasiva. Otra posible respuesta podría ser expresada por indiferencia, apatía o pérdida de interés en el trabajo, que se vería reflejada haciendo solamente aquella tarea que le sea encomendada.

Enunciaremos, además, que podrían plantearse conductas tales como de resistencia pasiva (lo que incluye comportamientos regresivos, no aprender, protestar, trabajar de acuerdo al reglamento, etc.), así como resistencias activas (hacer lo menos posible, disminución del ritmo de trabajo, retraimiento personal, comisión de errores, daños a los equipos, etc.).

Por lo expuesto, y presuponiendo que se conoce de antemano la cultura de los recursos humanos de cada organización, y en el entendido de minimizar la oposición al cambio, se debe trabajar a partir de un proceso que considere la posibilidad de una resistencia activa y total, pasando por las formas más pasivas y sutiles, hasta la indiferencia, para luego inducirlos a llegar a la aceptación. En todo caso, lo que debe primar es la seguridad de las operaciones aéreas, aunque siempre se debe considerar como punto central dentro de una organización, a los recursos humanos, en el entendido de que son entes proactivos, encaminados a la consecución de la efectividad en los resultados.

#### **4.4.3 Cursos de acción sugeridos para la transición (en el aspecto psicológico)**

El constante y dinámico mundo de la aviación, exige que las organizaciones busquen, permanentemente, mecanismos de mejoramiento y de desarrollo; para ello es esencial que se conciba al ser humano como pilar fundamental en su estructura. Lamentablemente, esta concepción no es completamente asimilada por quienes están al frente de algunas organizaciones, principalmente occidentales. En la contraparte, en organizaciones orientales, las personas son consideradas como entes fundamentales de desarrollo, y este enfoque les ha permitido elevar los niveles de eficiencia, productividad y motivación, generando como consecuencia una lógica satisfacción laboral y mejores niveles de vida. Entendemos que cada Estado debería asimilar estas experiencias, a fin de sortear eficazmente el gran reto que conlleva la implantación de los sistemas CNS/ATM.

El fracaso o el éxito de los nuevos sistemas CNS/ATM dependerá, en gran parte, de los recursos humanos, los mismos que a veces, traen consigo una cultura que tendrá que ser modificada a tal nivel que acepte y haga suya la nueva visión de la organización con todos sus procesos, ya que ésta comprende aspectos conductuales, emotivos y cognitivos, reflejando el funcionamiento psicológico global del grupo u organización.

El cambio que tal transición hacia los sistemas CNS/ATM provocará en los recursos humanos, especialmente en los aspectos psicológicos y culturales, es un proceso de reorientación creativa: el cambio no se inicia con lo nuevo, sino a partir del momento en que comienzan a desactivarse los antiguos sistemas.

#### **4.4.4 Etapas en la implantación**

Para garantizar una migración óptima, todos los Estados deberían aunar esfuerzos para coordinar la implantación, a fin de que alcancen de modo efectivo los resultados esperados; se entiende que este cambio no se efectuará en forma brusca, sino que será una migración gradual, debiendo pasar por tres etapas básicas, causando diversos efectos en los recursos humanos.

La primera de esas etapas está marcada por el proceso inicial de desactivación de los sistemas tradicionales. Esto comenzaría, en el caso de los componentes de navegación, en el momento en que se quitan de servicio las primeras radioayudas terrenas, con la consiguiente carga emocional de evaluación y duelo, ya que inevitablemente esto acarreará transformaciones en los procesos, cargos, funciones, tareas, etc.

La segunda etapa es la intermedia, aplicable al período en que ambos sistemas estén funcionando en paralelo. Quizá sea este uno de los períodos más difíciles; con frecuencia se lo ha comparado con estar en una tierra de nadie, no tener piso. Es en esta etapa que las antiguas reglas no funcionan, por lo menos en su totalidad, pero tampoco las nuevas, aún cuando existan directrices específicas.

La tercera y última etapa del período de transición, está dada por el cambio mismo, el nuevo comienzo, la innovación. Este tramo debe estar debidamente planificado, hasta en sus mínimos detalles, a fin de reducir la mayoría de los impactos que el mismo pudiese causar en nuestros recursos humanos.

Si bien la transición a estas nuevas tecnologías se está planificando con sumo cuidado, haciendo énfasis en el aspecto técnico de la misma, no se debe descuidar el campo de los recursos humanos y, en especial, los factores psicológicos y culturales involucrados. A manera de ejemplo, se podría decir que se tiene certeza del puerto al que se quiere llevar el barco, pero se desconoce como procesar la información meteorológica para tener un cabal conocimiento del estado del tiempo, como dirigir la nave para evitar las tormentas, el estado de la misma antes de iniciar la travesía, etc..

El corazón de toda la inevitable preparación previa, consiste en analizar la organización desde la perspectiva de los cambios que se darán y anticipar, no sólo la secuencia de los mismos, sino también las transiciones que se requerirán para hacer que los cambios sucedan; este proceso requiere mucha objetividad, ya que se deben elevar las fortalezas y reducir las debilidades de las áreas en cuestión, con el fin de certificar cuán listas y flexibles estarán para los inevitables cambios que se advienen.

Aquí se identifican las personas y grupos que serán afectados por las transformaciones; se entiende que se deberá difundir en forma clara los cambios que a nivel técnico se podrían producir, para así proyectarnos en los aspectos psicológicos, de forma de que éstos no sean obstáculo, sino más bien una fuerza de empuje para ayudarnos a llegar al objetivo deseado, o sea a la implantación de los sistemas CNS.

Para ello, se deberán identificar las nuevas habilidades y conocimientos necesarios para el inicio de la transición, y se crearán o se adquirirán los programas de entrenamiento que los puedan suministrar. Se revisarán los canales de comunicación existentes, efectuando las modificaciones adecuadas para que los recursos humanos sean debidamente informados, y se crearán los ámbitos adecuados para la recepción de sus comentarios, para que sean tenidos en cuenta debidamente; este es un proceso permanente. Se deberá reinventar el sistema de incentivos, para el necesario reconocimiento a aquellos de los recursos humanos que actúen de acuerdo a las demandas de las nuevas situaciones planteadas. También, se deberá planear desde el comienzo el festejar las diferentes fases de la transición, no sólo los grandes hitos, sino por el contrario, también los pequeños logros, indicadores fieles de que se va avanzando por el camino esperado.

Aún cuando se haya planificado la etapa de transición hasta el mínimo de sus detalles, no es posible precaver todos los efectos del cambio, o las reacciones que puedan tener los individuos y grupos, en especial en el aspecto psicológico. Por eso, es que cada organización deberá contar con un Comité de Planificación de la Transición, conformado por miembros de las diferentes áreas, representativos de los distintos niveles de actividad, cuya función fundamental será la de mantenerse alerta, frente a los cambios, de forma de que se logre la adecuada difusión de los mismos, a nivel de los recursos humanos. En definitiva, lo que se busca es mantener en alto la moral, tratando de reinventar la cultura organizacional. Para ello, este Comité necesita contar con el apoyo de los niveles directivos altos, así como con el reconocimiento de todos los integrantes de la organización.

Este tipo de actividad demanda que los directores, jefes y gerentes, tengan un nivel adecuado de sensibilidad para que, en primer lugar, entiendan y acepten que los nuevos sistemas CNS, que ellos tienen asumido que son mejores que los actuales, pueden no ser así entendidos ni aceptados por los recursos humanos involucrados. Fundamentalmente, se tratará de entender a los individuos en su desconcierto, temor o cólera y, al mismo tiempo, con paciencia, orientarlos al futuro, para que cesen de ver los cambios como finales. Este personal gerencial de los mandos altos y medios, también deberá hacer uso de sus habilidades de comunicación interpersonal para recibir la necesaria retroalimentación (feedback), manejar objeciones y resistencias, de manera de orientar a los recursos humanos hacia los cambios futuros.

El revisar lo actuado y evaluar si funciona o no para ajustar, cambiar o reaplicar, va a ser tarea clave del nivel de dirección. Una revisión permanente, semanal, permitirá comprobar que lo que se hizo fue lo acordado y que el efecto surgido es el deseado. De ser así, se reaplica y empieza a ser una página en la historia de éxito. Esto último, constituye el mensaje más claro del compromiso y respeto a la cultura, que puede recibir la organización durante el proceso de transición.

#### **4.4.5 Aprendizaje**

Otro aspecto digno de ser tenido en cuenta, a fin de disminuir los problemas psicológicos y culturales derivados de la transición a los sistemas CNS, es el aprendizaje, el que puede desarrollarse, principalmente, por medio de cuatro campos de acción:

##### **4.4.5.1 Programas educativos**

Son preparados con el propósito concreto de desarrollar los conocimientos, habilidades y actitudes de los participantes, para su debida aplicación ulterior en el trabajo, debiendo ser esto realizado en un área dedicada específicamente a la capacitación, dentro de la organización.

##### **4.4.5.2 La capacitación en el trabajo (*On the job training*)**

Deberá ser recibida de una persona debidamente instruida a tales efectos, y se llevará a cabo en el propio ambiente de trabajo.

##### **4.4.5.3 El desarrollo de procesos humanos**

De forma de favorecer el aprendizaje, se deberían difundir el pensamiento sistémico, la técnica de dominio personal, los modelos mentales, la visión compartida y, finalmente, la técnica de aprendizaje en equipo, todo lo cual es demandado por la implantación de tecnología de punta.

##### **4.4.5.4 Diseño e implementación de sistemas de tecnología informática**

Esto se debe realizar para capitalizar, desarrollar y favorecer el aprovechamiento del conocimiento en la organización. Implica la búsqueda, captura, clasificación, interconexión, archivo, distribución y acceso fácil al conocimiento.

#### 4.4.6 Integración ambiente de trabajo/ actividades educativas

Un concepto que refuerza la sinergia entre los cuatro campos antes indicados, es el de la integración entre el ambiente de trabajo y las actividades educativas, en donde se destaca la conveniencia de:

- Utilizar provechosamente la experiencia del trabajo como una fuente fundamental del desarrollo de conocimientos y habilidades, además de los impulsos exógenos que pueda brindar el instructor y los métodos audiovisuales de enseñanza;
- Aplicar, en el trabajo, el producto de la actividad educativa, vale decir, lograr un cambio efectivo en la conducta en el trabajo, lo que se ha dado en llamar la “transferencia al trabajo”;
- Seleccionar, de los conocimientos y habilidades propuestos por la actividad educativa, aquellos que tienen verdadero valor agregado para el participante;
- Identificar, de esos conocimiento y habilidades, aquellos que se están aplicando efectivamente, en el grado indicado. Vale decir, encarar un diagnóstico acerca de la situación real en el trabajo, de cara con el modelo planeado por la actividad educativa;
- Elaborar, en base a dicho diagnóstico, un plan de cambio orientado a medidas concretas , con el fin de mejorar aquellas áreas que ameriten el así hacerlo; y
- Hacer un seguimiento de tal plan y reflexionar de la experiencia desarrollada, reforzando así el ciclo de aprendizaje.

#### 4.5 Resumen

Si el cambio ya es parte de la vida de la organización, como así debiera de ser, el desafío es hacer que ésta salga fortalecida, para lo cual será preciso diseñar transiciones que permitan que las culturas organizacionales capitalicen sus fortalezas, en lugar de malgastarlas.

Asumimos que las organizaciones son inteligentes, ya que los problemas actuales de trabajo, serán los que les permitirán desarrollar aquellas capacidades necesarias para resolver los problemas a futuro. La idea es maximizar el aprendizaje personal, para beneficio tanto de los individuos como de la organización, tomada en su conjunto.

Si las disciplinas propuestas se aplican como debieran ser, seguramente tendremos una organización aún más fortalecida, ya que no sólo se verán incrementados los niveles de satisfacción y motivación del personal, sino que también se habrá avanzado en el logro de los objetivos planteados.

La propuesta enfatiza la importancia de los comportamientos personales y de las relaciones interpersonales, por oposición a emprendimientos de cambio organizacional en los que fundamentalmente intervienen la estrategia, la estructura y los sistemas.

Por tanto, se entiende que el enfoque más adecuado será uno del tipo sistémico, que preste atención tanto a la arquitectura como a los procesos humanos y a su mutua relación circular.

## Capítulo 5

# CONSIDERACIONES FINALES

## 5.1 RESISTENCIA AL CAMBIO

La resistencia al cambio es un fenómeno humano tanto como cualquier otro de su misma condición. Frente a la variable “resistencia” corresponde formular algunas precisiones:

- El concepto de resistencia al cambio, en este particular contexto, podría formularse como *“cualquier actitud o conducta, individual o grupal, de sentido más o menos inconsciente, cuyo efecto final sea el de obstaculizar, para impedir, el proceso de cambios”*.
- La resistencia, como concepto, está referida a las conductas o actitudes, en el más amplio sentido de ambos términos. Estas conductas o actitudes pueden ser grupales o individuales, en aquellos casos en los que un solo sujeto es el emergente de un colectivo determinado y, en tanto tal colectivo se exprese por este último. El sentido inconsciente deberá ser explicitado por un observador externo, debidamente formado y entrenado.
- Pueden existir actitudes o conductas conscientemente opositoras, pero en tal caso, lo inconsciente no está en la resistencia misma, sino que hay que buscar la respuesta en el objeto al cual va dirigida tal actitud. ¿Por qué el rechazo a este objeto? - ¿qué representa para el sujeto o el colectivo en cuestión? - ¿qué tipo particular de configuración vincular está siendo actualizada? - etc.

De todos modos, las preguntas claves para develar el misterio de la resistencia son, en principio:

- ¿Porqué y para qué este sujeto o grupo de sujetos adopta esta conducta?
- ¿Qué complicidad inconsciente está en juego en la eclosión de este fenómeno de resistencia por parte de todos los actores?
- ¿Qué significado especial tiene el cambio permanente para este colectivo o sujeto?
- ¿Qué se está queriendo actualizar de los conflictos inconscientes en esta especial configuración vincular?

## 5.2 PARTICIPACION

*“Participación no sólo es información.”*

Muchas veces se confunde información con participación y no es lo mismo. Una organización puede mantener perfectamente informados a sus funcionarios acerca de las decisiones y sin embargo no ser para nada participativa; es más, puede llegar a informar al detalles y al instante sin importar la opinión de sus funcionarios. Eso no es participación.

Participación implica una posición de apertura del proceso de toma de decisiones hacia el intercambio de ideas y la discusión franca antes, durante y después de la decisión estratégica. Se trata de un colectivo, relevante para el proceso y a su vez ampliamente representativo de todos los niveles del sistema y de todas las corrientes de opinión técnico- profesional. La confrontación de ideas no tiene que ser agradable. Suficiente con que sea eficaz y eficiente.

La construcción colectiva de las decisiones estratégicas de la organización es un método que se nutre de la diversidad y no de la “imagen y semejanza”.

### 5.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El comienzo del proceso resulta del aporte de datos por parte de la máquina al elemento humano. Esos datos son el estímulo de partida con el cual el ser humano genera un proceso sensorial, cognitivo y afectivo, entre la recepción del estímulo, su procesamiento y el producto, la respuesta motora y verbal.

El ser humano transforma los datos (insumos) en información relevante para la toma de decisiones (subproductos del proceso) para luego generar el producto final, la respuesta motora y verbal.

### 5.4 AUTOMATIZACION

La automatización refiere a un proceso en el cual en forma gradual o repentina, los Recursos Humanos deciden delegar en las máquinas la totalidad o parte de las funciones que antes realizaban por sí solos.

La definición del Diccionario Oxford citada en el Compendio N° 5 de la OACI sobre “La automatización en los puestos de pilotaje” (también aplicable al control de tránsito aéreo por ser ambos ámbitos de tecnología avanzada) dice lo siguiente:

*“Control automático de la fabricación de un producto a través de etapas sucesivas; uso de equipo automático para ahorrar esfuerzo físico y mental”.*

Es decir, existe una decisión previa de los recursos humanos de delegar en la máquina parte o la totalidad de las funciones y actividades que les son inherentes. Por otra parte el propósito último es el de reducir o atenuar la exigencia física y mental propia del proceso que es automatizado.

En todos los casos registrados hasta el momento, se establecen como ventajas de la automatización las ya citadas y el aumento consecuente de eficacia y eficiencia que resulta de tales procesos automatizados.

De manera que no se puede menos que celebrar la interacción entre el desarrollo tecnológico y la satisfacción de las necesidades de los sistemas que se benefician de la tecnología. El beneficio es real y tangible.

#### 5.4.1 Desafíos planteados por la automatización

Por cierto que en el caso de la aviación no es la desaparición de puestos de trabajo. Muy por el contrario, y aquí quizás la experiencia en términos de Factores Humanos nos puede brindar una gran ayuda, los puestos de trabajo en entornos automatizados tienden a generar una mayor profesionalización y especialización de los recursos humanos y un aumento considerable de la autoestima en el sistema.

#### 5.4.2 Interacciones hombre-automatismos

La idea central es la de generar procesos de capacitación y reentrenamiento del personal técnico de forma tal de lograr un vínculo entre el elemento humano y la máquina con la menor cantidad de asimetrías posibles. El elemento humano y la máquina deberán poder interactuar para cumplir con los objetivos del puesto de trabajo, obviamente que de mejor forma que antes de la automatización.. Interactuar no es cualquier palabra y no conlleva cualquier concepto. Vale la pena detenerse un instante.

El elemento humano no avanza tan rápidamente como el desarrollo tecnológico. Como ya es sabido el elemento humano requiere de adaptación a todo proceso de cambios, y más aún, cuando se trata de cambios tan acentuados como acelerados.

Si los períodos de transición entre la situación de partida y la de llegada no tienen en cuenta las limitaciones a las que el elemento humano remite no se genera un campo dinámico de interacción entre la máquina y el recurso humano. Puede suceder que se generen fuertes resistencias, reticencia a usar el equipo con sus nuevas herramientas, dependencia absoluta del elemento humano con respecto a la máquina, en todos los casos se obstaculiza la posibilidad de una interacción real.

Los programas de reentrenamiento apuntan, entonces, a que el elemento humano mantenga sus capacidades y competencias esenciales, aún aunque estas sean ahora también capacidades y competencias de la máquina. En tales condiciones el recurso humano y la máquina generan una interface provechosa para el sistema, una interface delicada en la que la seguridad depende de un vínculo exitoso entre el hombre y la máquina.

Resulta evidente que un sistema automatizado “*piensa y realiza tareas por su cuenta*”. Lo que no está implícito en tal afirmación es que el elemento humano tenga necesariamente que dejar de pensar y realizar otras actividades cualitativamente diferentes; el elemento humano no tiene y no debe pasar a ser un apéndice de la máquina. En todos los casos, ambos elementos del sistema, junto al soporte lógico, el entorno y la dinámica grupal, deben conformar un campo dinámico lo más armónico posible, con un fin último: **lograr la máxima seguridad**.

#### 5.4.3 Razones para introducir automatismos

La automatización no es la consecuencia de la mediocridad del elemento humano en puestos de trabajo de alta exigencia. Si persistiéramos en esta afirmación seríamos injustos con todos los precursores de la aviación y su rica historia.

La automatización resultó de la necesidad de los sistemas de ser cada vez más eficaces y eficientes, para lo cual, la presencia del elemento humano resulta indispensable. Solo el ser humano tiene la flexibilidad de resistirse, pero también, de adaptarse a situaciones cambiantes. Las máquinas se ciñen con extrema rigidez a determinadas pautas con las cuales piensan y resuelven. Junto con la máquina, el ser humano altamente entrenado y capacitado y por ello buen supervisor, determina en última instancia el resultado del proceso.

También, deberá tenerse en cuenta que tanto uno o varios de los factores interactuantes - elemento humano, máquina, soporte lógico, relacionamiento intra e intergrupales - experimente cambios, por menos ostensibles que éstos sean, se generarán modificaciones en el resto de los factores, del tipo cualitativo, que a su vez tendrán un impacto global en el sistema. A estos cambios es a los que hay que estar atentos y a los efectos que estos producen, en el intento de reducir aquellos que resultasen nocivos para con los objetivos del sistema.

### 5.5 SOLUCION ELEGIDA

La solución que se favorece es la de diseñar programas de capacitación y reentrenamiento tales que protejan la armonía de las interfaces previstas en el modelo SHELL y mantengan a los Recursos Humanos en condiciones de interactuar fluidamente con la máquina en un entorno automatizado.

#### 5.5.1 Consideraciones alternativas

Algunos autores de la moderna gestión plantean el concepto de “*humanizar la gestión*”.

Si el futuro es cambio y este, a su vez, se produce en el mercado, quien lo provoca por deducción lógica son las personas.

Entonces existen tres aspectos a considerar en el proceso de cambios:

- El ritmo, referido a la velocidad del proceso de cambios;
- La oportunidad que es el momento especial en el que el mencionado proceso se pone en marcha; y
- Las emociones en la gestión de los recursos humanos, que son los sentimientos en el contexto de la organización.

Es posible pensar en una organización en la que los cambios exigidos por el mercado, las políticas públicas o el contexto, los realicen las propias personas, en lugar de quedarse hablando de ellos. Se busca, en consecuencia, diseñar una organización en la que, antes de acumular propuestas, se tomen decisiones, tratando de no ocultar ni distorsionar las emociones.

Es importante para las organizaciones incorporar criterios de ritmo y oportunidad, teniendo en cuenta el aspecto emocional así como cualquier otro indicador en la elaboración de su estrategia. La organización debe ser disciplinada en cuanto a la selección del ritmo y de la oportunidad en la ejecución de su estrategia.

La moderna gestión propone incorporar las emociones en la conducción de las organizaciones y las personas.

Un agricultor no tira sus semillas encima del cemento y luego las riega, pues sabe que allí no crecerá nada. Para que su trabajo rinda los frutos esperados, necesita terreno fértil e insumos para desarrollar su actividad. En las organizaciones el terreno fértil son las personas que la conforman. Ese terreno hay que trabajarlo, abonarlo, dejarlo estacionar cuando sea necesario; es el único terreno posible para el éxito o fracaso de las organizaciones, sobre todo en tiempos de cambio.

Finalmente, deberá tomarse en cuenta que el nuevo contexto en el que estamos inmersos, demanda una observación fina de las conductas, actitudes y aptitudes de las personas (Operadores humanos); lo que implica aprender a apreciar sus diferencias individuales, culturales, generacionales o de género.

## Capítulo 6

### RECOMENDACIONES

- Uno de los objetivos principales de la automatización debiera ser eliminar tareas no esenciales y secundarias, permitiendo al ser humano concentrarse en las más importantes.
- La automatización, a través de interfaces bien definidas y conocidas, deberá ayudar al ser humano a alcanzar el objetivo de la máxima seguridad y eficiencia en las operaciones.
- Todo dispositivo, función o equipo que tienda a reemplazar al ser humano, asumiendo para sí el rol de operador principal y relegando a ese ser humano a un papel secundario, deberá ser cuidadosamente analizado y estudiado para evitar la obtención de resultados directamente contrapuestos a los deseados.
- Ya que la automatización no es infalible y puede fallar en cualquier momento, el diseño de cualquier sistema, por más complejo que se pretenda hacer o más funciones que se desee que cumpla, no debería excluir de sus opciones operativas la circunstancia de que el Operador humano pueda hacerse cargo en determinadas ocasiones excepcionales.
- En esas ocasiones el ser humano deberá necesariamente intervenir para corregir los errores de los sistemas automatizados.
- Para ello, se deberá lograr una inter-relación directa y eficaz entre el ser humano y la automatización (tecnología).
- En consecuencia, el interfaz hombre-máquina deberá ser amistoso (*user friendly*).
- La introducción de la automatización representa un cambio radical para el personal operativo y, al contrario de ciertas opiniones, este proceso no reduce los requisitos de entrenamiento. Se deberán, en consecuencia, establecer los programas de capacitación en tales tecnologías.
- Esos programas deberán contemplar las posibles situaciones de contingencias, debidas a fallas específicas de los sistemas automatizados, tales como: error de modo, errores en las bases de datos, errores en la programación, problemas de *software*, fallas de *hardware*, etc.
- Las diferentes Administraciones deberán hacer los máximos esfuerzos para disminuir el impacto psico-social que podría generar una desigual comprensión por parte de sus recursos humanos (designados para trabajar en el ambiente CNSA/ATM) de todos los factores a considerar.

**APÉNDICE A**

**“GLOSARIO DE TERMINOS”**

## GLOSARIO DE TERMINOS

*El siguiente glosario de términos relacionados con el concepto CNS/ATM ha sido compilado a partir de fuentes diversas. Deberá tenerse en cuenta que algunos temas todavía están en desarrollo, por lo que algunas de estas definiciones son provisionarias. También, ciertas definiciones deben considerarse como una ayuda para el entendimiento general del lector y no necesariamente que han sido ratificadas oficialmente por la OACI.*

**Administración del Espacio Aéreo (ASM)** - Componente de la ATM cuya finalidad es maximizar, dentro de la estructura de un espacio aéreo dado, la utilización del espacio aéreo disponible.

**Aumentación** - Técnica que provee al sistema con datos de entrada (input), además de aquellos derivados de la(s) principal(es) constelación(es) en servicio, para proporcionar una nueva información de distancia, o correcciones o mejoras de los datos de entrada. Esto permite que el sistema mejore la performance en relación con la que se obtendría solamente con la información básica (raw data) de los satélites.

**Aumentación de Area Amplia** - Aumentación que proporciona señales adicionales del satélite por encima de un área geográfica extensa, de forma de mejorar la integridad y/o la disponibilidad y/o la exactitud del GNSS.

**Aumentación de Area Local** - Aumentación que proporciona señales adicionales del satélite sobre un área geográfica reducida, de forma de mejorar la integridad y/o la disponibilidad y/o la exactitud del GNSS. Se requiere un enlace de datos para transmitir los servicios de aumentación a un usuario.

**Ayuda barométrica** - Proceso que utiliza información de altitud para simular un satélite GNSS situado directamente sobre la antena del receptor (reduce en uno la cantidad de satélites requeridos para cumplimentar con una determinada función).

**Combustible para contingencia** - Cualquier combustible extra cargado antes del vuelo para cubrir la posibilidad de pronósticos meteorológicos incorrectos y procedimientos restrictivos del ATC (niveles de vuelo no apropiados, esperas en ruta, desvíos, etc.)

**Comunicaciones, Navegación y Vigilancia (CNS)** - Sistema que comprende las funciones de comunicaciones, navegación y vigilancia, todas las cuales son necesarias para que una aeronave llegue a destino de manera segura y eficiente.

**Comunicaciones Controlador / Piloto por Enlace de Datos (CPDLC)** - Es el medio de comunicación entre controladores y pilotos utilizando enlace de datos (con mensajes libres o preformados) para los fines de las comunicaciones del Control de Tránsito Aéreo.

**Comunicaciones Directas Controlador / Piloto (DCPC)** - Método de comunicaciones entre el control de tránsito aéreo y el puesto de pilotaje que permite respuestas de voz instantáneas, de ambas partes, permitiendo la reducción en las separaciones entre aeronaves.

**Continuidad** - Es la capacidad del sistema de funcionar sin interrupción durante la operación prevista. El riesgo de continuidad es la probabilidad de que el sistema se interrumpa y no proporcione información de guía para la operación prevista.

**Disponibilidad** - La disponibilidad de un sistema de navegación es el porcentaje de tiempo en el que son utilizables los servicios del sistema. La disponibilidad es una indicación de la capacidad del sistema para proporcionar servicio útil dentro de una determinada zona de cobertura. La disponibilidad de señales es el porcentaje de tiempo en que se transmiten señales de navegación desde fuentes externas para ser utilizadas. La disponibilidad es función de las características físicas del entorno y de la capacidad técnica de las instalaciones de transmisores.

**Enlace de Datos (DL)** - La mejora de las capacidades de los sistemas de abordaje y de los de tierra podría aplicarse de forma complementaria para elevar al máximo el uso eficiente de los recursos de los aeropuertos y del espacio aéreo. El uso operacional de un enlace de datos aire-tierra desempeña una función esencial. La sub-red primaria de enlace de datos se estima que será el VHF (VDL), con el SATCOM o HF (HFDL) como alternativa cuando se esté fuera de cobertura VHF.

**Enlace de Datos entre Dependencias ATS (AIDC)** - Medio por el cual se intercambia información entre y dentro de dependencias ATS, durante la notificación, coordinación y transferencia de control de una aeronave

**Equipos GPS I.F.R.** - El equipo GPS para vuelos I.F.R. está categorizado dentro de las siguientes clases, de acuerdo a la Orden TSO-129a de la FAA:

**Clase A** - El equipo incorpora el sensor GPS y la capacidad de navegación. También incorpora la técnica RAIM.

**Clase A1** - Incluye capacidad en ruta, área terminal y aproximaciones de no precisión.

**Clase A2** - Incluye sólo capacidad en ruta y área terminal.

**Clase B** - El equipo consiste de un sensor GPS que le provee información a un sistema de navegación integrado (FMS, Sistema de Navegación Multi-Sensor, etc.)

**Clase B1** - Incluye RAIM y provee capacidad en ruta, área terminal y aproximaciones de no-precisión.

**Clase B2** - Incluye RAIM y sólo capacidad en ruta y área terminal.

**Clase B3** - Requiere que el sistema integrado de navegación provea un nivel de integridad GPS equivalente a RAIM y es apto para operaciones en ruta, área terminal y aproximaciones de no-precisión.

**Clase B4** - Requiere que el sistema integrado de navegación provea un nivel de integridad GPS equivalente a RAIM y provee capacidad sólo en ruta y área terminal.

**Clase C** - El equipo consiste de un sensor GPS que provee datos a un sistema integrado de navegación (FMS, Sistema Multi-Sensor de Navegación, etc.) que brinda guía mejorada a un piloto automático o director de vuelo, de forma de reducir los errores técnicos de vuelo.

**Clase C1** - Incluye RAIM y provee capacidad para ruta, área terminal y aproximaciones de no-precisión.

**Clase C2** - Incluye RAIM y provee sólo capacidad para ruta y área terminal.

**Clase C3** - Requiere que el sistema integrado de navegación provea un nivel de integridad GPS equivalente a RAIM y es apto para usar en operaciones en ruta, área terminal y aproximaciones de no-precisión.

**Clase C4** - Requiere que el sistema de navegación integrado provea un nivel de integridad GPS equivalente a RAIM y provee sólo capacidad en ruta y área terminal.

**Estación de Abordo de Tierra (AES)** - Equipos aviónicos de abordaje de la aeronave que son necesarios para procesar las comunicaciones satelitales

**Estación Terrena de Tierra (GES)** - Instalación parte del Servicio Fijo por Satélite o del Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite (AMSS), situada en un punto fijo en tierra, para el suministro de un enlace de conexión a la constelación satelital.

**Geocéntrico** - Relativo a la Tierra como centro, medido desde el centro de la Tierra.

**Geodesia** - La ciencia relacionada con la determinación del tamaño y de la forma de la Tierra (geoide) por mediciones directas tales como triangulación, nivelación y observaciones gravimétricas; por las que se determina el campo gravitacional externo de la Tierra y, hasta un cierto grado, la estructura interna.

**Geoestacionario** - Una órbita ecuatorial de satélite que lleva a una posición constante fija del satélite por encima de un punto particular de referencia en la superficie de la Tierra (los satélites GPS no son geoestacionarios). En los Sistemas de Aumentación Basados en satélites se utilizan satélites geoestacionarios.

**Gestión de la Afluencia del Tránsito Aéreo (ATFM)** - Servicio cuyo objetivo es garantizar un movimiento óptimo del tránsito aéreo hacia o a través de zonas durante las horas en que la demanda excede o se prevé que exceda la capacidad disponible del sistema ATC.

**Gestión del Tránsito Aéreo (ATM)** - Función de amplia definición que incluye los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS), la Gestión de la Afluencia del Tránsito Aéreo (ATFM) y la Administración del Espacio Aéreo (ASM). Su objetivo es permitir que los explotadores de aeronaves cumplan con sus horas de llegada y salida previstas y se atengan a los perfiles de vuelo preferidos.

**Hora de Arribo Requerida (RTA)** - Hora solicitada por el ATC para que una aeronave pase sobre un fijo (waypoint) determinado y que se puede programar en determinados equipos de navegación. Deberá tenerse en cuenta que la precisión de una RTA dependerá de la precisión de los vientos pronosticados y del tiempo de vuelo que se dispone para efectuar los necesarios ajustes de velocidad.

**Integridad** - Es la característica referida a la confianza que puede otorgarse a la corrección de la información proporcionada por el sistema total. La integridad comprende la capacidad de un sistema para proporcionar advertencias oportunas y válidas al usuario en los casos en que el sistema no debe utilizarse para la operación prevista.

**Monitoreo Autónomo de la Integridad del Receptor (RAIM)** - Técnica de aumentación de abordaje por la cual un receptor/procesador GPS determina la integridad de las señales de navegación GPS usando sólo señales GPS, o dichas señales aumentadas con información de altitud. Esta determinación es obtenida por medio de una verificación constante de las señales recibidas. Por lo menos otro satélite, además de aquellos usados con fines de navegación, deberá estar al alcance del receptor para que RAIM se efectúe.

**Monitoreo Autónomo de la Integridad de Abordo (AAIM)** - Técnica de aumentación de abordaje mediante la cual se mejora la disponibilidad de la función de navegación.

**Navegación de Area (RNAV)** - Método de navegación que permite la operación de aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo conveniente dentro de la cobertura de las ayudas para la navegación terrenas, o dentro de los límites de capacidad de ayudas autónomas, o una combinación de éstas. La RNAV que sólo utiliza las capacidades en el plano horizontal, es llamada navegación de área en dos dimensiones (2-D RNAV). La RNAV que incorpora guía vertical es llamada 3-D RNAV o VNAV. Si se agrega la navegación por tiempo (TNAV) a los sistemas 3-D, éstos pasarán a denominarse 4-D RNAV.

**Navegación horaria (TNAV)** - Función del equipo RNAV (P.ej. FMS) que proporciona la capacidad de llegada/salida a un punto de recorrido, a una hora especificada

**Navegación vertical (VNAV)** - Función del equipo RNAV (P.ej. FMS) por la que se calcula, se presenta en pantalla, y se proporciona guía respecto a un perfil o trayectoria en el plano vertical.

**Performance de Comunicaciones Requerida (RCP)** - Conjunto de requisitos de performance de comunicaciones especificado para un escenario operacional en un determinado espacio aéreo

**Performance de Navegación Requerida (RNP)** - Indicación de los parámetros de performance de la navegación necesarios para la operación dentro de un espacio aéreo definido. La OACI especifica la performance de navegación pero ningún tipo de equipo en especial.

**Performance de Vigilancia Requerida (RSP)** - Conjunto de requisitos de performance de vigilancia estipulados de acuerdo al espacio aéreo de que se trate y de la densidad y complejidad del tránsito.

**Performance Total Requerida del Sistema (RTSP)** - Patrón por el cual se mide la performance de todos los elementos constitutivos del sistema CNS. Incluye la Performance de Comunicaciones Requerida, la Performance de Navegación Requerida y la Performance de Vigilancia Requerida.

**Precisión** - Es la capacidad de todo el sistema de mantener la posición de la aeronave dentro de los límites de error del sistema total (TSE = total system error ), con una probabilidad del 95% en cada punto a lo largo del procedimiento especificado, de forma de que la misma permanezca dentro de los límites exteriores de performance establecidos.

**Presentación en Cabina de Información de Tránsito (CDTI)** - Equipo de abordaje capaz de recibir el mensaje ADS-B de otras aeronaves y mostrarlos en una pantalla (tipo EFIS o similar).

**Receptor multicanal** - Un receptor GPS que puede simultáneamente recibir más de una señal satelital.

**Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN)** - Arquitectura de inter-redes que permite a sub-redes tierra-tierra, aire-tierra y de datos de aviónica, funcionar entre ellas adoptando servicios y protocolos de interfaces comunes basados en el modelo de referencia de la interconexión de sistemas abiertos (OSI) de la Organización Internacional de Normalización (ISO).

**Satélite de Transporte Multifuncional (MTSAT)** - Satélite geoestacionario japonés que tiene una misión meteorológica y una misión aeronáutica, que puede incluir capacidad ADS, enlace de datos y un canal de integridad/superposición GPS.

**Segmento espacial** - La porción del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que está en el espacio (los satélites).

**Segmento terrestre** - La porción del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que está en tierra (5 estaciones de monitoreo y 3 antenas).

**Servicio de Control de Tránsito Aéreo** - Servicio suministrado con el fin de prevenir colisiones entre aeronaves, en el área de maniobras entre aeronaves y obstáculos y acelerar y mantener ordenadamente el movimiento del tránsito aéreo.

**Servicio Europeo de Superposición de Navegación Geoestacionaria (EGNOS)** - Sistema de aumentación al GPS y al GLONASS mediante el uso de satélites geoestacionarios, cuya finalidad es mejorar la performance de estos dos sistemas.

**Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite (AMSS)** - Sistema de comunicaciones aero-terrestres mediante satélites, que utiliza una banda de frecuencias asignada a fines aeronáuticos.

**Servicios de Tránsito Aéreo (ATS)** - Expresión genérica que se aplica, según el caso, a los Servicios de Información de Vuelo, Alerta, Asesoramiento de Tránsito Aéreo y Control de Tránsito Aéreo (Área, Aproximación o Aeródromo).

**Sistema Anticolisión de Abordo** - Sistema de abordaje basado en las señales de respondedor del radar secundario de vigilancia (SSR) que funciona de modo independiente con respecto al equipo de tierra para proporcionar información al piloto sobre posible conflicto de aeronaves que están equipadas con respondedores SSR.

**Sistema de Direccionamiento y Reporte de Comunicaciones de Aeronave (ACARS)** - Sistema de comunicaciones para enlace de datos aeroterrestres a través de canales VHF asignados a tal finalidad.

**Sistema de Gestión de Vuelo (FMS)** - Sistema interactivo de computación y visualización de la navegación destinado a asistir al piloto en el vuelo de la aeronave, con un máximo de economía, por una ruta planeada previamente y definida en cuanto a puntos de recorrido y a cambios de altura. El sistema actualiza constantemente la exactitud de la posición en función de los datos recibidos de diversas ayudas para la navegación.

**Sistema de navegación de medio único** - Un sistema de navegación de medio único para determinada fase del vuelo, debe proporcionar a la aeronave la posibilidad de satisfacer en dicha fase del vuelo, los cuatro requisitos básicos de performance de los sistemas de navegación: continuidad, disponibilidad, exactitud e integridad.

**Nota** - Esto no excluye transportar a bordo otros sistemas de navegación. Cualquier sistema de navegación de medio único puede incluir un sensor (instalación autónoma) o varios sensores, posiblemente de distintos tipos (instalaciones multi-sensor).

**Sistema de Navegación Inercial (INS)** - Equipo de navegación autónomo que utiliza uno o más sensores de navegación inercial para determinar la posición de la aeronave siguiendo con precisión todos los movimientos de la misma, a partir de un punto de comienzo conocido. La precisión de un sensor inercial se degrada a través del tiempo. La posición obtenida con un sistema inercial se puede degradar a un promedio de 2 NM por hora en vuelos de más de 10 horas de duración.

**Sistema de navegación primario** - Sistema de navegación aprobado para determinada operación o fase del vuelo que debe satisfacer los requisitos de precisión y de integridad, pero que no es necesario que satisfaga los requisitos de plena disponibilidad y continuidad del servicio. Se mantiene la seguridad limitando los vuelos a períodos especificados, y mediante restricciones apropiadas.

**Nota** - No existe ningún requisito de tener a bordo un sistema de navegación de medio único en apoyo de un sistema de navegación de medio primario.

**Sistema de navegación suplementario** - Sistema de navegación que debe utilizarse conjuntamente con un sistema de navegación de medio único. La aprobación de medio suplementario para determinada fase del vuelo, exige que se transporte a bordo un sistema de navegación de medio único para dicha fase del vuelo. Entre los requisitos de performance del sistema de navegación para determinada fase del vuelo, un sistema de navegación de medio suplementario debe satisfacer los mismos requisitos de exactitud y de integridad que el sistema de medio único. No existe ningún requisito de satisfacer los requerimientos de disponibilidad y de continuidad.

**Nota** - Operacionalmente, mientras se satisfagan los requisitos de exactitud y de integridad, puede utilizarse el sistema de medio suplementario sin que sea necesaria una referencia cruzada al sistema de medio único. Cualquier sistema de navegación aprobado como medio suplementario podría implicar un sensor (instalación autónoma) o varios sensores, posiblemente de distintos tipos (instalaciones multisensor).

**Sistema de Referencia Inercial (IRS)** - Equipo de navegación que determina la posición de la aeronave detectando las aceleraciones de la misma con una plataforma giroestabilizada y que proporciona información al equipo RNAV.

**Sistema Geodésico Mundial (WGS)** - Un conjunto prefijado de parámetros que describen el tamaño y la forma de la Tierra, las posiciones de una red de puntos con respecto al centro de la masa de la Tierra y las conversiones a partir de datums geodésicos mayores.

**Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS)** - Nombre dado por la OACI a un sistema mundial de determinación de la posición y de la hora que incluye una o más constelaciones de satélites, receptores de aeronave y vigilancia de la integridad del sistema, aumentado según sea necesario, para apoyar la performance de navegación requerida correspondiente a la fase efectiva de operación. Los servicios de medición de distancias del GNSS serán proporcionados, por lo menos en un plazo mediano, por el GPS y el GLONASS.

**Sistema Orbital Mundial de Navegación Satelital (GLONASS)** - Sistema de navegación basado en la transmisión de señales desde satélites, proporcionado y mantenido por la Federación de Rusia, y disponible para usuarios de la aviación civil.

**Sistema de Posicionamiento Global (GPS)** - Sistema de navegación basado en la transmisión de señales desde satélites, proporcionado y mantenido por los Estados Unidos de América, y disponible para usuarios de la aviación civil.

**Sistemas de Aumentación de Abordo (ABAS)** - Sistemas de aumentación incorporados en los equipos GNSS de abordo de la aeronave, que pueden ser del tipo RAIM o AAIM.

**Sistemas de Aumentación Basados en Satélites (SBAS)** - Sistemas de aumentación de cobertura amplia tales como el EGNOS (europeo), el MTSAT (japonés) y el WAAS (americano) ,los que utilizarán satélites de comunicaciones para transmitir señales de aumentación al usuario.

**Sistemas de Aumentación Basados en Tierra (GBAS)** - Sistemas de aumentación de cobertura limitada, que usarán instalaciones terrestres para transmitir señales de aumentación al usuario (Por ej. SCAT -I)

**Vigilancia Dependiente Automática (ADS)** - Sistema de vigilancia por el cual la aeronave transmite automáticamente, a través de un enlace de datos, aquellos datos provenientes de los sistemas de navegación y de determinación de la posición de abordo, que incluyen su identificación, posición en cuatro dimensiones y otros datos apropiados.

**Vigilancia Dependiente Automática – Radiodifusión (ADS-B)** - Sistema de vigilancia por el cual la aeronave transmite, automáticamente, su posición. La misma puede ser recibida por las aeronaves que estén en un radio de aproximadamente 150 NM de la misma en un equipo denominado, genéricamente, CDTI.

**Vuelo de Libre Opción / Vuelo Autónomo (Free Flight)** - Sistema ATM aplicado en los Estados Unidos de América, que permite a los pilotos, en donde sea posible, elegir su propia ruta y presentar un plan de vuelo que contenga la ruta más eficiente y económica.

**APÉNDICE B**

**“LISTA DE REFERENCIAS”**

## LISTA DE REFERENCIAS

- 1) Informe de la Décima Conferencia de Navegación Aérea (Montreal, 5 - 20 de septiembre de 1991)
- 2) Documento OACI 9623 “Comité especial para la supervisión y coordinación del desarrollo del sistema de navegación aérea del futuro y del planeamiento de la transición (FANS Fase II) “- Cuarta Reunión
- 3) Circular OACI 226-AN/135 - Vigilancia Dependiente Automática
- 4) Circular OACI 261-AN/155 - Guía de planificación para el desarrollo evolutivo de la parte correspondiente a intercambio de datos del servicio fijo aeronáutico
- 5) Circular OACI 267-AN/159 - Directrices para la introducción y uso operacional del Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS)
- 6) Anexo 6 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional de la OACI
- 7) Material Guía de Asia/Pacífico para las Operaciones CNS/ ATM
- 8) Notificación 8110.60 “GPS as a primary means of navigation for oceanic/remote operations” de la Federal Aviation Administration
- 9) Orden Técnica Normalizada (TSO) C-129a “Airborne supplemental navigation equipment using the GPS” de la Federal Aviation Administration
- 10) Circular AC-20-138 “Airworthiness approval of navigation or Flight Management Systems integrating multiple navigation sensors” de la Federal Aviation Administration
- 11) Orden 8400.10, Apéndice 4 Hand Book of Air Transportation HBAT 95-09 “Guidelines for operational approval of GPS to provide the primary means of Class II navigation in oceanic and remotes areas of operation” de la Federal Aviation Administration
- 12) Manual de operación del equipo FMS CMA 200 de la compañía Canadian Marconi
- 13) Circular OACI 249-AN/149 – Compendio sobre los factores humanos Num.11 “Los factores humanos en los Sistemas CNS/ATM”.
- 14) “Automatización en las aeronaves con centro en el ser humano: Concepto y Directrices.” Dr.Charles Billings
- 15) “Declaración de la filosofía de la automatización” de la Compañía de aviación Delta Air Lines, 1990