

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE AVIÓNICA**

**INVESTIGACIÓN SOBRE NUEVOS SISTEMAS CNS/ATM  
(COMUNICACIÓN, NAVEGACIÓN, VIGILANCIA Y GESTIÓN  
DE TRÁFICO AÉREO) Y SU APLICACIÓN EN LA AVIACIÓN  
COMERCIAL DEL PAIS.**

**POR:**

**ALNO. TOAPANTA TOAPANTA JOSÉ CARLOS**

**Proyecto de Grado como requisito previo para la obtención del Título de:**

**TECNÓLOGO EN AVIÓNICA**

**2003**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. ALNO. TOAPANTA JOSÉ, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN AVIÓNICA.

TCRN. ING. FAUSTO MELO  
ASESOR DEL PROYECTO DE GRADO

Latacunga, Octubre del 2003.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo resultado del esfuerzo constante dentro de este Instituto a Dios, la Virgen del Cisne, mis hermanos Martha, Luis y a mis padres que con su apoyo incondicional, sus consejos y bendiciones lograron que me forje una profesión digna que me llevará a emprender metas nuevas en mi vida profesional y familiar.

**Alno. Toapanta José.**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mí más sincero agradecimiento a mis padres, hermanos e instructores académicos, que con certeza y dedicación depositaron en mi confianza y sabiduría que me servirá para ponerlo en práctica en bien de la sociedad.

Un especial agradecimiento a todos los que conforman el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO en el cual forjé mi carrera y en el que compartí muchos momentos de esfuerzo y satisfacción.

**Aino. Toapanta José**

## INDICE

Introducción	1
Planteamiento del Problema	2
Objetivos	3
Justificación	4
Alcance	6
<b>CAPITULO I</b>	
1. Sistemas Tradicionales de COM/NAV y de Gestión de Tráfico Aéreo	7
1.1 Comunicación	7
1.1.1 El telégrafo	7
1.1.2 Comunicación Aérea	9
1.2 Navegación	10
1.2.1 Navegación Aérea	11
1.2.1.1 Clasificación de la Navegación Aérea	11
1.2.1.1.1 Navegación Observada	11
1.2.1.1.2 Navegación Estimada	12
1.2.1.1.3 Navegación Radioeléctrica o por Radio	13
1.2.1.1.4 Navegación Astronómica	13
1.3 Descripción de los Sistemas de Navegación	15
1.3.1 VOR	15
1.3.2 TACAN	17
1.3.2.1 VORTAC	18
1.3.3 LORAN	18

1.3.4 OMEGA	19
1.3.5 DME	19
1.3.5.1 Componentes Principales del Sistema	20
1.3.5.2 Principio Básico de Trabajo	20
1.3.6 NDB	23
1.3.7 ADF	23
1.3.7.1 Componentes del Sistema ADF	24
1.3.8 ILS	24
1.3.8.1 Componentes	25
1.3.8.2 Características del Localizador	26
1.3.8.3 Interpretación del Indicador del Localizador	26
1.3.8.4 Características de la Senda de Planeo	27
1.3.9 Marker Beacon	28
1.3.9.1 Características del Marker Beacon	28
1.3.9.2 Indicación Auditiva	29
1.3.10 GPS	29
1.3.10.1 Estructura del GPS	30
1.3.10.2 Satélites	31
1.3.10.3 Sistema de Control en Tierra	31
1.3.10.4 Equipo de Navegación	32
1.3.10.5 Componentes Básicos de Operación	32
1.3.10.6 Adquisición de la señal de Satélites	33
1.3.10.7 Obtención de la Posición	33
1.3.10.8 Aplicación	34

1.4 Gestión de Tráfico Aéreo	35
<b>CAPITULO II</b>	
2. Transición de los Sistemas CNS/ATM	37
2.1 Origen del Concepto FANS	37
2.2 Importancia	38
2.3 Descripción de los Nuevos Sistemas	39
2.3.1 Comunicaciones	39
2.3.2 Navegación	40
2.3.2.1 GNSS	40
2.3.2.1.1 GNSS-1(2000-2015)	42
2.3.2.1.2 GNSS-2(2015 2 en adelante)	42
2.3.2.2 EGNOS	42
2.3.2.2.1 Arquitectura del EGNOS	43
2.3.3 Vigilancia	45
2.3.4 Administración de Tránsito Aéreo	46
2.4 Plan de Transición	48
2.4.1 Comunicaciones	48
2.4.1.1 Flexibilidad	48
2.4.1.2 Servicios de Comunicaciones Previstos	49
2.4.1.3 Necesidades Permanentes de Comunicaciones aire- tierra	49
2.4.1.4 Dependencia en el Intercambio de datos	50
2.4.1.5 Bandas de Frecuencias Utilizadas	50
2.4.1.6 El papel de las Comunicaciones HF	50
2.4.1.7 El papel de las Comunicaciones VHF	51

2.4.1.8 Intercambio de Datos por SSR Modo S	52
2.4.2 Navegación	52
2.4.2.1 Sistema Coordinado WGS-84	53
2.4.2.2 Utilización de los servicios móviles aeronáuticos satelitales	53
2.4.2.3 Sistemas de Guía de Aproximación y de Aterrizaje	54
2.4.2.4 Navegación en Plano Vertical	54
2.4.2.5 Directrices para la Transición a los Sist. de Navegación	54
2.4.3 Vigilancia	56
2.4.3.1 Radar	56
2.4.3.1.1 Vigilancia Dependiente Automática (ADS)	57
2.4.3.1.2 Vigilancia Independiente	58
2.4.3.1.2.1 Radar Secundario de Vigilancia (SSR)	58
2.4.3.1.2.2 Radar Primario	58
2.4.3.2 Vigilancia del Movimiento de la Superficie	59
2.4.3.3 Directrices para la Transición	60
2.4.4 Gestión del Tránsito Aéreo (ATM)	61
2.4.4.1 Objetivos de la ATM	61
<b>CAPITULO III</b>	
3. Capacidades y Limitaciones	64
3.1 Introducción	64
3.2 Limitaciones	66
3.3 Beneficios de los Nuevos Sistemas CNS/ATM	66
3.3.1 Beneficios del Nuevo Sistema de Comunicaciones	67
3.3.2 Beneficios del Nuevo Sistema de Navegación	68



3.3.3 Beneficios del Nuevo Sistema de Vigilancia	70
3.3.4 Beneficios de la Administración del Tránsito Aéreo	71
3.3.5 Beneficios para las Aerolíneas	72
3.3.6 Beneficios para los proveedores de SNA	73
3.3.7 Beneficios para los Aeropuertos	73
3.3.8 Beneficios para los Operadores Aeroportuarios	74
<b>CAPITULO IV</b>	
4. Estudio de Campo e Investigación	76
4.1 Plan Regional CAR/SAM	76
4.2 Deficiencias del Sistema Actual en las Regiones CAR/SAM	77
4.2.1 CNS Oceánico	77
4.2.2 CNS Continental	78
4.2.3 Gestión de Tránsito Aéreo	78
4.3 Cooperación Técnica de la OACI	78
4.4 Beneficios esperados de los Sistemas CNS/ATM en CAR/SAM	80
4.5 El Tráfico Aéreo en las Regiones CAR/SAM	82
4.6 Desarrollo Aeroportuario de las Regiones CAR/SAM	83
4.7 Flujos Principales de Tránsito Aéreo	84
4.8 Evolución y Transición	87
4.9 Implantación Regional de los Sistemas CNS/ATM	88
4.9.1 Comunicaciones	88
4.9.2 Navegación	88
4.9.3 Vigilancia	89
4.9.4 ATM	90

4.10 Evaluación Técnico-Económica Financiera	91
4.10.1 Comunicaciones	91
4.10.2 Navegación	91
4.10.3 Vigilancia	91
4.10.4 ATM	92
4.11 Evaluación Financiera	92
4.12 Análisis de Sensibilidad	93
4.13 Tabulación sobre la aplicación de los Sistemas CNS/ATM en la Aviación Comercial	94
4.14 Aplicación de los sistemas CNS/ATM en el Territorio Ecuatoriano	96
<b>CAPITULO V</b>	
5. Conclusiones y Recomendaciones	99
5.1 Conclusiones	99
5.2 Recomendaciones	102
GLOSARIO DE ACRÓNIMOS	104
BIBLIOGRAFIA	106
ANEXOS	107
Hoja de Datos Personales	117
Hoja de Legalización de Firmas	118

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1.1 El Telégrafo

Figura 1.2 VORTAC.

Figura 1.3 Sistema LORAN

Figura 1.4 Selector VOR

Figura 1.5 Equipo Medidor de Distancia

Figura 1.6 Aproximación a la Pista por medio de ILS

Figura 1.7. Localizados y Senda de Planeo

Figura 1.8 Indicación de Localizador

Figura 1.9 Localizador y Senda de Planeo

Figura 1.10. Marker Beacon

Figura 1.11 NAVSTAR/GPS

Figura 1.12 Panel del GPS.

Figura 2.1 Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS)

Figura 2.2 Arquitectura del EGNOS

Figura 2.3. Administración del Transito Aéreo

Figura 2.3. WGS-84

Figura 3.1 Nuevo Sistema de Comunicaciones

Figura 3.2 Nuevo Sistema de Navegación

Figura 3.3 Nuevo Sistema de Vigilancia

## **LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1.1 Características de las bandas más utilizadas

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 4.1 Tráfico aéreo en las Regiones CAR/SAM

Tabla 4.2 Desarrollo Aeroportuario en el Ecuador

Tabla 4.3 Flujos principales de Tránsito Aéreo

Tabla 4.4 Compañías más importantes que operan en el Ecuador

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A REGIONES CAR/SAM

ANEXO B FLUJOS PRINCIPALES DE TRANSITO

ÁREAS HOMOGENEAS

ANEXO C IMPLANTACION DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES

ANEXO D IMPLANTACION DEL SISTEMA DE NAVEGACION

ANEXO E IMPLANTACION DEL SISTEMA DE VIGILANCIA

ANEXO F IMLANTACION DEL SISTEMA DE GESTION DE TRÁNSITO AÉREO

## INTRODUCCION

La Aviación, es el nominativo que se le ha dado a la ciencia y práctica del vuelo de las aeronaves que son mucho más pesadas que el aire, esta ciencia incluye aviones, planeadores, helicópteros, ornitópteros, autogiros, aeronaves VTOL (despegue y aterrizaje vertical) y STOL (despegue y aterrizaje corto).

Están diferenciados de los aparatos más ligeros que el aire, entre los que se incluyen los globos libres (por lo general, esféricos), los cautivos (casi siempre alargados) y los dirigibles.

La aviación operativa se agrupa en tres categorías: aviación militar, aviación comercial y aviación general. La aviación militar incluye todos los vuelos realizados por las fuerzas aéreas: estratégicos, tácticos y logísticos. La aviación comercial engloba la operación de líneas aéreas regulares y chárter.

La aviación general comprende todas las otras formas de vuelo: deportivo, privado, publicitario, ejecutivo, de enseñanza y de fumigación.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La transportación aérea es uno de los sectores que han experimentado un mayor desarrollo y una enorme demanda de sus servicios en los últimos años, por tal motivo los sistemas de comunicación, navegación, vigilancia y gestión de tráfico aéreo han llegado al punto de saturación en muchas partes del mundo.

En años pasados las comunicaciones de voz y datos entre aeronaves y éstas con estaciones en tierra fueron bastante críticas para su seguridad y eficacia debido a que existen serias limitaciones en largas distancias por la curvatura de la tierra, los accidentes geográficos y metereológicos que bloquean las señales de radio.

# **OBJETIVOS**

## **1. OBJETIVO GENERAL**

Investigar sobre nuevos sistemas CNS/ATM (Comunicación, Navegación, Vigilancia / Gestión de Tráfico Aéreo) y su aplicación en la aviación comercial del país.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir los sistemas tradicionales COM/NAV y de Gestión de Tráfico Aéreo.
- Enunciar los nuevos conceptos de sistemas CNS/ATM.
- Analizar planes de transición de los sistemas CNS/ATM.
- Entender las capacidades y limitaciones de estos sistemas.
- Determinar el nivel de aplicabilidad de estos sistemas en las aerolíneas que operan en nuestro país.

## JUSTIFICACIÓN

El campo de la aeronáutica es un tema bastante amplio que necesita de muchos años de estudio, una constante preparación y esencialmente de una amplia experiencia en mantenimiento y manejo de equipos de COM/NAV, eléctricos, mecánicos, hidráulicos, de estructuras, motores y de algunos otros sistemas.

La aviación civil como militar ha tenido un gran desarrollo llegando cada vez a cubrir rutas mucho más grandes para lo cual se requiere aplicar sistemas de comunicación, navegación, vigilancia y lógicamente necesita del control de tráfico aéreo para llegar a su destino. Algunos de estos sistemas utilizan estaciones en tierra y otros son autónomos.

En la actualidad es indispensable el uso de equipo instrumental para realizar una navegación segura que en su mayoría utiliza estaciones en tierra que emiten señales electromagnéticas para cambiar las indicaciones de estos instrumentos orientándose hacia el origen de estas señales y recibiendo información de datos y voz que guían al piloto a cumplir con su plan de vuelo.

En navegación se contempla el concepto de capacidad requerida de performance de navegación, la cual se ha alcanzado con el desarrollo del sistema mundial de navegación por satélite (GNSS), que ya ha sustituido a las ayudas de largo y corto alcance utilizado en navegación en algunas partes del mundo.



El control del tránsito aéreo estaba basado en métodos tradicionales para determinar distancia mínima de seguridad y la distancia que debe existir entre aeronaves, pero esto se volvió un problema cuando al pasar el tiempo se iba incrementando el número de aeronaves que ocupaban el espacio aéreo y por consiguiente cuando se debía controlar más aeronaves al mismo tiempo.

Estos avances además nos han permitido superar condiciones meteorológicas y geográficas que afectaban en gran proporción al alcance y calidad de las señales portadoras de información.

Para vigilancia el concepto de Vigilancia Dependiente Automática (ADS) se ha desarrollado un sistema mediante el cual la aeronave transmite automáticamente su posición y otra información complementaria, como rumbo, velocidad vertical y datos meteorológicos a través de satélite al centro del control de Tránsito Aéreo.

## **ALCANCE**

El proyecto de investigación CNS /ATM esta dirigido a todo el personal docente, administrativo y alumnos de la escuela de aviónica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

En esta investigación englobaré lo más importante de los nuevos sistemas de Comunicación, Navegación, Vigilancia y Gestión de Tráfico Aéreo y su aplicación dentro de la aviación comercial de nuestro país.

Quedando este tema como medio de consulta entendible y de fácil acceso para futuras promociones en la biblioteca del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

# **CAPITULO I**

## **SISTEMAS TRADICIONALES DE COM/NAV Y DE GESTIÓN DE TRÁFICO AÉREO**

### **1.1 COMUNICACIÓN.**

De una manera sencilla comunicación se define como el intercambio de información entre seres humanos utilizando medios propios o a través de sistemas eléctricos - electrónicos que facilitan este intercambio cada vez a mayores distancias.

La comunicación básicamente utiliza tres factores:

- 1) Emisor.
- 2) Medio de transmisión.
- 3) Receptor.

A continuación se tiene un ejemplo claro de lo que fue el inicio de las comunicaciones a gran distancia y que además utilizaba corriente eléctrica.

#### **1.1.1 El Telégrafo.**

El Telégrafo es un sistema de comunicación basado en un equipo eléctrico capaz de emitir y recibir señales según un código de impulsos eléctricos el cual lo podemos observar en la figura 1.1. En un principio, la palabra 'telegrafía' se aplicaba a cualquier tipo de comunicación de larga distancia en el que se transmitían mensajes mediante signos o sonidos.

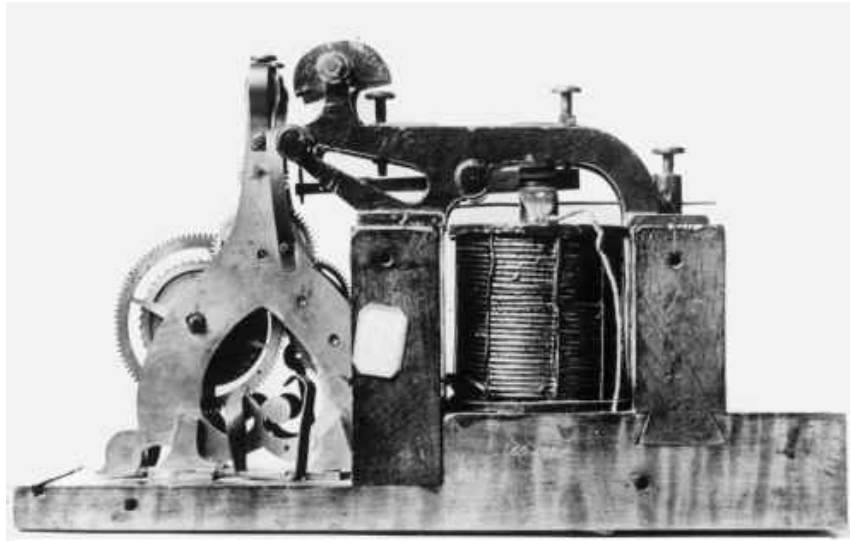


Figura 1.1 El Telégrafo

El pionero en la construcción de equipos eléctricos para transmisión telegráfica fue el estadounidense Samuel F. B. Morse en 1836, es por eso que a este método de transmisión se le conoce como clave o código Morse. Este código básico, transmitía mensajes mediante impulsos eléctricos que circulaban por un único cable.

El aparato de Morse, que emitió el primer telegrama público en 1844, tenía forma de conmutador eléctrico. Mediante la presión de los dedos, permitía el paso de la corriente durante un lapso determinado y a continuación la anulaba.

El receptor Morse original disponía de un puntero controlado electro magnéticamente que dibujaba trazos en una cinta de papel que giraba sobre un cilindro de papel. Los trazos tenían una longitud dependiente de la duración de la corriente eléctrica que circulaba por los cables del electroimán y presentaban el

aspecto de puntos y rayas. La comunicación actual que se realiza utilizando equipos electrónicos en tierra comprende.

- Equipo Transmisor (Tx).
- Medio de transmisión.
- Equipo Receptor (Rx).
- Antena Tx y Rx.

Este tipo de comunicaciones utiliza como medio de transmisión el espacio, en el equipo transmisor se procesa señales de voz, datos, video antes de ser enviada hacia la antena después de la cual será emitida en todas direcciones o de manera directa dependiendo del tipo de antena que utilice este sistema .

La transmisión de estas señales se las hace en forma de ondas electromagnéticas y además utilizando el espectro electromagnético adecuado.

La calidad de recepción de las señales de información, datos, voz y video de estas señales va a depender de algunos factores como por ejemplo, potencia de transmisión, medio de transmisión y antenas entre los más importantes.

### **1.1.2 Comunicación aérea.**

Al igual que la comunicación normal esta aplicación utiliza el espectro anteriormente mencionado, con la diferencia que se ocupa equipos a bordo de la aeronave que hacen la función de Transmisor y Receptor conocido como

TRANCEIVER, una caja de control que sirve para seleccionar las frecuencias de las estaciones en tierra a las que debe trabajar el sistema de comunicación, la antena y los conocidos headphones (audífonos).

Cuando hablamos de espectro electromagnético diremos que la transmisión se realiza en diferentes frecuencias o bandas de frecuencia como por ejemplo la Aviación Civil y la Fuerza Aérea utiliza bandas de HF, VHF, UHF las cuales las podemos diferenciar en el Cuadro 1.1

Cuadro 1.1 Características de las bandas más utilizadas.

Sigla	Subdivisión	Long. de onda	Banda	Gama de frec.
HF	Ondas cortas	De 100 m a 10 m	7	3 Mhz a 30 Mhz
VHF	Ondas cortísimas	De 10 m a 1 m	8	30 Mhz a 300 Mhz
UHF	Ondas ultracortas	De 1 m a 10 cm	9	300 Mhz a 3 Ghz

Existe entonces sistemas con el mismo nombre como el de HF y el de VHF que como dijimos anteriormente tiene sus ventajas y desventajas por la frecuencia en la que opera.

## 1.2 NAVEGACIÓN.

En un concepto entendible se dice que la navegación es trasladarse de un lugar a otro. Como seres humanos se ha querido imitar el vuelo de las aves por su velocidad y pericia, entonces nace el deseo de dominar el espacio aéreo, para lo

cual deberíamos tener ciertas características físicas y de fuerza capaz de sustentar nuestro cuerpo en el aire. El trasladarse de un lugar a otro, requiere de muchos factores importantes para llegar a nuestro destino de forma segura, en el tiempo planificado y además debiendo conocer la trayectoria a seguir.

### **1.2.1 Navegación aérea.**

Entonces se dice que la navegación aérea es trasladarse de un lugar a otro a través del espacio aéreo.

Otro de los conceptos básicos nos dice que es la ciencia que determina la posición de un avión o misil en cualquier tiempo y directo desde una posición a otra.

#### **1.2.1.1 Clasificación de la Navegación Aérea.**

La navegación aérea esta clasificada en cuatro puntos muy importantes los cuales se detalla a continuación:

- Navegación Observada
- Navegación Estimada
- Navegación Radioeléctrica o por Radio
- Navegación Astronómica

##### **1.2.1.1.1 Navegación Observada.**

Es aquella que se realiza por observación directa de los accidentes geográficos sean naturales o artificiales.

Además utiliza Cartas Topográficas en las cuales se pueden observar los accidentes del terreno en forma de gráfico con sus respectivas alturas y con una determinada escala, es decir que esta forma de navegación rústica no utiliza sino a groso modo instrumentos básicos de navegación.

En las primeras etapas de la aviación el piloto se dirigía a su destino guiándose por los ríos, los ferrocarriles u observando las ciudades más grandes y lugares destacados en el terreno.

Estas técnicas solo fueron de gran ayuda en esa época ya que los vuelos eran de corto alcance y generalmente se realizaba prácticas de vuelo durante el día con buenas condiciones metereológicas.

#### **1.2.1.1.2 Navegación Estimada.**

Esta forma de navegación determina la posición de la aeronave conociendo tres factores:

Trayectoria descrita, velocidad desarrollada y tiempo transcurrido desde la última posición conocida.

Tiene la ventaja de ser aplicada sin importar las condiciones climatológicas o de visibilidad, pero tiene un pequeño inconveniente de que la situación determinada siempre quedará referida a la anterior, por lo que el error cometido en una o varias de las situaciones se irán sumando a las subsecuentes.



#### **1.2.1.1.3 Navegación Radioeléctrica o por radio.**

Esta clase de navegación es la que se orienta por medio del radio instalado a bordo de la aeronave o en tierra o en ambos casos.

Es el método más utilizado ya que permite realizar vuelos sin necesidad de observar el suelo o cuerpos celestes.

Dada a la importancia de estos tipos de ayudas de radio se han ido desarrollando sistemas como: VOR, Radiobalizas, FM, LORAN, DME, RADAR, ILS, etc.

En la actualidad gracias a la aplicación de estos sistemas de ayuda a la navegación aérea muchas compañías de aviación en todo el mundo pueden realizar vuelos con regularidad y con amplio margen de seguridad.

#### **1.2.1.1.4 Navegación Astronómica.**

Es también conocida como navegación celestial y su utilización se basa en observaciones a los astros, valiéndose del sextante, el cronómetro y del almanaque.

Es mayormente utilizado en vuelos transoceánicos y sobre los puntos polares, tiene varios inconvenientes debido a que frecuentemente el único astro que puede observarse en el día es el sol y en algunos casos no siempre, y en consecuencia, solo podrá obtenerse una sola posición o altura que por si sola no permite determinar la situación de la aeronave.

Se hace difícil una vez iniciada la navegación aérea determinar la posición y la dirección en la que se encuentra la aeronave, pero estos problemas han sido buenos ya que ha dado lugar a que se desarrollen sistemas que ayuden al navegante a determinar el lugar en el que se encuentran con mucha más exactitud de lo que lo harían su visión o intuición.

Existe una marcada diferencia entre los primeros biplanos utilizados en la II Guerra Mundial, con relación a los aviones caza – bombarderos que poseen las fuerzas aéreas de todo el planeta que tienen un gran alcance.

Así como los aviones han cambiado notablemente, los sistemas de navegación han mejorado reuniendo siempre el grado de seguridad y velocidad requerida.

Antes de realizar una navegación se debe tener en cuenta dos factores:

Posición de la que se va a partir y la trayectoria o camino que se va a seguir.

Los sistemas que se utilizan en navegación aérea son ADF, VOR-ILS, DME y GPS entre los más conocidos y que operan en bandas de LF, MF, y VHF.

## **1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACION.**

### **1.3.1 VOR.**

El sistema **VOR** (*VHF Omnidirectional Range*) se traduce como Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia, es un sistema de posicionamiento que fue desarrollado en 1930 y se empezó a utilizar en USA en 1936, aunque no fue estandarizado hasta 1949.

El VOR es un sistema que combina equipo en tierra y en la aeronave para proveer marcación a una estación en tierra.

La estación de tierra consiste en un transmisor omnidireccional, esto quiere decir que transmite señales en todas las direcciones llevando la información para que después de decodificarla en el sistema el avión, pueda determinarse en que posición se encuentra la aeronave respecto de la estación en tierra.

Para un mejor entendimiento, la estación en tierra VOR genera e indica 360 "rutas o caminos" denominados radiales, como por ejemplo cuando viajamos de una ciudad a otra en automóvil solo basta saber que ruta es la más conveniente seguir para llegar a nuestro destino, con el sistema VOR sucede lo mismo, se debe conocer cuales radiales o rutas del VOR nos llevará a la estación terrestre deseada. De igual forma se pueden determinar posiciones e intercepciones.

Un recurso utilizado cuando no tenemos señal del VOR es el uso de las cartas de navegación aérea que ayudará al navegante a no perderse.

Las estaciones se las ubica de tal forma que el radial 0° o 360° corresponde al norte magnético y se las numera como en una brújula es decir que si se vuela en el radial 90° se esta al este, en la 180° al sur, etc.

**a. Las estaciones en tierra.**

- VOR/DME
- ILS/DME
- TACAN
- VORTAC

**b. Componentes del sistema VOR.**

- Receptor
- Antena
- Panel de control
- Indicador

**c. Características del sistema VOR.**

**1) Alcance.**

- 40 NM entre 1000 a 14.500 pies
- 100 NM entre 14.500 a 60.000 pies
- El alcance depende de la altitud de vuelo

**2) Frecuencia de Operación.**

- VOR/ILS 108Mhz a 118 Mhz

- VOR solo 112 Mhz a 118 Mhz
- Subcarrier 9960 Hz AM 30 Hz
- FM 30 Hz Referencia

### **3) De la Señal Transmitida.**

Frecuencia: entre 112 y 118 MHz (de 108 a 112 MHz usos especiales).

Polarización horizontal.

Propagación muy rectilínea.

Separación de al menos 50 KHz entre canales adyacentes (estaciones VOR cercanas) para evitar interferencias. Identificador único de cada estación VOR.

### **4) Factores que afectan los errores.**

Altura por encima de la estación.

Distancia de la estación.

Calidad del equipo, receptor e indicador.

#### **1.3.2 TACAN (Navegación Aérea Táctica)**

Este sistema fue básicamente desarrollado para aplicarlo en la navegación aérea y con fines militares, utilizando estaciones militares TACAN.

Son sistemas de radar, los que tienen funciones de pregunta - respuesta, el avión envía una señal codificada que es respondida por la estación, en base al

tiempo de respuesta y a los códigos transmitidos se determina la posición del avión utilizando coordenadas polares, es decir el azimut y la distancia a la estación.

### 1.3.2.1 VORTAC

En la aviación civil también se lo aplica, asociado a una estación VOR permite medir la distancia entre el avión y dicha estación, estas estaciones se las conoce como VORTAC, es decir que este tipo de estaciones combina las funciones de VOR y TACAN (figura 1.2).

Proporciona capacidades de VOR/DME y TACAN juntas en una sola emisora, esto permite el máximo de aprovechamiento por parte de los pilotos.

Este símbolo (solo cambian para USA o Europa) representa una estación VORTAC (Emisora VHF de Rango Omni-direccional y Navegación Aérea Táctica).

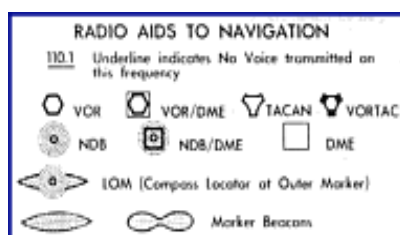


Figura 1.2 VORTAC.

### 1.3.3 LORAN

Este sistema de navegación fue utilizado para viajes de **LARGO ALCANCE**, es decir que se usaba en vuelos transoceánicos. Las ayudas estaban situadas en la

costa y formaban una cadena (figura 1.3). Estaba compuesta de 4 estaciones en tierra, una actuaba como maestra y las otras 3 como repetidoras.

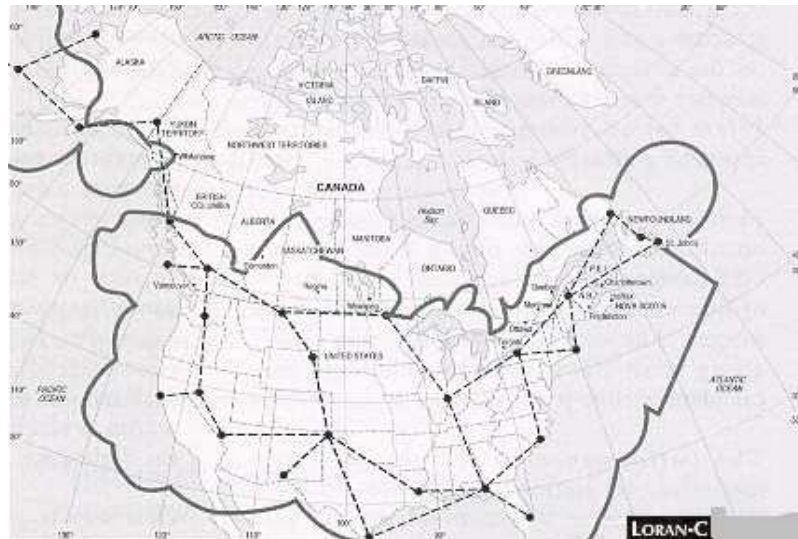


Figura 1.3 Sistema LORAN

La estación maestra con cada una de las estaciones repetidoras formaba un par, en total 3 pares.

### 1.3.4 OMEGA

Este sistema consistía en radiofaros en baja frecuencia omnidireccionales. El sistema tuvo una precisión limitada y estaba sujeto a interferencias de radio. Tanto como el LORAN y EL OMEGA dejaron de utilizarse hace algunos años atrás.

### 1.3.5 DME (Equipo Medidor de Distancia)

El DME (Equipo Medidor de Distancia) es un sistema de impulsos de radar (secundario) que funciona en la banda de UHF de 978-1213 Mhz.

Suministra distancia oblicua hasta un radiofaro situado en un punto fijo en tierra. El DME está combinado o en el mismo lugar que el VOR, y la frecuencia de utilización es la misma para los dos. Algunos equipos son independientes.

El equipo fijo esta asociado a una estación VOR, y el receptor DME en el avión se sintoniza solo al sintonizar dicha estación.

#### **1.3.5.1 Componentes principales del sistema**

- Unidad interrogadora
- Unidad respondedora

#### **1.3.5.2 Principio básico de trabajo:**

La unidad interrogadora va instalada en la panza del avión y trabaja en la banda de 1025-1150 Mhz.

La unidad respondedora de tierra opera en la banda de 978- 1024 Mhz y en 1151-1213 Mhz. La unidad interrogadora emite pares de impulsos de radio frecuencia a través de una antena omnidireccional.

El equipo de tierra recibe la interrogación y emite la respuesta tras un tiempo de retardo fijo de 50 microsegundos. Esta respuesta es recibida por el equipo del avión y tras ser procesada es enviada a los circuitos medidores de distancia donde se calcula el tiempo transcurrido y se obtiene la información de la distancia. El



alcance máximo del instrumento es de 200 nm dependiendo de la altura. A 2000 ft. puede llegar a una distancia de 40 o 50 NM.

Cuando se tienen sintonizados dos VOR en los receptores NAV 1 y 2, si ambas estaciones tienen equipos DME funcionando se podrá medir la distancia, velocidad y tiempo a cada una de ellas, para ello el DME de a bordo posee un selector (figura 1.4) de NAV 1 o NAV 2, el que conmuta en FS por acción del mouse o con las teclas CTRL 3 para NAV 1 y CTRL 4 para NAV 2.



Figura 1.4 Selector VOR

La velocidad indicada por este instrumento es respecto a tierra, pues este sistema no se ve influenciado por el viento, a diferencia de lo que ocurre con el anemómetro. Si bien el instrumento es confiable y facilita el trabajo evitando tener que tomar tiempos y realizar cálculos, hay que tener en consideración ciertos factores de error del instrumento.

Principalmente los valores de velocidad y tiempo son confiables en la medida que se este volando sobre una radial emitida por la estación VOR.

En lo que respecta a la distancia, hay que considerar que el instrumento mide la distancia en línea recta entre la nariz del avión y la estación de tierra por lo que se ve afectada por el nivel de vuelo o altitud como muestra la Figura 1.5.

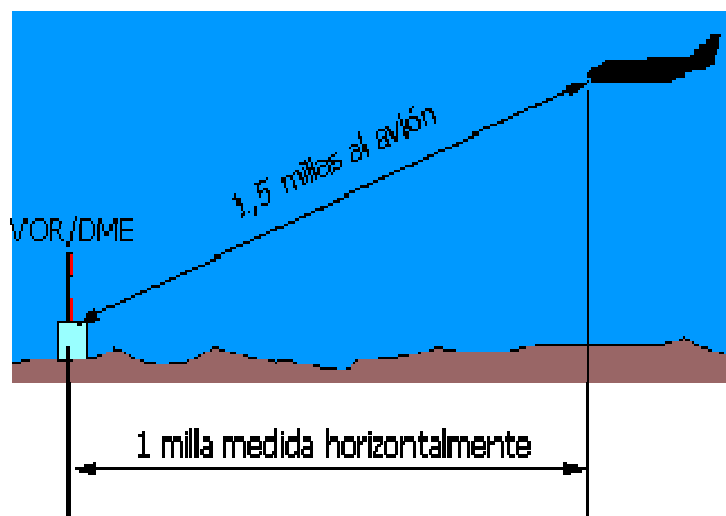


Figura 1.5 Equipo Medidor de Distancia

Por ejemplo, en el momento en que se pasa sobre la estación se tiene una elevación sobre esta de 6000 ft, el DME indicara una distancia al VOR de 1 nm. Es decir que si el DME nos indica una distancia de una milla a la estación y volamos a por ejemplo 4000ft la distancia medida horizontalmente será menor a la milla.

Ahora como hacemos cuando la estación no tiene disponible un DME, en ese caso recurriremos a medir tiempo de vuelo entre radiales para luego calcular la

distancia. La idea consiste en tomar el tiempo de vuelo entre dos radiales para luego determinar la distancia a la estación mediante la siguiente relación.

$$\text{Minutos a la estación} = \text{segundos entre radiales} / \text{grados entre radiales.}$$

Para esto es necesario que el radial tomado para referencia sea perpendicular a nuestro curso y los instrumentos estén estabilizados, es decir que no es conveniente hacerlo inmediatamente después de salir de un viraje.

### **1.3.6 NDB. No-direccional Guía.**

Un sistema simple de navegación que está quedando anticuado, este sistema utiliza un transmisor que radia una señal en una frecuencia en particular. Una aguja indicadora en el ADF (Búsqueda de Dirección Óptima) en el aeronave apuntará en la dirección en que se obtiene la recepción 'óptima' o más clara. Esto nos proporciona solo información magnética relativa, en un momento se puede saber simplemente que la emisora está 90 grados a tu izquierda (que podría ser actualmente 342 grados).

### **1.3.7 ADF Automatic Direction Finder (Buscador de dirección automática)**

Es un sistema que ayuda al piloto de la aeronave a encontrar la dirección en la que se encuentra la pista de aterrizaje para lo cual utiliza estaciones en tierra que emiten señales que son captadas por el sistema a bordo y presentadas en el RMI.

### **1.3.7.1 Componentes del sistema ADF.**

- Receptor
- Panel de Control
- Indicador
- Antena, sense y loop
- Antena coupler

Frecuencia de operación de 190 a 1,750 Khz

Recibe señales desde:

Estaciones de Homing

Radio Beacons

Estaciones de Transmisión

Para determinar la posición de la aeronave se requieren de dos estaciones pero para una mayor exactitud en ocasiones se utiliza tres estaciones.

### **1.3.8 ILS Instruments Landing System (Sistema de Aterrizaje por instrumentos).**

Este sistema es utilizado una vez que el piloto esta cerca de la cabecera de la pista para darle a la aeronave la ubicación correcta tanto en ángulo de descenso como en centrado de la aeronave con relación a la pista (figura 1.6).

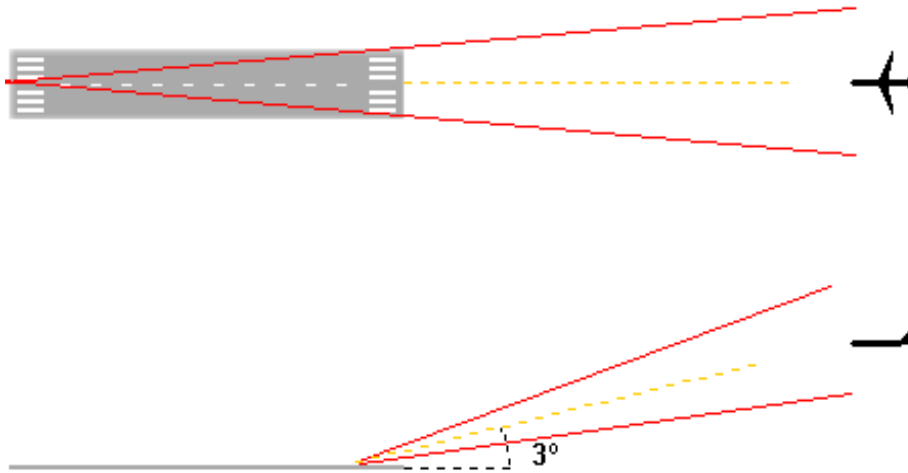


Figura 1.6 Aproximación a la Pista por medio de ILS.

### 1.3.8.1 Componentes

- Localizador (Lateral) (figura 1.7)
- Senda de planeo (Vertical) (figura 1.7)

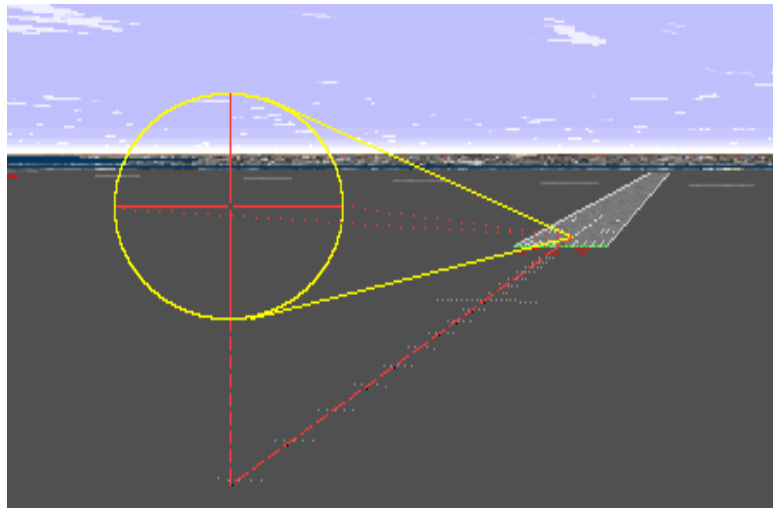


Figura 1.7. Localizados y Senda de Planeo

### 1.3.8.2 Características del Localizador

- La frecuencia de operación del Localizador se encuentra entre los 108.1 a 111.9 Mhz y una modulada AM con 90 y 150 Hz.
- Probé guía para mantenerse dentro de una línea central de +/- 2.5 grados.
- La desviación total es de 2 grados fuera del curso.
- Aterrizaje con "Back Course"
- Aterrizando con dirección opuesta (sin G/S)
- La indicación en el indicador es reversa
- La instalación de la antena esta ubicada a varios cientos de pies del fin de la pista
- La señal se ve afectada por las condiciones del terreno local

### 1.3.8.3 Interpretación del indicador del Localizador

Si predominan los 150 Hz vuela a la izquierda (figura. 1.8)

Si predominan los 90 Hz vuela a la derecha

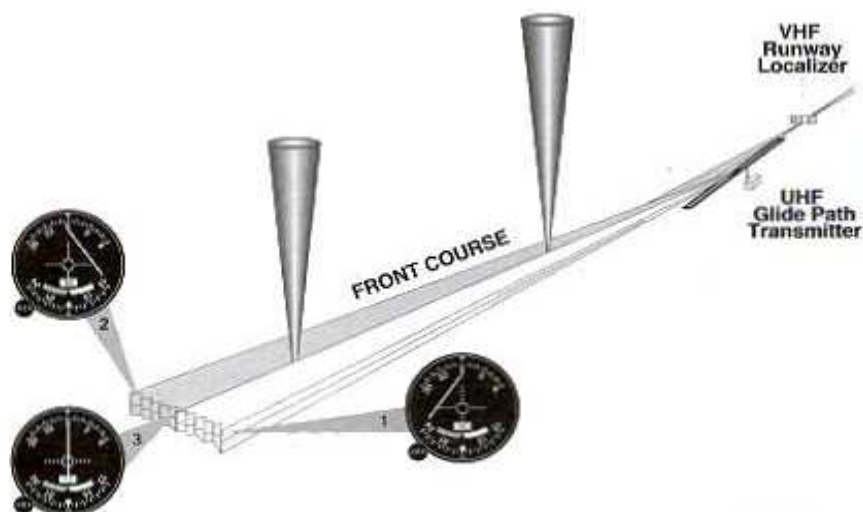


Figura 1.8 Indicación de Localizador

#### 1.3.8.4 Características de la Senda de Planeo (Glide Slope)

- La Frecuencia de operación es de 329.15 a 335.00 Mhz
- CW modulada con 90 y 150 Hz en AM
- Provee una línea que desciende entre 2.5 y 3 grados
- Adquisición a 15 millas a una altura de 1.000 pies
- La señal se ve afectada por las condiciones del área local
- Su antena esta instalada a 1.000 pies del punto de aterrizaje y 500 pies a la izquierda de la línea central de la pista (figura 1.9)

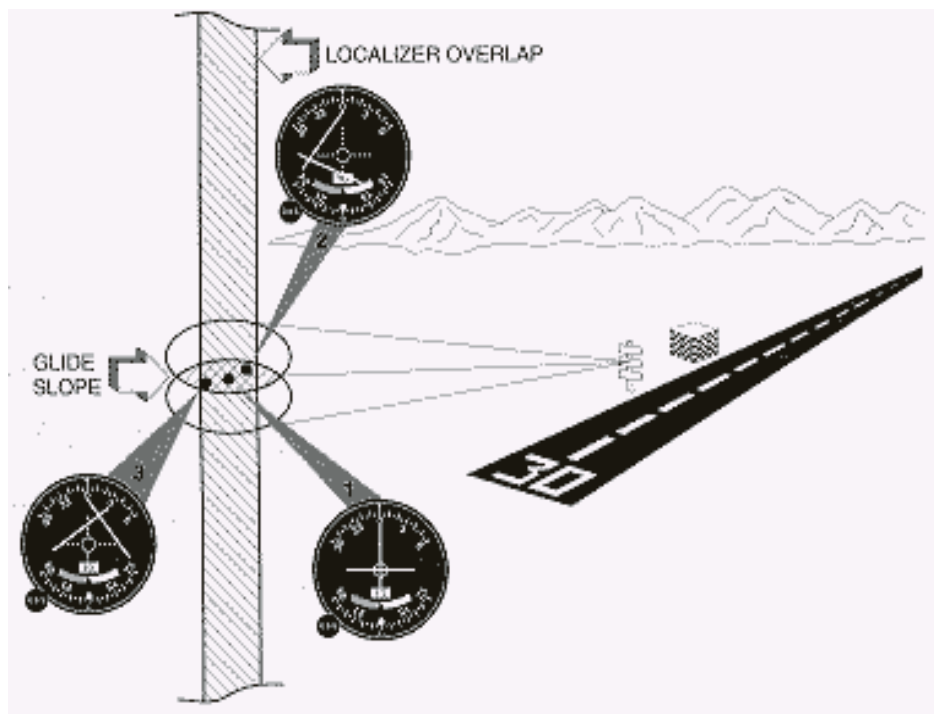


Figura 1.9 Localizador y Senda de Planeo

### 1.3.9 Marker Beacon

Este es un sistema que sirve para alertar al piloto sobre la distancia exacta que se encuentra de la pista (figura 1.10)

Consta de tres unidades que están ubicadas a cierta distancia en la pista que se encargan de emitir una señal a determinada frecuencia la cual es receptada en la aeronave y procesada para que se encienda luces e inclusive que se escuche un tono en los audífonos.

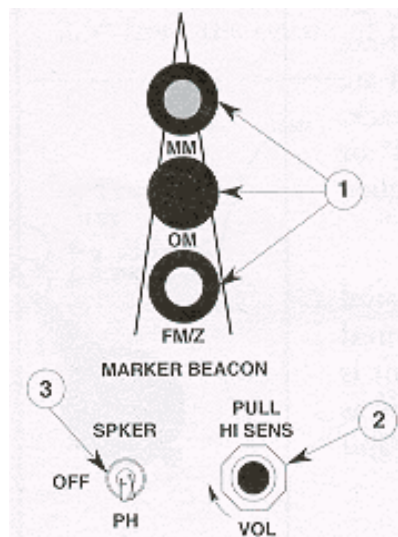


Figura 1.10. Marker Beacon

- 1.- Luces indicadoras de Marker Beacon
- 2.- Salida de audio
- 3.- Selector de audio

#### 1.3.9.1 Características del Marker Beacon

- Frecuencia de operación es de 75 MHz
- Provee guía a través del aterrizaje.



- Es una transmisión forma de FAN vertical
- Normalmente montado encima de palos de teléfono.
- Depende de la distancia se clasifica en:

Outer marker	400 Hz	Azul	a 4.5 Millas
Middle marker	1.300 Hz	Ambar	a 200 pies
Inner marker	3000 Hz	Blanca	CAT II DH

### 1.3.9.2 Indicación Auditiva

OM	2 Rayas/Sec
MM	1 raya 1 punto/ .67 sec
IM	6 puntos / sec.

### 1.3.10 GPS Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)

Este sistema se creó el 17 de abril de 1973 cuando el Viceministro de Defensa de Estados Unidos encargó a la Fuerza Aérea, a la Aviación Naval y a la Aviación Militar, el desarrollo de un sistema de navegación al que pudieran acceder todas las Fuerzas Armadas, el cual debía estar basado en los programas iniciados en la Armada y en la Fuerza Aérea.

Entonces en el mes de diciembre de ese mismo año nació el concepto Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y fue creado un grupo de trabajo conjunto dependiente de la Space and Missile System Organization, constituido por miembros

de la Fuerza Aérea, del Ejército, de la Armada, de la Guardia Costera, de la Infantería de Marina, del Servicio Geográfico del Ministerio de Defensa y de la OTAN.

Después de quince años de estudios y pruebas hasta que el año 1988 se inició la fase de establecimiento y evaluación que además fue tratado de forma altamente clasificado y a pesar que fue revelado en su etapa de estudio para aplicaciones civiles, se mantuvo la reserva en los aspectos de funcionamiento tendientes a imposibilitar a un potencial enemigo en caso de conflicto, su utilización o el empleo de contramedidas electrónicas.

Los países de Europa oriental disponen de un sistema similar de navegación por satélite, el que está completamente operativo. Se trata del sistema Glonass, que además está disponible para fines civiles e inclusive ya existen investigaciones para encontrar una compatibilidad entre este y el GPS.

#### **1.3.10.1 Estructura del GPS**

Su estructura se compone de:

- Satélites.
- Sistema de Control en Tierra.
- Receptores de navegación instalados en buques, aeronaves, vehículos y personal.

### **1.3.10.2 Satélites**

Los satélites, cuya cantidad no está precisada (se estima que habrá 21), proveen la información de navegación a los receptores instalados en los móviles. Los satélites conforman un arreglo de seis anillos concéntricos que orbitan la tierra dos veces al día a una altura aproximada de 10,900 MN, inclinados 55° del ecuador. Este arreglo provee una cobertura mundial continua, donde cada satélite transmite sus señales en dos frecuencias. Cada señal es modulada con un código para identificar el satélite y el mensaje de navegación en donde va la información respecto a la operación de satélite.

### **1.3.10.3 Sistema de Control en Tierra**

Tiene por función el seguimiento de los satélites, monitorear y controlar sus órbitas y actualizar los mensajes de navegación de los satélites.

El sistema de control se compone de estaciones monitoras o seguidoras con sus antenas repartidas estratégicamente por todo el mundo y de un centro de control ubicado en una base de la Fuerza Aérea en Colorado, Estados Unidos.

Las estaciones monitorean a los satélites y envían esta información al centro de control, donde se calcula en forma precisa la posición de cada satélite y el error de su reloj (lo que se conoce como efemérides). También calcula en el almanaque cuál es la posición de los satélites; luego, cada 24 horas transmite las efemérides y el almanaque a cada satélite para que actualicen su mensaje de navegación.

#### **1.3.10.4 Equipo de navegación**

Los equipos de navegación (receptores, antenas, etc.) reciben y decodifican las señales de radiofrecuencia enviadas desde los satélites. Esta información es usada para calcular la posición, la velocidad y obtener información precisa de tiempo.

En el receptor es medido el tiempo que demora la señal desde el satélite; multiplicando ese tiempo por la velocidad de la luz se puede determinar la distancia exacta a cada satélite. Calculando la distancia a tres satélites es posible determinar su posición; la velocidad se calcula midiendo la razón de cambio de las señales de radiofrecuencias. Para calcular la posición en tres dimensiones se requiere contar con un mínimo de cuatro satélites.

#### **1.3.10.5 Conceptos básicos de operación**

Cada satélite transmite continuamente su mensaje de navegación en dos frecuencias:

La frecuencia L1 está centrada en 1575.42 MHz y está modulada en un código de precisión (código P) y en un código de adquisición (código C-A).

La frecuencia L2 está centrada en 1227,60 MHz y modulada sólo en el código P. El código P está reservado para usuarios militares que requieren mayor exactitud y un alto grado de protección contra interferencias.

El código C-A es utilizado por cualquier navegante y para ayudar a la adquisición del código P. Proporciona una exactitud más baja en relación al código P y suministra un reloj para la transmisión de los mensajes de navegación de cada satélite.

#### **1.3.10.6 Adquisición de la señal del satélite**

Durante su operación, el equipo de navegación recolecta y almacena en su memoria el almanaque del satélite. Los datos del almanaque normalmente están disponibles cuando se enciende el equipo y da la información acerca de la posición de los satélites.

El operador sólo debe introducir una posición cercana y hora estimada para que el equipo inicie el almacenamiento del almanaque en su memoria. Con esta información, el equipo de navegación determina cuáles satélites son convenientes y rebusca los códigos de éstos.

Cuando el código C-A del satélite está identificado, el equipo automáticamente cambia al código P para obtener el mensaje de navegación y actualizar su memoria.

#### **1.3.10.7 Obtención de la posición**

Esta basada en el principio de calcular las distancias a los satélites. Esto se logra midiendo el tiempo que transcurre desde la emisión de la señal hasta la recepción, el que se multiplica por la velocidad de la luz para obtener la distancia. El punto donde se cortan las distancias es la posición del navegante.

Se debe considerar los errores que deben corregirse, como: Desfase horario entre el satélite y el observador. Efectos atmosféricos tales como retrasos troposféricos y paso de la señal por la ionósfera. Diferencias entre los elipsoides de referencia.

#### 1.3.10.8 Aplicación

Permite la navegación utilizando la constelación **NAVSTAR/GPS** Figura 1.11.

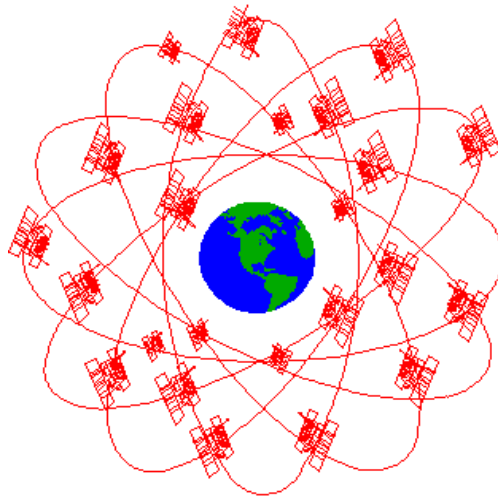


Figura 1.11 NAVSTAR/GPS

El sistema **NAVSTAR/GPS** se basa en la medida simultánea de la distancia entre el receptor y al menos 4 satélites.

El receptor GPS calcula la correlación entre el código recibido y el código del satélite cuya señal pretende detectar, de esta forma:

Se pueden separar las señales de los diferentes satélites.

Y finalmente se obtiene el retardo temporal. Una presentación típica del panel del **GPS** es la siguiente figura 1.12.

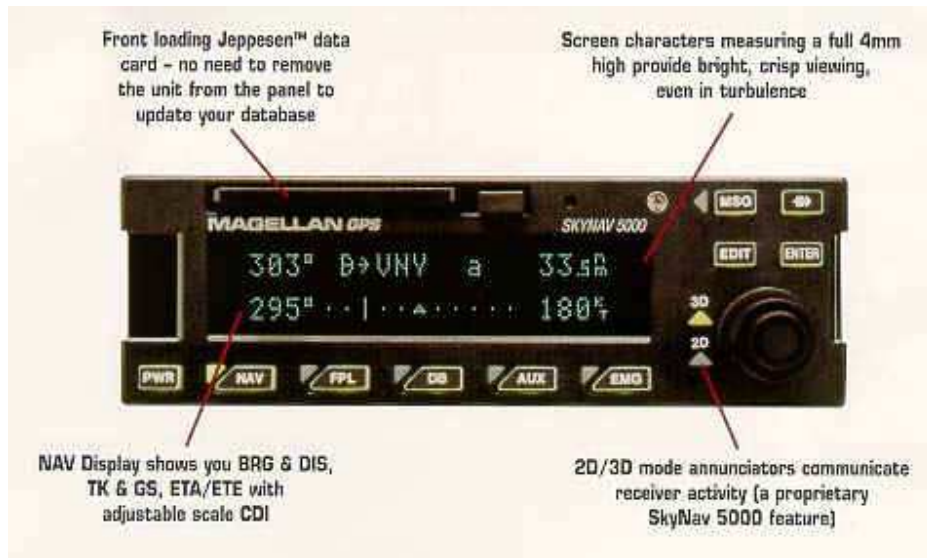


Figura 1.12 Panel del GPS.

#### 1.4. GESTIÓN DE TRÁFICO AÉREO ATM

Comprende la Gestión de las aeronaves que circulan por las rutas aéreas civiles, desde el momento del despegue hasta el aterrizaje en el aeropuerto. Se aplican diferentes normas de funcionamiento para los pilotos según vuelen bajo normas de vuelo visual (Visual Flight Rules, VFR) o bajo normas de vuelo con instrumentos de navegación (Instrument Flight Rules, IFR).

El objetivo primordial de este sistema es ofrecer una eficiente seguridad a las aeronaves, tanto a las que están en vuelo como a aquellas en las inmediaciones del Aeropuerto, mediante el control de todas las rutas aéreas dentro del país,

manteniendo así una constante fluidez en el tránsito de las mismas. Para este servicio se utiliza actualmente un sistema radar que permite captar a las aeronaves en varias millas a la redonda, facilitando notablemente el tráfico aéreo y brindando la mayor seguridad en sus operaciones.

La Torre de control, las computadoras, los sistemas de radar y radio permiten a los controladores dirigir el tráfico aéreo desde la torre de control, sobre todo durante los despegues y aterrizajes.

Los instrumentos de navegación mínimos requeridos bajo VFR incluyen un indicador de velocidad aerodinámica, un altímetro y un indicador de dirección magnético. Las condiciones mínimas de vuelo en el espacio aéreo controlado por radar en áreas de transición requieren una altura máxima de las nubes de 215 m sobre el nivel del suelo y 1,6 km de visibilidad.

Otros requerimientos del VFR en cuanto a visibilidad y distancia de las nubes dependen de la altitud y de si el espacio aéreo está controlado o no. Las áreas de tráfico del aeropuerto abarcan un radio de 8 km y se pueden extender más allá del control de los despegues y aterrizajes en función de los instrumentos de control.

Las zonas de control alrededor de los aeropuertos no tienen límite en su espacio aéreo superior. Las comunicaciones por radio con la torre son necesarias durante el aterrizaje y el despegue.



## CAPITULO II

### TRANSICIÓN DE LOS SISTEMAS CNS/ATM

#### 2.1 ORIGEN DEL CONCEPTO FANS.

En el año 1983, la (OACI) Organización de Aviación Civil Internacional constituyó un comité, denominado FANS, con el objetivo de estudiar los nuevos conceptos que constituyeran el sistema de navegación aérea del futuro.

Tomando en cuenta las limitaciones de los sistemas actuales, las diferentes iniciativas nacionales, las necesidades de armonización exigidas por la aviación civil internacional y, con el propósito de satisfacer la creciente demanda de espacio aéreo, el comité presentó sus conclusiones a principios de los años 90 (OACI, 1991). Entre las aportaciones más importantes, se encuentra la definición del concepto CNS/ATM (Comunicaciones, Navegación y Vigilancia - Gestión de Tránsito Aéreo).

Los Sistemas de Navegación Aérea del Futuro (*Future Air Navigation Systems*, o FANS), hace hincapié en que el día de la navegación aérea y comunicaciones por satélite ya se encuentra en un período de transición. Los nuevos conceptos CNS/ATM (*communication, navigation, surveillance/air traffic management*), es decir Comunicación, Navegación, Vigilancia/Gestión de Tráfico Aéreo, refleja las tres partes de un sistema basado en satélites que es esencial para lograr una navegación aérea con seguridad y una eficiente administración del espacio aéreo optimizándolo a un espacio mas reducido.

## **2.2 IMPORTANCIA**

En primer lugar, la OACI siente la necesidad de que la comunidad aeroportuaria se vuelva más activa en las varias cuestiones tratadas por la OACI. Así, en cualquier asunto al cual la OACI ponga bastante importancia, la ACI debería involucrarse también.

Esto es verdad especialmente con el CNS/ATM, en vista del dominio que la IATA y las aerolíneas han tenido históricamente sobre el asunto.

En segundo lugar, el CNS/ATM es la tecnología aeronáutica del futuro e impactará en los aeropuertos en todos los campos, desde congestión del espacio aéreo y en tierra, a la tasa de aceptación de las pistas y gerencia del flujo en el terminal.

En tercer lugar, los aeropuertos en muchas partes del mundo ya están asumiendo la responsabilidad por las ayudas a la navegación y ciertos elementos del control de tráfico aéreo.

Para concluir, en relación a costos resultarán enormes en la transición de un sistema terrestre a un sistema basado en satélites, especialmente durante el periodo en que los dos sistemas tendrán que funcionar. Es inevitable que se les pedirá a los aeropuertos que compartan en los costos de esta transición, y es claramente de interés para la OACI participar en análisis de costo/beneficio.

## **2.3 DESCRIPCION DE LOS NUEVOS SISTEMAS**

Las descripciones principales del concepto global del sistema CNS, pueden reunirse de la siguiente forma:

### **2.3.1 Comunicaciones**

Con relación a las comunicaciones con aeronaves se utilizarán las comunicaciones de datos y en fonía por satélite con cobertura mundial. Los sistemas tradicionales se mantendrán inicialmente por un periodo de transición hasta que se disponga de comunicaciones satelitales, además utilizará comunicaciones de datos en muy alta frecuencia (VHF) junto con servicios VHF en voz en muchas zonas continentales y áreas terminales. Además se podrá utilizar el enlace de datos del radar secundario de vigilancia (SSR) en Modo S para el Servicio de Tránsito Aéreo (ATS) en el espacio aéreo con gran afluencia aérea.

La Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN) permitirá el intercambio de datos digitales entre sistemas finales, que a su vez proporcionarán información a las tripulaciones de vuelo, controladores de tránsito aéreo, explotadores de aeronaves, etc. mediante enlaces de comunicaciones disímiles aire-tierra y tierra-tierra. El acceso de los usuarios a la ATN se hace mediante cabezas de línea denominadas encaminadores ATN.

Los encaminadores ATN pueden ser del servicio móvil (aeronaves) o del servicio fijo (terrestre). El encaminador ATN selecciona las subredes, terrestres y

aeronáuticas, basándose en necesidades de comunicaciones determinadas por el usuario y en la disponibilidad de la subred.

Esta actividad es transparente para el usuario que, por consiguiente, no necesita saber la zona de cobertura de una subred particular ni modificar los procedimientos de comunicaciones en función de la subred que se estuviera utilizando.

### **2.3.2 Navegación**

Se procederá a la introducción gradual de la capacidad de navegación de área (RNAV), de conformidad con los criterios de performance de navegación requerida (RNP) prescritos por la OACI.

El Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) proporcionará cobertura global y se utilizará para la navegación de las aeronaves y para aproximaciones de precisión. Además, el GNSS podría utilizarse para proporcionar guía de movimiento en la superficie. En la medida que se implemente la navegación por satélite, se retirarán gradualmente los radiofaros no direccionales (NDB) y los radiofaros omnidireccionales en Vhf/equipo radiotelemétrico (VOR) (DME).

#### **2.3.2.1 Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS).**

En la actualidad existen dos sistemas globales de navegación por satélite; el GPS de los EEUU y el GLONASS de la Federación Rusa.

Ambos se diseñaron para fines militares, aunque su uso se ha generalizado para aplicaciones civiles (principalmente del GPS) debido a:

- Gran difusión de las ventajas del GPS desde el comienzo de su desarrollo.
- Amplio mercado de consumo.
- Grandes avances en la tecnología y reducido costo de los receptores.
- En Europa se crea un nuevo programa basado en GNSS (Figura 2.1) que mas adelante se va dar a conocer.

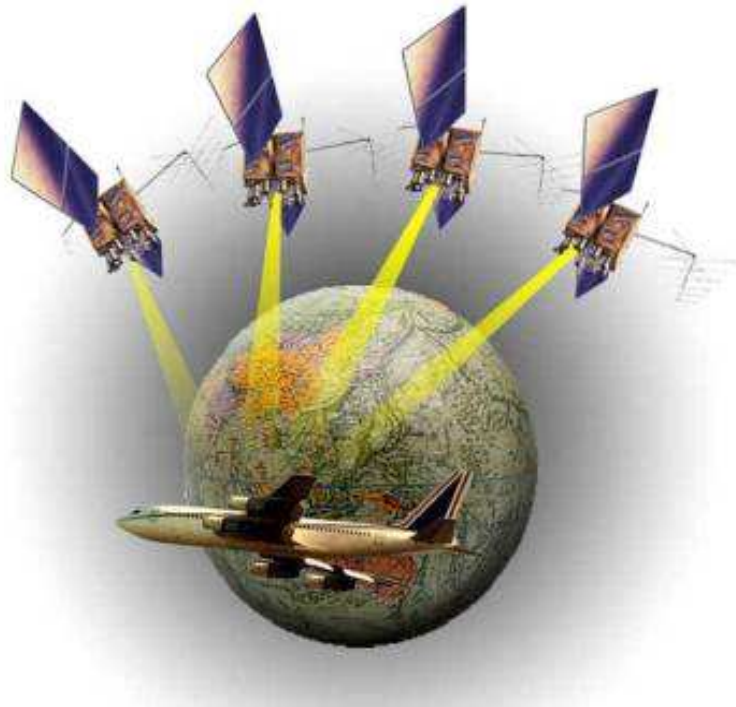


Figura 2.1 Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS)

La estrategia de la OACI ha identificado dos etapas en el proceso de desarrollo del GNSS:

### **2.3.2.1.1 GNSS-1 (2000-2015)**

Aprovecha las constelaciones GNSS existentes (GPS y GLONASS), cuyas prestaciones se incrementarán de manera significativa mediante el uso de los sistemas de aumentación con cobertura regional, ofreciendo capacidad de navegación para todas las fases del vuelo (desde ruta hasta aproximación).

GNSS-1 contempla las siguientes componentes de aumentación regional:

- América: WAAS (Wide Area Augmentation System)
- Europa: EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System)
- Japón: MSAS (Multifunctional Satellite Augmentation System)

### **2.3.2.1.2 GNSS-2 (2015 en adelante)**

Futuro sistema de navegación por satélite bajo control civil internacional, que permitirá el pleno uso del satélite como medio de navegación. Se encuentra todavía en fase de definición.

### **2.3.2.2 PROGRAMA EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (EGNOS).**

La Comisión de la Unión Europea destacó en 1994 la importancia estratégica, económica y política que para Europa supondría contar con un sistema de navegación por satélite. En junio de ese mismo año, los Ministros de Transporte de la Conferencia Europea de Aviación Civil (ECAC/MATSE 4, 1994) propusieron el desarrollo de un componente europeo del GNSS. En diciembre del mismo año, el

Consejo de Ministros de la Unión Europea aprobó una Resolución (European Community, 1994) por la que se instaba a la Comisión a elaborar un Plan de Acción GNSS que pusiera en marcha un Sistema de Navegación para Europa, utilizable por todos los medios de transporte, dedicando fondos financieros específicos para ello.

#### **2.3.2.2.1 Arquitectura del EGNOS.**

En la figura 2.2 puede observarse un esquema de la arquitectura del servicio EGNOS y las aumentaciones que este realiza sobre el GPS y el GLONASS. Ni el GPS ni el GLONASS cumplen con los requisitos necesarios para satisfacer las exigencias de la aviación civil. Por tal motivo, no pueden ser aceptados como adecuados medios de navegación para las distintas fases del vuelo sin complementarlos con una serie de mejoras, conocidas como *aumentaciones*.

Con ayuda de éstas, se pretende ir desarrollando un sistema auténticamente global que cumpla todos los requerimientos necesarios como sistema único de navegación en las diferentes fases de vuelo.

Las aeronaves modernas están cada vez más equipadas para utilizar nuevas técnicas, denominadas generalmente de navegación (RNAV), cuyo empleo es tan apropiado como inevitable ya que facilitan la flexibilidad de las redes de rutas. Por consiguiente, los sistemas CNS/ATM se basan en la disponibilidad de capacidad RNAV a bordo, se ha elaborado un nuevo concepto de vigilancia suficiente, y que emplea concepto de performance de navegación requerida (RNP). La RNP se define

en términos generales como la máxima desviación prevista de las aeronaves con respecto a su derrota asignada, dentro de un cierto margen de probabilidad.

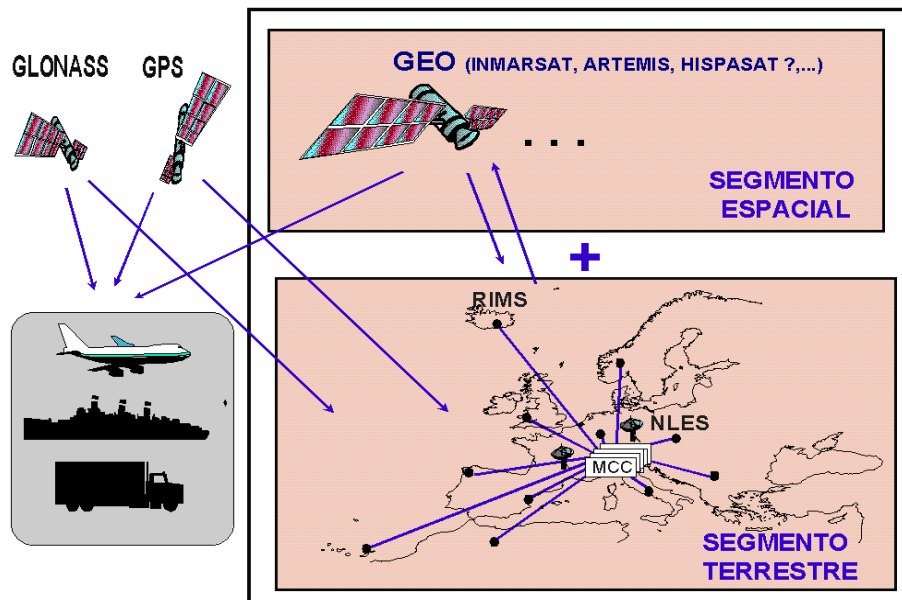


Figura 2.2 Arquitectura del EGNOS

Los sistemas de navegación por satélite proporcionarán navegación independiente, en los que el usuario determinará su posición a bordo a partir de la información recibida de transmisiones radiodifundidas por diversos satélites, brindarán una cobertura mundial altamente fiable, precisa y de gran integridad de forma independiente.

Si bien el concepto RNP permite utilizar simultáneamente más de un sistema de navegación por satélite, desde el punto de vista del equipo de aeronave, resulta esencial contar con una funcionalidad, ya que ésta simplificaría en gran medida el



equipo de aviónica y por consiguiente reduciría los costos. También sería interesante que un sistema pudiera servir de complemento y/o apoyo a otro.

### **2.3.3 Vigilancia**

Se utilizará ampliamente la vigilancia dependiente automática (ADS). En las zonas continentales y en algunas áreas terminales podría constituir finalmente un complemento del SSR. Disminuirá la utilización del radar primario.

La introducción de enlaces aeroterrestres de datos, junto con sistemas de navegación de aeronave suficientemente precisos y fiables, ofrece la oportunidad de proporcionar servicios de vigilancia en zonas que carecen de tales servicios en la actual infraestructura, en particular en las zonas oceánicas y otras en que la implementación de los actuales sistemas resulta difícil, antieconómicas o incluso imposibles. La ADS es una aplicación que ha de ser utilizada por los servicios ATS, según la cual las aeronaves transmiten automáticamente, por enlace de datos, información obtenida mediante los sistemas de navegación a bordo.

Como mínimo, esta información incluye la posición tetradimensional. Se podría proporcionar la información adicional que se considere apropiada. La información ADS podría ser utilizada por el sistema ATC automatizado para facilitar una presentación en pantalla al controlador. Además de las zonas que en la actualidad carecen de información sobre la posición de tránsito que no sea la contenida en los informes de posición proporcionados por el piloto, la aplicación de las ADS resultaría muy beneficiosa en otras zonas, incluidas las de gran densidad de tránsito, en que la

ADS puede utilizarse como servicio auxiliar y/o de apoyo para el radar secundario de vigilancia, reduciendo así la necesidad de radar primario. Además, en algunas circunstancias, pueden llegar a sustituir al radar secundario.

Como ocurre con los actuales sistemas de vigilancia, para aplicar plenamente la ADS se tiene que contar también con comunicaciones orales y/o de datos piloto-controlador en los dos sentidos (orales al menos para comunicaciones de emergencia y comunicaciones no ordinarias).

#### **2.3.4 Administración de tránsito aéreo (ATM)**

El objetivo general de la ATM consiste en que los usuarios de las aeronaves puedan cumplir con las horas previstas de salida y llegada (Figura 2.3) y seguir perfiles de vuelo preferidos con un mínimo de limitaciones y sin que se comprometa el nivel convenido de seguridad.



Figura 2.3. Administración del Tránsito Aéreo

El sistema futuro debe evolucionar a partir del sistema actual de modo de satisfacer las necesidades de los usuarios en la mayor medida posible, aprovechando al mismo tiempo los beneficios potenciales de la aplicación de nuevas tecnologías. Dicha evolución debe orientarse de acuerdo con el principio de mantener una seguridad de separación óptima.

El desarrollo del sistema ATM debe ser evolutivo. Se tiene a veces la tentación de diseñar en una "hoja en blanco" para aprovechar al máximo las nuevas posibilidades que ofrecen la más reciente tecnología. La realidad es que la transición y la integración constituyen los problemas institucionales más difíciles con que se enfrentan los diseñadores del sistema ATM. Es sencillamente impracticable evolucionar de un sistema a otro en fases de tiempo inferiores a varios años.

El diseño de la futura estructura del espacio aéreo, los límites y divisiones del espacio aéreo no deberían impedir la utilización eficaz de las técnicas automatizadas de detección y resolución de blancos, ni tampoco la explotación del equipo de aviónica de tecnología avanzada con que cuentan las aeronaves modernas.

La implementación del concepto global CNS influirá considerablemente en el futuro desarrollo de la administración del tránsito aéreo (ATM). Sin embargo el suministro de la ATM debe considerarse además a escala regional. Está previsto que el concepto ATM se aplique a escala mundial, pero ello se lograría mediante fases de implementación regional variables. La planificación e implementación de funciones

ATM mejoradas debe incluir el examen de sus repercusiones y requisitos en materia de factores humanos.

## **2.4 PLAN DE TRANSICIÓN**

### **2.4.1 Comunicaciones**

El elemento de las comunicaciones de los sistemas CNS/ATM suministra el intercambio de datos aeronáuticos entre los usuarios aeronáuticos. También se usan los sistemas de comunicación en apoyo de funciones específicas de navegación y vigilancia.

#### **2.4.1.1 Flexibilidad**

El elemento de comunicaciones del concepto de sistemas CNS/ATM de la OACI es muy flexible, puesto que parte o la totalidad de sus diversos elementos pueden utilizarse para implementar un sistema completo. Aunque los satélites constituyen un elemento esencial (AMSS), comprende también otras tecnologías de enlace de datos VHF en sus diferentes modos, enlace de datos SSR en Modo S y el enlace de datos HF y el segmento ATS tierra-tierra de la ATN. Entonces tanto, el elemento de comunicaciones aire-tierra puede implementarse utilizando cualquiera, o todos, o una combinación de enlaces de datos por satélites, VHF o SSR en Modo S, todos capaces de interconectarse con cualquier sistema terrestre por medio de los servicios proporcionados por la ATN. Los Estados en los que haya espacio aéreo de mucho tránsito aprovecharán probablemente todos estos elementos, pero en nuestro país se podría implementar el concepto de sistema proporcionando comunicaciones ADS en las que se apliquen solamente las frecuencias VHF.

#### **2.4.1.2 Servicios de comunicaciones previstos**

Las comunicaciones aeronáuticas comprenden:

**a)** Comunicaciones con seguridad y que requieren gran rapidez de respuesta:

**(1)** Las comunicaciones relacionadas con la seguridad a cargo del ATS para ATC, información de vuelo y alerta;

**(2)** Las comunicaciones de control de las operaciones aeronáuticas de los usuarios de aeronaves, que inciden también en la seguridad, la regularidad y la eficacia del transporte aéreo (control de las operaciones aeronáuticas).

**b)** Comunicaciones no relacionadas con la seguridad:

**(1)** Correspondencia privada de los usuarios de aeronaves (comunicaciones aeronáuticas administrativas AAC); y

**(2)** Correspondencia pública (comunicaciones aeronáuticas de los pasajeros).

#### **2.4.1.3 Necesidades permanentes de comunicaciones aire-tierra de voz con base terrestre**

Las comunicaciones de voz con base terrestre seguirán siendo necesarias para el servicio móvil aeronáutico. Dada su escasa demora de transmisión, resultan muy adecuadas cuando se trata de aplicaciones en que se requiere el tipo de

comunicaciones de intercambio rápido y de transmisión breve como, por ejemplo, en el espacio aéreo terminal de gran densidad y en las comunicaciones de emergencia. Habrá una tendencia hacia la implementación de comunicaciones por enlace de datos para muchas funciones, sin embargo se anticipa que las comunicaciones orales se espera utilizar por un buen tiempo en el futuro, principalmente sí se considera el menor costo frente a las comunicaciones satelitales.

#### **2.4.1.4 Dependencia en el intercambio de datos**

Se prevé que el uso de tecnología de intercambio de datos automatizados se expandirá rápidamente a medida que una mayor automatización de sistemas ATM tome lugar. Se reducirá la dependencia de comunicaciones orales y, por último, la voz será utilizada en una emergencia y en situaciones irregulares donde no exista automatización.

#### **2.4.1.5 Bandas de frecuencias Utilizadas**

En la actualidad, se está preparando la puesta en práctica del intercambio de datos con el SSR en Modo S en 1030 MHz y 1090 MHz y se han empezado a utilizar las bandas de 1545 MHz a 1555 MHz y 1646,5 MHz a 1656,5 MHz. Se podría utilizar para los enlaces de conexión con satélites para comunicaciones del servicio aeronáutico la banda de 5 GHz a 5,25 GHz.

#### **2.4.1.6 El papel de las comunicaciones HF**

Las comunicaciones HF del servicio aeronáutico son las únicas que actualmente se usan para los enlaces " transhorizonte ". La fiabilidad de estas

comunicaciones se restringe en parte por la variabilidad de las características de propagación. Las operaciones aeronáuticas están limitadas por ahora a causa de la gama de posibilidades que ofrece el HF. La congestión en HF podría atenuarse utilizando con carácter operacional las comunicaciones por satélite para la notificación de posición ATS como una alternativa.

#### **2.4.1.7 El papel de las comunicaciones VHF**

La banda de frecuencia VHF se utilizan actualmente para las comunicaciones radiotelefónicas del ATS, dentro del alcance óptico. Su excelente fiabilidad de funcionamiento y el número de canales disponibles con la separación de 25 kHz la convierte en base de las comunicaciones para los servicios de seguridad en muchas áreas de control.

La única manera de mejorar sustancialmente la utilización de las comunicaciones en la banda VHF es a través de la introducción de un nuevo sistema de características que permitan el uso más eficiente del espectro en esta banda y la introducción temprana de enlace de datos, sobre esta materia dos sistemas candidatos se tiene en vista que serían: el sistema integrado voz y datos basados en técnicas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), y en casos donde se necesita una solución inmediata se introduzca una canalización de 8.33 khz en la banda, siendo el segundo el empleo de enlace de datos mediante un sistema de acceso múltiple por detección de la portadora.

Las comunicaciones de enlace de datos en VHF (basándose en caracteres) se han utilizado desde hace varios años. Actualmente se están introduciendo aplicaciones ATS que emplean enlaces de datos en VHF y se espera que dicha utilización aumente en el futuro. Se ha comprobado que el empleo del enlace de datos en VHF para aplicaciones ATC reduce la necesidad de comunicaciones en voz y los errores correspondientes. Se están preparando y poniendo en funcionamiento nuevos sistemas con mayor velocidad de transmisión de datos, procesos basándose en bits, compatibilidad ATN, etc.

#### **2.4.1.8 Intercambio de datos por SSR Modo S**

El SSR en Modo S, además de su función fundamental de vigilancia, puede suministrar una subred limitada aire-tierra de doble sentido para intercambiar información ATS entre las aeronaves y las estaciones terrestres.

Este enlace de datos será ínter funcional con los enlaces de datos del Servicio Móvil Aeronáutico por satélites (SMAS) y VHF por medio de la ATN. El enlace de datos SSR en Modo S se utilizará para el ATS en las áreas terminales y en algunas otras partes del espacio aéreo con gran densidad de tráfico.

#### **2.4.2 Navegación**

El elemento de navegación de los sistemas CNS/ATM es el GNSS, el cual es un sistema mundial para la determinación de la posición y de la hora precisa, fiable y continua, mediante la introducción de navegación aeronáutica basada en satélites.



### 2.4.2.1 Sistema coordinado WGS-84

En apoyo de la tecnología en evolución a base de satélites, la OACI adoptó el sistema WGS-84 (figura 2.4) como punto de referencia geodésica común para la aviación civil, con fecha de aplicación el 1 de enero de 1998.

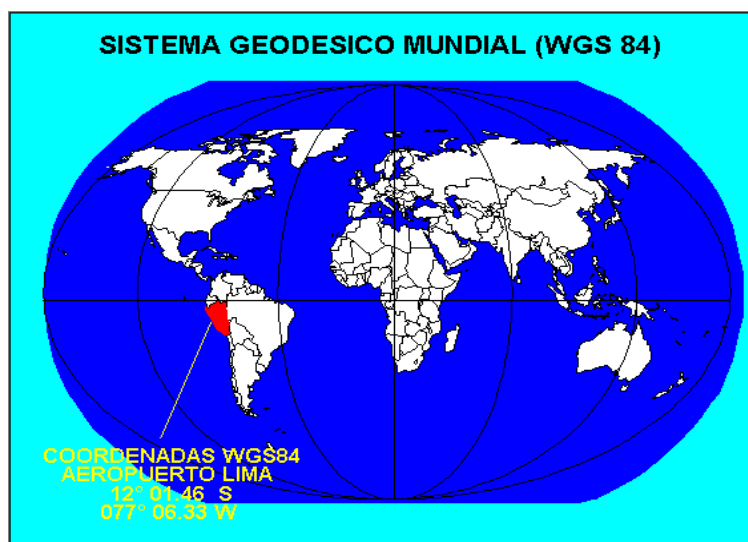


Figura 2.4. WGS-84

### 2.4.2.2 Utilización de los servicios móviles aeronáuticos satelitales

La explotación de la tecnología de comunicaciones por satélite en la futura infraestructura mundial y regional de la navegación aérea constituye la clave de un desarrollo que beneficiará a la aviación en los próximos años.

Se está elaborando una estructura para los servicios de comunicaciones por satélite que permite la integración de los servicios en la medida en que lo permita las comunicaciones para el Control del Tránsito Aéreo, administrativas, personales y aliente la participación de múltiples usuarios desde un sistema de capacidad mínima hasta un complejo sistema multifuncional.

### **2.4.2.3 Sistemas de guía de aproximación y de aterrizaje**

Aún cuando los estudios, ensayos y experimentos sobre el GPS no han finalizado, podía esperarse que el sistema proporcione adecuada información de guía en apoyo de aproximaciones que no fueran de precisión y posiblemente para aproximaciones de precisión.

Las posibilidades de los sistemas satelitales para realizar operaciones para la aproximación y el aterrizaje pueden ser considerados como una alternativa al ILS.

### **2.4.2.4 Navegación en plano vertical**

Se ha llegado a la conclusión de que técnicamente es factible utilizar una separación vertical mínima (VSM) de 1000 FT por encima del FL 290 y que entre tanto cabría implementar esa VSM reducida a nivel regional. Sin embargo, se reconoce que la altimetría barométrica ya no es aplicable a las grandes altitudes, a las cuales operaran las futuras aeronaves multimach. En esos casos, podría tener que utilizarse la medición geocéntrica de la altitud a partir de los sistemas de navegación por satélite.

### **2.4.2.5 Directrices para la transición a los sistemas de Navegación.**

Las directrices para la transición al futuro sistema de navegación deberían estimular el rápido equipamiento por parte de los usuarios, procurando que se obtengan los beneficios del sistema lo antes posible.

Aunque resulte necesario un período de transición durante el cual existirá doble equipo, tanto a bordo como en tierra, afín de garantizar la fiabilidad y la disponibilidad del nuevo sistema, las directrices deberán estar destinadas a reducir al mínimo dicho período en la medida de lo posible.

Las directrices aplicables a los nuevos sistemas de navegación son las siguientes:

- Debería permitirse la utilización del GNSS, en primer lugar como sistema suplementario para aplicaciones en ruta y, posteriormente, como único sistema de navegación para la radionavegación en ruta,
- Convendría que durante la primera parte del período de transición, se utilice el GNSS como sistema suplementario a fin de obtener los beneficios que proporciona en materia de precisión de navegación, ya que tiene cobertura mundial. Más adelante, una vez resueltas las cuestiones relativas a la integridad y después de haber adquirido experiencia, se podría permitir la utilización del GNSS como sistema único.
- La infraestructura terrestre de los actuales sistemas de navegación obligatorios deben seguir estando disponibles durante el período de transición.
- El GNSS sólo puede ser utilizado durante el período de transición, conjuntamente con otros sistemas de navegación aprobados.

- De este modo se proporcionarán incentivos a los propietarios de aeronaves para que las equipen rápidamente con una capacidad de navegación más precisa.
  
- Coordinar sus iniciativas para garantizar que las normas y procedimientos en materia de separación que se apliquen a las aeronaves debidamente equipadas se introducirán casi simultáneamente en cada una de las FIR, por las que se registre una afluencia de tránsito importante.

Esto permitirá una transición fluida a través de los límites FIR.

### **2.4.3 Vigilancia**

#### **2.4.3.1 Radar**

Se conoce como RADAR (Radio Detection And Ranging) la utilización de la energía electromagnética para la detección y la localización de objetos. El radar genera una señal electromagnética que es transmitida al espacio por una antena direccional giratoria, esta señal choca con el objetivo en nuestro caso una aeronave y parte de esa señal regresa a la misma antena.

Entonces se puede determinar la distancia de la aeronave mediante la medición del tiempo que tarda la señal en ir y regresar y el ángulo de la antena con respecto al norte magnético se determina la posición de la aeronave con gran precisión.

#### **2.4.3.1.1 Vigilancia Dependiente Automática (ADS)**

La introducción de enlaces aeroterrestres de datos, junto con sistemas de navegación suficientemente precisos y fiables, ofrece la oportunidad de proporcionar servicios de vigilancia en zonas que carecen de tales servicios en la actual infraestructura, en particular en las zonas oceánicas y otras zonas en que la implementación de los sistemas resulta difícil, antieconómica o incluso imposible.

La ADS es una aplicación que ha de ser utilizada por los servicios de tránsito aéreo (ATS), según la cual las aeronaves transmiten automáticamente, por enlace de datos, información obtenida mediante los sistemas de navegación de a bordo. Como mínimo esta información incluye la posición tetradimensional. Se podría proporcionar la información adicional que se considere apropiada. La información ADS podría ser utilizada por el sistema ATC automatizado para facilitar una presentación en pantalla al controlador.

Además de las zonas que en la actualidad carecen de información sobre la posición del tránsito que no sea la contenida en los informes de posición proporcionados por el piloto, la aplicación de la ADS resultaría muy beneficiosa en otras zonas incluidas las de gran densidad de tránsito, en que la ADS puede utilizarse como servicio auxiliar y/o de apoyo para el radar secundario de vigilancia, reduciendo así la necesidad de radar primario. Además, en algunas circunstancias, puede llegar a sustituir al radar secundario.

Como ocurre con los actuales sistemas de vigilancia, para aplicar plenamente la ADS se tiene que contar también con comunicaciones orales y/o de datos piloto-controlador en los dos sentidos (orales al menos para comunicaciones de emergencia y comunicaciones no ordinarias).

#### **2.4.3.1.2 Vigilancia independiente**

##### **2.4.3.1.2.1 Radar Secundario de Vigilancia (SSR)**

El SSR se utiliza ampliamente en muchas partes del mundo en que los sistemas de vigilancia terrestre de alcance óptico son apropiados. La precisión y eficacia general de la información de posición se perfecciona mediante la aplicación de técnicas de monopulso y/o mediante el uso de antenas de gran abertura vertical. Mejorando el SSR con el modo S, la dirección selectiva y las posibilidades de enlace de datos resaltarán los beneficios del SSR para fines de vigilancia. Se prevé que el SSR en Modo S se empezará a utilizar en algunas regiones a mediano plazo.

También en algunas zonas se emplea el SSR A/C y se prevé que continúe su explotación durante el período de transición CNS/ATM y comience a ser reemplazado por el SSR en Modo S en las áreas de mayor congestión de tránsito aéreo.

##### **2.4.3.1.2.2 Radar Primario**

Aunque el radar primario ya se está utilizando menos, seguirá siendo necesario en aquellas partes del espacio aéreo en que se mezclen aeronaves equipadas con SSR y aeronaves no equipadas con SSR, junto con los servicios

compatibles proporcionados a ambas categorías de aeronaves. Sin embargo, como van disminuyendo las situaciones de este tipo, se reducirá también la necesidad de radar primario.

El radar primario se utilizará aún menos debido a la introducción de la ADS en su función de sistema auxiliar de apoyo del SSR. El radar secundario, mediante el sistema en Modo S y su enlace de datos, y la ADS, mediante las comunicaciones por satélite, tendrán una integridad tal que ya no se justificará el radar primario para los servicios de tránsito aéreo de la aviación civil internacional. Por supuesto, se reconoce que el radar primario seguirá siendo necesario para otros fines, incluida la detección de condiciones meteorológicas.

#### **2.4.3.2 Vigilancia del movimiento en la superficie**

El FANS reconoció que en los aeropuertos de gran actividad, probablemente sería necesario contar con sistemas avanzados de navegación, comunicaciones y vigilancia en la superficie que proporcionaran mayor capacidad que la suministrada únicamente por el radar de movimiento en la superficie.

Actualmente se investigan tecnologías tales como el enlace de datos en Modo S, la navegación por satélite y la ADS, para las cuales no sería necesario ningún nuevo equipo de aviónica a efectos de su aplicación al diseño de sistemas de guía y control del movimiento en la superficie.

### **2.4.3.3 Directrices para la transición**

Las directrices para la transición al futuro sistema de vigilancia deberían estimular la rápida adopción del equipo por parte de los usuarios procurando que se obtengan los beneficios del sistema lo antes posible. Aunque resultará necesario que exista un período de transición durante el cual existirá doble equipo, tanto a bordo en tierra, a fin de garantizar la fiabilidad y la disponibilidad del nuevo sistema, las directrices deberían estar destinadas a reducir al mínimo dicho período en la medida de lo posible.

Las directrices aplicables a los nuevos sistemas de vigilancia son las siguientes:

**a)** Iniciar la elaboración de procedimientos operacionales, para la posible implementación de la ADS dentro del espacio aéreo sujeto a su control.

**b)** Comenzar en primer lugar en los espacios aéreos oceánicos y en los espacios aéreos en ruta continentales con poca densidad de tránsito.

**c)** Coordinar sus iniciativas para garantizar que, allí donde se introduzca la ADS, su implementación se lleve a cabo casi simultáneamente en cada una de las FIR que cuente con una afluencia de tránsito importante.

**d)** Cuando se utilicen métodos de vigilancia distintos en Estados o compatibilidad de sistemas para que el servicio prestado sea transparente a los usuarios.

**f)** Durante el período de transición, después de introducida la notificación de posición ADS, deben mantenerse los actuales niveles de integridad, fiabilidad y disponibilidad de los sistemas de notificación de posición existentes.



**g)** Tomar medidas dentro del marco de la OACI para asegurar que la implementación de los cambios de procedimiento debidos a la ADS y a otros sistemas den como resultado una utilización más eficiente del espacio aéreo.

**h)** Durante la transición a la ADS. las aeronaves debidamente equipadas deberían tener precedencia sobre las aeronaves no dotadas de ADS en lo que se refiere a rutas y espacio aéreo de preferencia.

**i)** La ADS debería introducirse por etapas, en la primera etapa debería introducir la notificación de posición ADS el sondeo de conflictos y el control de la conformidad al plan de vuelo que realiza la ATC, en etapas posteriores cabría introducir una serie mas completa de formatos de mensaje previamente definidos y una mayor automatización ATC.

**j)** El equipo, las normas y los procedimientos ADS deberían elaborarse de manera que permitan la utilización de las ADS como sistema de reserva para otros métodos de vigilancia.

## **2.4.4 Gestión de Tránsito Aéreo (ATM)**

### **2.4.4.1 Objetivos de la ATM**

**a)** El término Gestión del Tránsito Aéreo es usado para describir las actividades relacionadas con la administración del espacio aéreo y del manejo del tránsito, ejecutadas en forma integrada por las autoridades aeronáuticas de cada Estado. Se relaciona con la planificación, organización y uso efectivo del espacio aéreo, así como del movimiento seguro y ordenado de las aeronaves en los espacios aéreos que corresponda.

**b)** El objetivo general de un sistema ATM consiste en que los explotadores de aeronaves puedan cumplir con las horas previstas de salida y llegada y seguir sus perfiles de vuelo preferidos con un mínimo de limitaciones y sin que se comprometa el nivel convenido de seguridad. Para lograr este objetivo, el sistema del futuro debe evolucionar a partir del sistema actual de modo que satisfaga las necesidades de los usuarios en la mayor medida posible, aprovechando al mismo tiempo los beneficios potenciales de la aplicación de las nuevas tecnologías que ofrecen los sistemas CNS, mediante una armonización internacional de las normas y procedimientos ATM.

**c)** Además de aprobar el objetivo general elaborado por el Comité FANS y referido anteriormente, la 10a Conferencia de Navegación Aérea (septiembre de 1991) expresó también que el objetivo principal de la ATM es "acelerar y mantener eficazmente de forma segura y ordenada la afluencia del tránsito, tomando debidamente en consideración los costos de implantación y explotación del sistema".

Los objetivos del futuro sistema ATM se pueden resumir de la siguiente manera:

- a.** Mantener o aumentar el nivel actual de seguridad.
- b.** Aumentar la capacidad del sistema y utilizarla plenamente según sea necesario para satisfacer la demanda del tránsito;
- c.** Incorporar dinámicamente las trayectorias; de vuelo que prefiera el usuario en tres o cuatro dimensiones.
- d.** Dar cabida a todos los tipos de aeronave y de posibilidades del equipo de a bordo.

- e. Dar mejor información al usuario como, por ejemplo, condiciones meteorológicas, situación del tránsito, instalaciones y servicios disponibles.
- f. Mejorar la capacidad de navegación y de aterrizaje para poder realizar procedimientos avanzados de aproximación y salida.
- g. Se hace necesario aumentar la participación del usuario al tomar decisiones en la ATM, recurriendo inclusive al diálogo aeroterrestre de computadoras para negociaciones de vuelo; crear, hasta donde sea posible, un solo espacio aéreo continuo en el que el usuario no perciba las divisiones; organizar el espacio aéreo conforme a las disposiciones y los procedimientos de la ATM; reducir al mínimo las demoras y circuitos de espera en el aire y ajustar la programación de las derrotas 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.

## **CAPITULO III**

### **CAPACIDADES Y LIMITACIONES DE LA TRANSICION**

#### **3.1 INTRODUCCION**

La manera más segura que permite llevar a una aeronave eficiente a su destino exige sistemas eficaces de gestión del tránsito aéreo con apoyo de otras funciones: comunicaciones, navegaciones y vigilancia. La función de Comunicaciones es el intercambio de información en voz y datos, entre las aeronaves y los controladores de tránsito aéreo o los centros de información de vuelo. La navegación indica con precisión la ubicación de la aeronave para sus tripulantes. La Vigilancia indica con precisión la ubicación de la aeronave para los controladores de tránsito aéreo. Se ha dado a estas tres funciones el nombre de sistemas CNS; se las considera como los servicios de apoyo básico de los sistemas de gestión de tránsito aéreo (ATM). Si bien no se trata de funciones nuevas para la aviación, tanto las aeronaves como sus sistemas aviónicos se ha ido perfeccionando.

La tecnología satelital y de computadoras, que evolucionan a un ritmo acelerado, hacen posible en la actualidad adelantos aún más extraordinarios. La eficacia de los servicios de control de tránsito aéreo (ATC) depende de una gran parte de las comunicaciones aeroterrestres y de las capacidades de vigilancia disponibles. Varias zonas del espacio aéreo están cubiertas por comunicaciones aeroterrestres y sistemas de radar fiables. Las comunicaciones de radio de muy alta frecuencia (VH2F) y de radar funcionan eficientemente en línea de vista.

Para distancias largas, en cambio las limitaciones de la propagación de la señal de radio crean problemas. Como consecuencia de esto, numerosas regiones de información de vuelo en todo el mundo dependen de los sistemas basados en procedimientos para controlar el tránsito aéreo, en ciertos casos con poca o ninguna automatización. Esto particularmente cierto en la mayoría de las zonas oceánicas donde no pueden proporcionarse sistemas radar y de comunicaciones VHF para cubrir vastas áreas de espacio aéreo. En cambio se utilizan comunicaciones en voz de alta frecuencia (HF), que no se limitan al alcance óptico pero tiende a desvanecerse por condiciones ionosféricas.

La aplicación de los procedimientos de Control de Tránsito (ATC) procura un nivel adecuado de seguridad aunque a expensas de los perfiles de vuelo y de la capacidad del sistema, que son los más eficaces. En general, los vuelos deben planearse por puntos de recorrido intermedios en vez de utilizar las rutas más directas; además, las oportunidades para modificar los perfiles de vuelo autorizados son muy limitadas. Estos afectan a los costos de explotación de las aeronaves. Los vuelos fuera de la cobertura radar y VHF se controlan actualmente mediante autorización del Control de Tránsito Aéreo (ATC) e información del plan de vuelo en curso, que describe la ruta asignada por la cual se prevé que pasará la aeronave.

Los informes de posición de la aeronave, transmitidos por HF a intervalos relativamente poco frecuentes, permiten que el controlador supervise la marcha de la aeronave y se asegure que ésta se ajuste a la autorización recibida del control de tránsito aéreo.

### **3.2 LIMITACIONES**

Las limitaciones de los sistemas actuales se deben fundamentalmente a tres factores:

- a.- Las limitaciones de propagación de los sistemas actuales de alcance óptico y/o las limitaciones en precisión y en fiabilidad impuestas por la variabilidad de las características de propagación de otros sistemas;
- b.- La dificultad de implantar los sistemas CNS y de hacerlos funcionar de un modo sistemático; y
- c.- Las limitaciones de las comunicaciones en voz y la falta de sistemas digitales de intercambio aeroterrestre de datos para apoyar los sistemas automatizados a bordo y en tierra.

Las limitaciones son inherentes a los sistemas CNS actuales y en consecuencia los problemas no pueden solucionarse a escala mundial, salvo por nuevos conceptos y nuevos sistemas CNS, los cuales apoyarán a su vez los futuros sistemas ATM. La explotación de la tecnología de satélites constituye la única solución viable que superará las limitaciones actuales y satisfará las necesidades futuras a escala mundial en forma eficaz en función de los costos.

### **3.3 BENEFICIOS DE LOS NUEVOS SISTEMAS CNS/ATM.**

Los principales beneficios derivados de la implantación del CNS-ATM son:

- Aumento de la capacidad del espacio aéreo y de los aeropuertos.

- Reducción de demoras.
- Incremento del nivel de seguridad.
- Reducción de los costos de explotación.
- Optimización de la planificación del vuelo
- Disminución de la carga de trabajo del controlador.

La principal aportación del elemento "Navegación" al concepto CNS-ATM, consiste en la transición desde los actuales sistemas terrestres hacia la progresiva utilización del denominado Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), que aportará como beneficios:

- Cobertura mundial, elevada integridad, continuidad y precisión
- Posibilidad de operar en todo el mundo utilizando un solo equipo receptor
- Mayor eficiencia en la utilización del espacio aéreo y de los aeropuertos
- Disminución de costos mediante eliminación de sistemas de navegación terrestres.
- Uso por parte de otros modos de transporte

### **3.3.1 Beneficios del Nuevo Sistema Comunicaciones**

Con las comunicaciones aire/tierra de datos, los enlaces entre los sistemas de automatización terrestres y de a bordo serán más directos y eficaces (figura 3.1). La tramitación y transferencia mejoradas de datos entre usuarios, aeronaves y proveedores de servicios de tránsito aéreo aliviarán los problemas creados por la

congestión del tránsito aéreo, reducirán el grado de ocupación de los circuitos orales ATS, reducirán errores y permitirán el enlace más eficaz entre los sistemas terrestres y los sistemas de a bordo. Este enlace favorecerá el suministro de servicios de administración del tránsito aéreo.

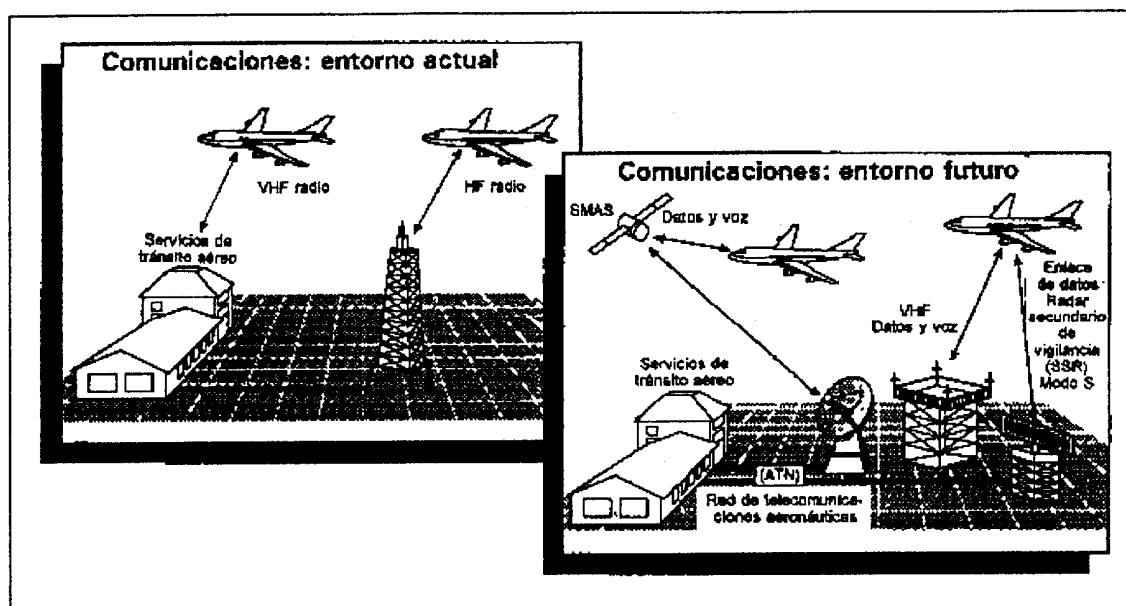


Figura 3.1 Nuevo Sistema de Comunicaciones

### 3.3.2 Beneficios del Nuevo Sistema de Navegación

El GNSS proporcionará un servicio de navegación mundial de alta integridad y precisión que se podrá utilizar como el medio más eficaz de navegación en las operaciones en ruta, en el área terminal, en las aproximaciones y aterrizajes que no sean de precisión y posiblemente en los que si sean de precisión (figura 3.2). Ese sistema se podrá utilizar junto con otros sistemas, por ejemplo, sistemas de navegación inercial (INS) para dar apoyo a los requisitos RNP, y ofrecerá una precisión de navegación de cuatro dimensiones.



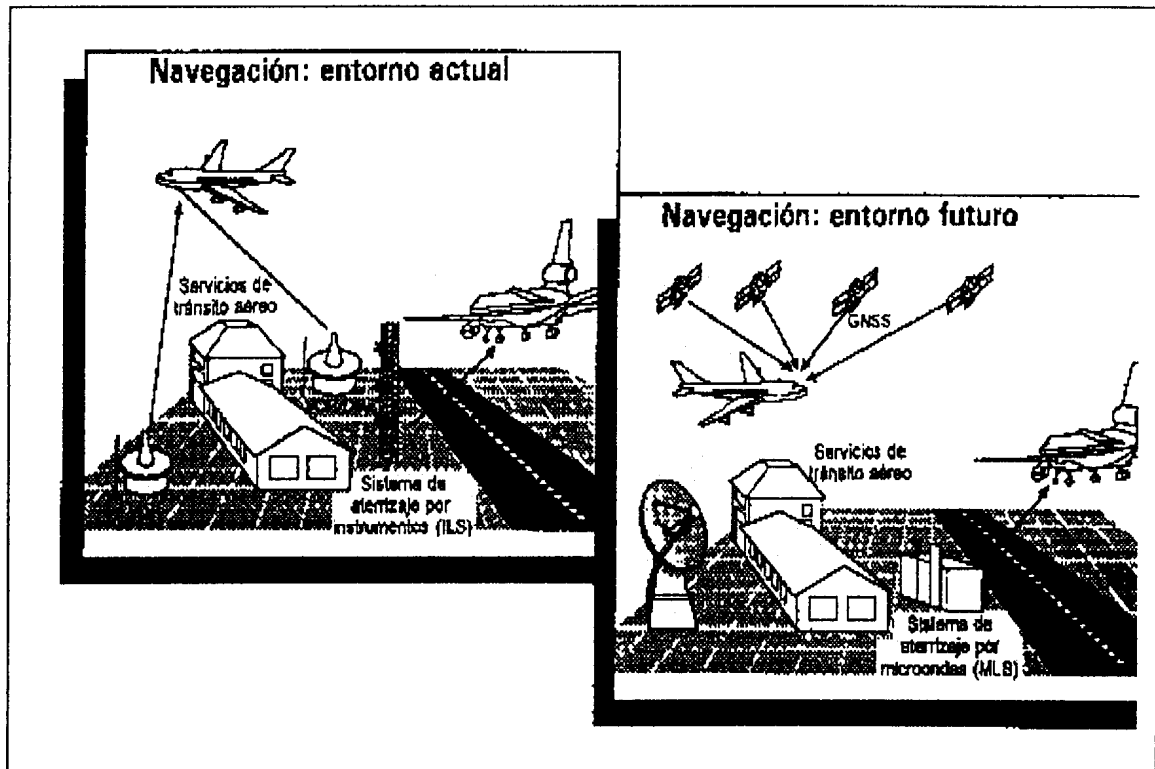


Figura 3.2 Nuevo Sistema de Navegación

En la implementación de este sistema, las aeronaves podrán navegar en todos los entornos del espacio aéreo en cualquier parte del mundo, usando equipo de aviónica de navegación por satélite. Las ayudas para la navegación instaladas actualmente en tierra se utilizarán cada vez menos y es posible que en el futuro sean retiradas, lo que implicaría ahorros significativos. Además, con el nuevo sistema podrán utilizarse pistas que no sean de precisión y tal vez pistas de aproximación de precisión, lo que amplía la perspectiva de contar con servicios de transporte aéreo mejorados en numerosas regiones del mundo. Finalmente, al proporcionar la base de un sistema de guía y control de precisión de movimiento en la superficie, el GNSS permitirá aumentar la capacidad de los aeropuertos.

### 3.3.3 Beneficios del Nuevo Sistema de Vigilancia

En las regiones oceánicas y algunas regiones continentales donde la notificación de la posición es el único medio de vigilancia disponible, la ADS aportará un beneficio importante, desde el punto de vista de la seguridad de los vuelos y de sus gastos de operación. Al utilizarse la ADS con el apoyo de comunicaciones directas piloto-controlador, el actual espacio aéreo con control por procedimientos puede evolucionar hasta que sea posible proporcionar servicios de tránsito aéreo de manera muy similar a la que se ofrece hoy en día en el espacio aéreo con control radar (figura 3.3).

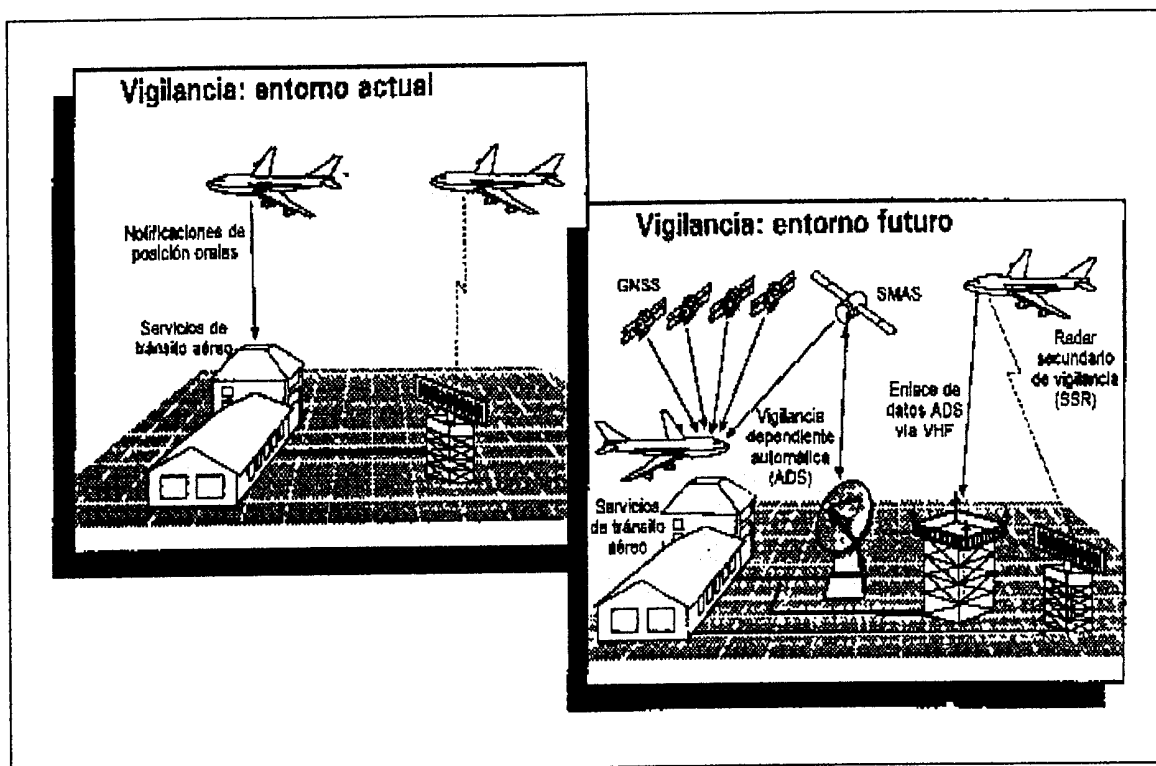


Figura 3.3 Nuevo Sistema de Vigilancia

Además de lograrse notificación de una mejor y más precisa posición de las aeronaves, con el uso de las ADS podrán reducirse las distancias mínimas de separación en el actual espacio aéreo no radar. Con estas reducciones disminuirán las demoras y las desviaciones de las trayectorias de vuelo preferidas y se reducirán los gastos de operación de vuelo en comparación con las operaciones actuales en este segmento del espacio aéreo.

Con las ADS también será posible aumentar la flexibilidad del ATC, permitiendo a los controladores responder de mejor manera a las preferencias de vuelo de las aeronaves. Esta flexibilidad con las operaciones contribuirá a ahorrar en lo que se refiere a gastos por operaciones de vuelo.

#### **3.3.4 Beneficios de la Administración de Tránsito Aéreo**

Con el crecimiento previsto del tránsito aéreo se necesitará el nuevo sistema CNS perfeccionado para mantener un nivel aceptable de eficacia y seguridad. El nuevo sistema CNS exigirá la implementación de procesadores instalados en tierra para servir de apoyo cuando aumente el tránsito. Estos sistemas terrestres beneficiarán a los proveedores de servicios de tránsito aéreo y a los usuarios del espacio aéreo ofreciendo mejor detección y resolución de conflictos, obtención y transmisión automatizadas de autorizaciones libres de conflictos y adaptación rápida a las condiciones fluctuantes de tránsito. En consecuencia, los proveedores de servicios podrán acomodar de mejor manera el perfil preferido de vuelo, reduciendo de este modo los gastos de operación de vuelo y las demoras.

La transición al nuevo sistema CNS debería basarse en mejoras de la ATM y complementarse con cambios en materia de procesamientos y estructuras que beneficiarán a la ATM y a los usuarios.

### **3.3.5 Beneficios para las Aerolíneas**

Con el GNSS, las aerolíneas tendrán capacidad de navegación global, y podrían ser capaces de gozar mayores ventajas de rutas y trayectos de mayor economía de combustible, en cualquier momento (si se permite el llamado “Vuelo Libre” usando trayectos de vuelo flexibles). Las aerolíneas también tendrán tratamiento de datos y intercambio entre aeronaves en vuelo muy mejorados, usando medios tales como la Conexión de Datos Controlador/Piloto (*Controller Pilot Data Link*, o CPDLC), con proveedores de servicios de tráfico aéreo, y también entre aeronaves.

Los operadores de aeronaves también se beneficiarán de una mayor seguridad, que resulta de mejor vigilancia usando Vigilancia Automática Dependiente (*Automatic Dependent Surveillance* o ADS) y detección automática de conflictos.

Está claro que algunos de los beneficios más significativos ocurrirán en áreas con capacidad limitada de navegación basada en tierra, donde no haya una cobertura completa de radar, incluyendo áreas oceánicas, pero también zonas continentales poco pobladas. Pero habrá beneficios hasta en espacio aéreo congestionado equipado con radar, donde se espera que la separación entre aviones pueda reducirse, aun manteniendo o hasta mejorando la seguridad.

### **3.3.6 Beneficios para los proveedores de SNA.**

Los proveedores de servicios de navegación aérea tendrán información sobre la posición del avión con una precisión mejorada, en cuatro dimensiones, especialmente donde la cobertura de radar sea deficiente al presente. Ellos podrán satisfacer mejor las preferencias de perfiles de vuelo de las aeronaves, y también adaptarse con más eficiencia a cambios en la estructura del tráfico.

Si se alcanza un alto grado de estandarización entre los proveedores, esto facilitaría la conectividad entre sistemas de ATC y una transición suave entre regiones de información de vuelo. En la mayor parte de las regiones del globo, esto está lejos de ser el caso al presente, habiendo muchas lagunas y discontinuidades.

### **3.3.7 Beneficios para los Aeropuertos**

Para usos de aproximación y aterrizaje de precisión, las señales del GNSS necesitan aumentación por medio de una señal "diferencial" o de corrección de errores, ya sea en una base regional (por ejemplo el EGNOS planeado para Europa, el WAAS planeado para EEUU) transmitido por satélite, o, para una mejor precisión, en una base local, desde una estación en tierra cerca del aeropuerto.

Es notable que la precisión del sistema (de información sobre la posición), integridad (aviso de falta de confiabilidad), disponibilidad (porcentaje de tiempo en que las señales son de calidad utilizable) y continuidad (disponibilidad sobre todas las fases del vuelo) es muy importante para su uso.

Se dispone de evidencia que los problemas técnicos con el GNSS diferencial pueden ser resueltos. Por ejemplo el Sistema Nacional Diferencial del GPS de Estados Unidos ( NDGPS), ya disponible en zonas costeras, debería proporcionar una precisión de una posición de 1 a 5 metros, y se dará una alarma en 5 segundos cuando la señal del satélite tenga pequeñas fallas y deje de ser confiable.

### **3.3.8 Beneficios para los Operadores Aeroportuarios**

La disponibilidad posible de aproximaciones de precisión en un número mayor de aeropuertos podría atraer algún tráfico de los aeropuertos donde las demoras son comunes.

Mejor secuencia en ruta podría traer los aviones a las áreas terminales de una forma más óptima, por ejemplo evitando seguir aviones grandes y pequeños conjuntamente, y trayendo aviones de acuerdo con su hora de llegada prevista.

Contra esto, un estudio de simulación conducido ya hace mucho tiempo por la FAA, mostró que, dentro de los EE UU continentales, el tiempo ahorrado en ruta puede ser compensado parcialmente por mayores atrasos en el espacio aéreo terminal, esperando por una pista de aterrizaje. Debe recordarse que, por razones económicas, muchos aviones nunca tendrán equipos FANS, y no podrán beneficiarse de la tecnología CNS/ATM.

Mejoramiento de la selección de rutas de llegada o salida preferencial bajo el punto de vista de ruidos.

La posibilidad de creación de nuevas trayectorias de aproximación y salida, que eviten reducciones existentes de capacidad (tales como conflictos con otros espacios aéreos reservados) pueden ser facilitadas por la habilidad de diseñar aproximaciones curvas o trayectorias de salida más complejas.

El mejoramiento de la guía en superficie en los aeropuertos por medio de una vigilancia mejorada de la torre de control podría mejorar la capacidad en el suelo, especialmente en condiciones de mala visibilidad. Aeronaves carreteando podrían ser asistidas por medio de mapas móviles en aviones con equipos apropiados, y hasta podrían utilizar señales GNSS completamente automáticos (se está desarrollando esta tecnología).

Otras aplicaciones para controlar y vigilar el tráfico de vehículos en el área de movimientos podrían mejorar la seguridad, y reducir el riesgo de perturbaciones de las operaciones y de incursiones en la pista y calles de rodaje.

Finalmente, la implementación de los nuevos sistemas de guía basados en el GNSS podría permitir la reducción de sistemas de navegación en tierra, y sus costos asociados.

## **CAPITULO IV**

### **ESTUDIO DE CAMPO E INVESTIGACION**

#### **4.1 PLAN REGIONAL CAR/SAM**

Una vez realizada la investigación se ha podido determinar que los sistemas CNS/ATM requieren de un conjunto de planes como el que encabeza este párrafo.

Uno de los documentos que es necesario para la implantación de los Sistemas de Comunicación, Navegación, Vigilancia y Gestión de Tránsito Aéreo es el plan Regional para las Regiones del Caribe y Sudamérica (CAR/SAM) y el documento complementario a este documento es el Plan de Acción.

Para tener una idea de los límites de las Regiones CAR/SAM se indica en el Anexo A en el que se puede observar estas Regiones.

Una vez reconocido en la década del 80 las limitaciones de los sistemas CNS/ATM por parte de la aviación civil y realizados los estudios correspondientes por parte del Comité Especial FANS concluyeron que las limitaciones de los sistemas actuales eran intrínsecos a los mismos sistemas y restringían la eficaz Gestión del Tránsito Aéreo y entonces solo podrán ser superados por la tecnología satelital.

El grupo Regional CAR/SAM de Planificación y Ejecución (GREPECAS) inicio sus trabajos en Abril de 1991 sobre aspectos del sistema CNS/ATM.



El GREPECAS creó el subgrupo CNS/ATM con los siguientes términos de referencia.

Efectuar una planificación coordinada a nivel Inter e intra - regional, para implantación del sistema CNS/ATM en las Regiones CAR/SAM.

Desarrollar una estrategia de implantación de los elementos del sistema CNS/ATM.

El período estipulado sería hasta el año 2010, con los siguientes períodos:

- Corto Plazo 1993 -1996
- Mediano Plazo 1996 – 2000
- Largo Plazo 2000 - 2010

## **4.2 DEFICIENCIAS DEL SISTEMA ACTUAL EN LAS REGIONES CAR/SAM**

### **4.2.1 CNS Oceánico**

Los sistemas CNS que aun utilizan sobre regiones oceánicas están limitados a coberturas parciales VHF suministradas desde zonas costeras continentales y desde algunas islas, así como a las proporcionadas por las frecuencias HF y frecuentemente, es necesario recurrir a comunicadores intermedios.

La vigilancia ha estado limitada a los informes de posición enviados por los pilotos a través de las comunicaciones VHF y HF.

#### **4.2.2 CNS Continental**

Debido a la presencia de montañas y extensas selvas en la Región CAR/SAM, no solo es difícil sino en ocasiones imposible implantar los actuales sistemas de comunicación, navegación y vigilancia.

#### **4.2.3 Gestión de Tránsito Aéreo**

La ATM aplicada a las Regiones CAR/SAM actualmente presenta los siguientes inconvenientes:

- La falta de instalaciones radar en extensas áreas de la región, no permite reducir las separaciones entre aeronaves.
- La disponibilidad de rutas ATS más directas y/o paralelas se ve restringida por las ayudas para la navegación aérea de fuente puntual.
- Los diferentes criterios de separación aplicados en los límites de las FIR no permite la utilización de los mejores perfiles de vuelo.
- La falta de coordinación en el suministro de los actuales servicios CNS/ATM da lugar en ocasiones a una duplicidad de recursos y servicios.
- La inadecuada calidad de los medios de comunicación y las dificultades idiomáticas generan inconvenientes en el suministro de los Servicios de Tránsito Aéreo.

#### **4.3 COOPERACIÓN TÉCNICA DE LA OACI**

Para que sea todo un éxito la implementación de los nuevos sistemas CNS/ATM necesitamos de la participación y cooperación entre los

Estados/Territorios de la Región. Los altos costos de la implementación de estos sistemas pueden ser disminuidos si se fomentan proyectos de cooperación con la contribución porcentual de los Estados, de manera que se evite la reduplicación de esfuerzos que ha estado ocurriendo.

La necesidad de realizar un estudio detallado de la situación en cada Estado/Territorio para definir, en forma particular, los requerimientos reales que se deben cumplir para concretar la implementación y establecer políticas, es una tarea que bien podría ser desarrollada por medio de un proyecto de cooperación regional a través del Programa de Cooperación Técnica de la OACI.

La experiencia adquirida por la OACI en el correr de los años, prestando asesoramiento y asistencia a los Estados para que cumplan con los SARPS a través del Programa de Cooperación Técnica, incluye también la experiencia en la consecución y el manejo de financiamiento externo para el desarrollo de proyectos.

El objeto del Programa de Cooperación Técnica de la OACI es que la aviación civil funcione de manera segura, eficaz y que responda a las necesidades nacionales e internacionales, de forma que los Estados puedan realizar sus actividades por si mismos y tan pronto como sea posible.

Los instrumentos que ofrece el Programa son ampliamente utilizados en otras regiones ya sea, por medio del desarrollo de proyectos individuales por Estado o por proyectos regionales en el que participan varios Estados. El Programa ha

demostrado ser una herramienta efectiva para el cumplimiento de los Planes Regionales de Navegación Aérea y el fortalecimiento institucional de la aviación civil en general.

#### **4.4 BENEFICIOS ESPERADOS DE LOS SISTEMAS CNS/ATM EN LAS REGIONES CAR/SAM.**

Se pueden lograr beneficios económicos y para el medio ambiente en forma inmediata y significativa. Los costos operacionales asociados con la implantación de rutas basadas en navegación de área (RNAV) y Performance de navegación requerida (RNP), específicamente RNP 10, serán significativas. Se espera que los ahorros proyectados para la vida de la fase de implantación de los sistemas CNS/ATM, sean del orden de los 20.5 millones y 28.2 millones de kilogramos de combustible para el 2015 cuando los sistemas estén totalmente implantados.

Debido a que los beneficios más inmediatos se derivan de flujos de tráfico pre-establecidos, la OACI está analizando 18 flujos de tráfico identificados en el Plan Regional de Navegación Aérea para los sistemas de implantación CNS/ATM.

El propósito de éste análisis es el de eliminar ciertas deficiencias como es el caso de la falta de vigilancia y cobertura de comunicaciones en áreas remotas; identificar requisitos operacionales futuros y hacer el estudio de costo – beneficio para justificar la evolución de la puesta en práctica de los sistemas CNS/ATM.

Desde el punto de vista técnico y operacional, éste proyecto de OACI, que comprende en su primera fase el análisis de flujos de tránsito aéreo, tiene el propósito de eliminar la congestión y mejorar las eficiencias permitiendo que la aeronave siga una trayectoria de vuelo preferida y rutas más directas, así como establecer las bases desde las cuales pueda lograrse la transición a los sistemas CNS/ATM incluyendo su implantación y transición.

Las siguientes fases del programa tienen propósitos operacionales, financieros y administrativos. Para asegurar la precisión del análisis, se establecen puntos de verificación en las rutas registrando el movimiento. La información registrada incluye el origen y destino del vuelo el tiempo sobre el punto de verificación, el tipo de aeronave (de itinerario, pasajeros carga etc.); así como una indicación de si la altitud asignada fue la solicitada. A partir de ésta información se hacen las proyecciones estadísticas de tráfico hasta el año 2015 haciendo posible la identificación de los requisitos a corto o largo plazo así como las soluciones con sus beneficios potenciales económicos y del medio ambiente.

La última fase del proyecto comprende la consolidación de los sistemas CNS/ATM con todos sus elementos, ya que si bien pueden lograrse beneficios inmediatos con el establecimiento de rutas RNAV implantando algunos de los elementos del sistema, la mayor transición hacia los sistemas CNS/ATM será posible solamente con la integración de todos sus elementos, es decir, cuando se puedan reemplazar las ayudas convencionales en las cuales se apoyaron las rutas. Esta fase

asegurará la solidificación de los requisitos ATM y sus servicios conexos CNS en forma regional o sub-regional.

#### **4.5 EL TRÁFICO AÉREO EN LAS REGIONES CAR/SAM**

Las actividades económicas mundiales conocidas como Producto Interno Bruto, aumentaron con una tasa promedio anual del 3,7% desde 1960 a 1995.

El crecimiento de la demanda de transporte aéreo ha ido en aumento inclusive más que el mismo aumento económico, el periodo mencionado anteriormente el tráfico de pasajeros a nivel mundial aumento con un 8.9% y en materia de carga creció a una tasa anual del 11%.

En el futuro se prevé que la demanda de transporte aéreo tendrá un aumento considerable pero esto también dependerá de las condiciones económicas del combustible y en la atención que se preste a los problemas relacionados con la congestión de los aeropuertos y del el espacio aéreo, así como la protección al medio ambiente y el interés de invertir en estos servicios.

Hasta el año 2005 se prevé que el Producto Interno Bruto a nivel mundial aumente a 2,5% de la tasa media anual y que el tráfico mundial aumente a un 5.5% en tanto con el tráfico de carga a una tasa promedio del 7%.

En la Tabla 4.1 se puede encontrar el pronóstico de tráfico aéreo en las regiones mencionadas.

Tabla 4.1 Tráfico aéreo en las Regiones CAR/SAM

<b>AÑO</b>	<b>PRODUCTO INTERNO BRUTO</b>	<b>TRAFICO DE PASAJEROS</b>	<b>TRAFICO DE CARGA</b>
2000-2005	2,9% Anual	4,5% Anual	6,5% Anual

#### **4.6 DESARROLLO AEROPORTUARIO DE LAS REGIONES CAR/SAM**

Una de las primeras soluciones a los problemas actuales de congestión de Tráfico Aéreo es el de la expansión y desarrollo de los aeropuertos existentes en estas regiones (Tabla 4.2) las cuales han sido aprobadas y ejecutadas en su mayoría. Se hace referencia específica a nuestro país.

Tabla 4.2 Desarrollo Aeroportuario en el Ecuador

<b>AEROPUERTO</b>	<b>EXPANSION</b>	<b>DESARROLLO</b>
Mariscal Sucre (Quito)		Nuevo Aeropuerto
Simón Bolívar (Guayaquil)	Ampliación de Pista	Terminal de Pasajeros

#### 4.7 FLUJOS PRINCIPALES DE TRANSITO AEREO

Los flujos más importantes en estas regiones abarcan hasta límites de las mismas hasta colindar con las regiones AFI, EUR, NAM, NAT y PAC, la Tabla 4.3 especifica los principales flujos de Tránsito identificados en las Áreas Homogéneas.

En ocasiones los mismos flujos atraviesan más de un área homogénea se los mencionare únicamente en el área homogénea correspondiente a la dirección del flujo ya sea de Norte/Sur o Este/Oeste.

Tabla 4.3 Flujos principales de Tránsito Aéreo

-1- Área Homogénea (AH)	-2- Flujos de Tránsito	-3- FIR involucradas	-4- Tipo de Área	-5- Observaciones
AH 1	Buenos Aires-Santiago de Chile	Ezeiza, Mendoza, Santiago	Continental bajo densidad	Flujo de tránsito intra-regional SAM
	Buenos Aires-Sao Paulo/Rio de Janeiro	Ezeiza, Montevideo, Curitiba, Brasilia	Continental bajo densidad	Flujo de tránsito intra-regional SAM
	Santiago de Chile/Sao-Paulo/Rio de Janeiro	Santiago, Mendoza, Córdoba, Resistencia, Asunción, Curitiba, Brasilia	Continental bajo densidad	Flujo de tránsito intra-regional SAM
	Sao-Paulo/Rio de Janeiro-Europa	Brasilia, Recife	Continental Oceánica de baja densidad	Flujo de tránsito intra-regional SAM/AFI/EUR



AH 2	Sao-Paulo/Rio de Janeiro-Miami	Brasilia, Manaus, Maiquetía, Curacao, Kingston, Santo Domingo, Port au Prince, Habana, Miami	Continental Oceánica de baja densidad	Flujo de transito intra-regional CAR/SAM/NAM
	Sao-Paulo/Rio de Janeiro-New York	Brasilia, Belem, Paramaribo, Georgetown, Piarco, Rochambeau, San Juan (New York)	Continental Oceánica de baja densidad	Flujo de transito intra-regional CAR/SAM/NAM/ NAT
AH 3	Sao-Paulo/Rio de Janeiro-Lima	Brasilia, Curitiba, La paz	Continental bajo densidad	transito intra-regional SAM
	Sao-Paulo/Rio de Janeiro-Los Angeles	Brasilia, Porto Velho, Bogota Barranquilla, Panamá, América Central, Mérida, México, Mazatlán (Los Angeles)	Continental bajo densidad	Flujo de transito intra-regional CAR/SAM/NAM
	México - Norteamérica	México, Monterrey, Heauston, Miami	Continental Oceánica de baja densidad	Flujo de transito inter-regional CAR/NAM
AH 4	Santiago –Lima - Miami	Santiago, Antofagasta, Lima, Guayaquil, Bogota,	Continental Oceánica de baja densidad	Flujo de transito intra e inter-regional CAR/SAM/NAM

		Barranquilla , Panamá, Kingston Habana, Miami		
	Buenos Aires - Miami	Ezeiza, Resistencia, Asunción, La paz, Porto Velho, Manaus, Maiquetía, Curacao, Santo Domingo, Miami (New York)	Continental Oceánica de baja densidad	Flujo de transito intra e inter- regional CAR/SAM/NAM/ NAT
	Buenos Aires - Miami	Ezeiza, Resistencia, La paz, Porto Velho, Bogota Barranquilla, Habana, Miami	Continental Oceánica de baja densidad	Flujo de transito intra e inter- regional CAR/SAM/NAM
AH 5	Norte de Sudamérica - Europa	Guayaquil, Bogota, Maiquetía , Piarco (NAT- EUR)	Continental Oceánica de baja densidad	Flujo de transito inter-regional SAM/NAT/EUR
AH 6	México - Europa	México, Mérida, Habana, Miami (NAT-EUR)	Continental Oceánica de baja densidad	Flujo de transito inter-regional SAM/NAM/NAT/ EUR
	Centro América - Europa	América Central, Panamá, Kingston, Port au Prince, Curacao, Santo Domingo, San Juan (EUR)	Oceánica de baja densidad	Flujo de transito intra e inter- regional CAR/NAT/EUR

Los gráficos que muestran los principales flujos de tránsito y Áreas Homogéneas y se pueden observar el Anexo B.

Los principales flujos de tránsito aéreo que incluyen grupos de rutas ATS y que están contenidos dentro de las áreas homogéneas identificadas, han sido definidos como aquellas corrientes importantes de tránsito internacional que unen los aeropuertos o áreas terminales de mayor densidad de tránsito en las regiones CAR/SAM y entre estas regiones y las regiones adyacentes. Sería importante recordar que los flujos principales de tránsito no presentan, necesariamente, todos los pares de aeropuertos internacionales y correspondiente rutas ATS los cuales fueron considerados, sin embargo, como los elementos para definir dichos flujos y áreas homogéneas.

Fueron identificados 18 flujos principales de tránsito en las regiones CAR/SAM en base a lo cual se planificó la evolución de la ATM, estableciéndose los requisitos mínimos de comunicaciones, navegación y vigilancia necesarios para satisfacer dicha evolución, tanto a bordo de las aeronaves como los servicios de navegación aérea en tierra.

#### **4.8 EVOLUCION Y TRANSICION**

Al considerar el concepto general del sistema, revisten la mayor importancia las cuestiones que atañen a la evolución y a la transición. Por ejemplo será necesario planificar con esmero para asegurarse de que las aeronaves en el futuro no estén innecesariamente obligadas a transportar una multiplicidad de equipo CNS antiguo y

nuevo. Además existe una relación estrecha entre los servicios CNS requeridos y el nivel conveniente ATM y por último por razones de economía y a la vez de eficacia, es preciso asegurar que las diferencias en el ritmo de desarrollo en el mundo no lleven a la incompatibilidad entre los diversos elementos de los sistemas CNS/ATM.

En particular, debido a la amplia cobertura de los sistemas CNS por satélite, las consideraciones anteriores exigen coordinar juiciosamente la planificación y ejecución a nivel regional y mundial, con objeto de lograr la aplicación óptima de esos sistemas.

## **4.9 IMPLANTACION REGIONAL DE LOS SISTEMAS CNS/ATM**

### **4.9.1 Comunicaciones**

Como se mencionó anteriormente las Comunicaciones con aeronaves serán efectuadas solamente por transmisiones digitales, e incluyen tránsito aéreo, transmisión de mensajes en comunicaciones de compañía, etc. Los resultados esperados por la implantación se puede observar en el Anexo C.

***Nota:** Estos sistemas ya están en uso en algunas regiones más desarrolladas tecnológicamente (Norte América, Europa), y serán introducidos gradualmente en las demás regiones.*

### **4.9.2 Navegación**

La navegación estará basada en el sistema GNSS (Global Navigation Satellite System, ó Sistema Global de Navegación por Satélite). Este sistema que fue

implementado por Estados Unidos, y será expandido por intermedio del sistema ruso GLONASS. Podemos observar la implantación esperada respecto a Navegación en el Anexo D.

***Nota:** La mayoría de los pilotos privados ya están utilizando el GPS (Global Positioning System, ó Sistema Global de Posición) en forma informal, con pequeños aparatos que pueden comprarse por unos pocos centenares de dólares. GPS es el elemento básico del GNSS. El sistema puede ser “aumentado”, o sea, su precisión puede ser aumentada por medio de una estación terrestre que se colocaría cerca de un aeropuerto. Este sistema se llama LADGPS (Local Area Differential GPS, o Diferencial de Area Local GPS) o LAAS (Local Area Augmentation System, Sistema de Aumentación de Area Local). Esa estación corregiría las informaciones proporcionadas por los satélites, aumentando dramáticamente la precisión del sistema.*

#### **4.9.3 Vigilancia**

La vigilancia es la manera correcta a seguir para que el controlador pueda verificar la separación correcta entre aeronaves, gerenciar el espacio aéreo y asistir al piloto en su navegación. Se Puede observar los resultados esperados en el Anexo E.

Está basado en 3 sistemas:

**a) ADS.** (Automatic Dependent Surveillance, ó vigilancia automática dependiente)

**b) SSR Mode S** (Secondary Surveillance Radar Mode S, o radar de vigilancia secundario modo S)

**c) ACAS** (Airborne Collision Avoidance System, o sistema para evitar colisiones instalado a bordo).

***Nota:** Al igual que el componente "Comunicaciones", estos sistemas serán introducidos gradualmente a nivel mundial. El sistema más cerca de ser implementado es el SSR modo S. El sistema ACAS solo funcionará entre aviones que estén debidamente equipados.*

#### **4.9.4 ATM - Air Traffic Management (Gestión del Tráfico aéreo)**

Es el sistema más recomendable para el uso de las rutas y altitudes de vuelo preferidas, sin comprometer el nivel de seguridad. Para poder visualizar la implantación de este sistema lo haremos en el Anexo D.

***Nota:** ATM será introducido gradualmente a nivel mundial. Para el momento, solo en Estados Unidos se efectuará su implementación en un futuro próximo.*

## **4.10 EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA FINANCIERA**

La evaluación no es más que reconocer la infraestructura actual bajo los siguientes aspectos.

### **4.10.1 Comunicaciones**

Se debe realizar un catastro sobre las actuales comunicaciones que estén destinadas a servir la ruta bajo estudio, para lo cual se debe indicar por tramos correspondiente al FIR respectivo.

### **4.10.2 Navegación**

Se refiere a detallar las rutas en uso actualmente y que estarían en la posibilidad de ser reemplazadas por la ruta de estudio separada por FIR.

### **4.10.3 Vigilancia**

Se debe detallar el tipo de servicio ATC que se provee en las rutas incluyendo el tipo de separación aplicada.

### **4.10.4 ATM**

De igual forma se determinara la situación actual en las rutas en cuestión haciendo especial énfasis en las coordinaciones entre FIR adyacentes la aplicación de separaciones y el manejo de situaciones de conflicto.

#### **4.11 EVALUACION FINANCIERA**

El objetivo de esta evaluación es el de distinguir los flujos puros del proyecto respecto de los flujos financiados con aportes propios o de terceros vía préstamos o cualquier modalidad de pasivos de largo plazo.

Para ejecutar y poner en operación el proyecto, se requiere de recursos suficientes. De aquí la necesidad del estudio financiero, pues es indispensable evaluar las distintas alternativas de financiamiento en cuanto a métodos o fuentes disponibles y la elección de la fuente de financiamiento, es necesario considerar todas las alternativas posibles.

Se debe realizar la selección del financiamiento, conociendo el monto y los momentos en el tiempo en que los fondos se precisarán, para ello es necesario sistematizar los costos e inversiones del proyecto, como los eventuales ingresos que pueden generar en el tiempo.

De manera general, los fondos para el financiamiento de este tipo de proyecto, pueden provenir de fuentes internas de los países o gobiernos o fuentes externas de ellos. Las fuentes internas son los excedentes no distribuidos y los cargos por depreciación de activos e instalaciones fijas del sistema de navegación aérea. Las fuentes externas la constituyen los bancos y el mercado de capitales, donde se recurre a la obtención de préstamos de diversos tipos y a la búsqueda de aportes de capitales que pueden tomar variadas formas, de acuerdo a la estructura de financiamiento del proyecto.



Cuando se trata de elegir entre las distintas fuentes alternativas del financiamiento, es conveniente distinguir entre capital propio y préstamos, el problema se plantea en elegir entre estas dos clases de financiamiento; es indudable que la inversión inicial es la que presenta los mayores problemas de financiamiento, por lo que los mayores esfuerzos de análisis deben referirse a este aspecto.

En un análisis financiero, es importante el cálculo de los intereses por los préstamos que se puedan obtener para financiar la inversión inicial. La proporción en que se empleará las dos clases de financiamientos, recursos propios y préstamos, dependerá de:

- Las relaciones entre la tasa del interés sobre el préstamo, y
- La tasa de retorno del proyecto, es decir el costo de capital.

#### **4.12 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

Los estudios económicos efectuados demuestran que la mayoría de los beneficios y CNS/ATM dependen de la cantidad de tráfico atendida por el sistema.

En consecuencia, la relación costo - beneficio puede ser una función de volumen de tránsito, calendario de inversiones y/o coordinación entre proveedores y usuarios, haciendo necesario incorporar un análisis de sensibilidad del caso proyecto.

Los parámetros más importantes para ser considerados en el análisis de sensibilidad variarán entre un caso de proyecto y otro. Sin embargo, los siguientes factores generalmente son aceptados como los de mayor impacto.

- Crecimiento de tráfico en términos absolutos.
- Aumento de capacidad lograda por el proyecto.
- Mejoramiento de eficiencia desde el punto de vista de la demora media.
- Costo del sistema ATM (terrestre y aéreo), particularmente costo de inversión.
- Costo unitario de aviónica.
- Costos operacionales directos de los usuarios.
- Tasa de descuento.
- Ciclo de vida del proyecto.

#### **4.13 TABULACION SOBRE LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS CNS/ATM EN LA AVIACION COMERCIAL DEL PAIS**

Para realizar la siguiente fabulación realice la visita a los aeropuertos de Quito y Guayaquil por considerarlos de mayor importancia dada a su gran afluencia de pasajeros y carga.

En primera instancia indicare en la Tabla 4 el nombre de las compañías que mas importantes que operan en nuestro país:

Tabla 4.4. Compañías más importantes que operan en el Ecuador

<b>NÚMERO</b>	<b>NOMBRE DE LA COMPAÑÍA</b>	<b>NACIONALIDAD</b>
1	Tame	Ecuatoriana
2	Icaro	Ecuatoriana
3	Aerogal	Ecuatoriana
4	Vip	Ecuatoriana
5	Saero	Ecuatoriana
6	Aeroaustro	Ecuatoriana
7	Lacsa	Costa Rica
8	Taca	Peruana
9	Aerocontinente	Peruana
10	Lan Chile – Lan Ecuador	Chilena
11	American Airlines	EE. UU.
12	Continental Airlines	EE. UU.
13	Santa Bárbara	Venezolana
14	Avianca	Europea
15	KLM	Europea
16	Iberia	Europea

El entorno geográfico y las características climatológicas del país han demandado la ubicación de radioayudas, vigilancia radar y comunicaciones en zonas geográficas estratégicamente identificadas, con respecto a las cuales se

dispone de un sistema nacional de radio-ayudas para la navegación aérea ,  
compuesta de:

- 31 equipos no direccionales NDB.
- 16 equipos de precisión y largo alcance VOR, los cuales tienen asociado un Equipo Medidor de Distancia DME.
- 7 Sistemas de Aterrizaje por Instrumentos conocidos como ILS.
- 2 Sistemas Radar ubicados en los aeropuertos de Quito y Guayaquil.

La renovación e integración de equipos busca tener una proyección garantizada para los próximos 10 años o quizás mucho más tiempo.

Los radares de la Fuerza Aérea Ecuatoriana están destinados al control y vigilancia militar cubriendo todo el espacio aéreo. Si estos equipos se integran con los radares de la Dirección General de Aviación Civil habremos alcanzado la cobertura radar al tráfico civil y militar que utiliza nuestro espacio aéreo.

#### **4.14 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS CNS/ATM EN EL TERRITORIO ECUATORIANO**

Pese a realizar exhaustivas investigaciones en todas las compañías antes mencionadas se logro determinar que los sistemas CNS/ATM en nuestra aviación se encuentra todavía en un periodo de transición el cual debe finalizar en el año 2010

tiempo en el cual todas las regiones de las conocidas CAR/SAM de la cual es participe nuestro país deberá cumplir con los requisitos Técnicos – Operacionales necesarios y exigidos por la OACI.

Cabe recalcar que para la puesta en marcha de los sistemas CNS/ATM se debe considerar factores adicionales como capacitación del personal que será el encargado de llevar a efecto la aplicación de estos sistemas.

Otro de los factores el económico ya que representa una gran inversión por parte de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) y además se debe analizar si esa inversión es rentable para la DGAC. Además la utilización de nuevos sistemas aviónicos abordo y en tierra tiene un costo elevado que demora la transición y por lo que se requiere de una gran inversión.

La necesidad se hace cada vez mas grande a medida que nuestra población y el comercio nacional e internacional crece de la mano con el tiempo.

Dado a los factores anteriormente indicados son aquellos los que limitan aun la aplicación de la tecnología satelital con sus sistemas CNS/ATM en nuestro país, pero no todo esta estancado porque según la DGAC específicamente en el Radar de Monjas esta a punto de entrar en vigencia una tipo de tecnología conocida como Red Digital (REDDIG), lo que permitirá un mejor enlace de comunicaciones a través de satélites.

Cabe aclarar que el Ecuador arrienda parte de un satélite conocido con el nombre de Intel 7 y cuando quiere hacer contacto internacional lo hace a través de 2 canales de los cuales son dueños Perú y Colombia respectivamente.

Se debe considerar que la densidad y la complejidad del tránsito aéreo esta llegando a un punto en el cual ya no es posible la utilización de los sistemas actuales no radar, por tal razón se ha decidido la integración de los radares de Quito y Guayaquil en conjunto con la Fuerza Aérea a fin de incrementar la cobertura del control radar en nuestro territorio y parte de sus aguas en un proyecto denominado SINDACTA y que se encuentra en plena ejecución.

Una buena noticia para el País es el hecho de que el aeropuerto de Guayaquil esta haciendo todo lo posible para adquirir un moderno radar inclusive mas sofisticado que el radar de Monjas de Quito.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Al finalizar esta investigación y una vez conciente del estado de los sistemas actuales y sistemas que a futuro se desea implantar concluyo:

- a.** Nuestra Industria Aeronáutica debería ser una de las más competitivas a nivel nacional e internacional ya que tiene el personal técnico-operacional y administrativo con la suficiente experiencia y empeño que podrían hacer de esta Industria una de las mejores de Latinoamérica.
- b.** El CNS/ATM de la OACI es un nuevo sistema mundial de alta precisión y fiabilidad para la aplicación a comunicaciones, navegación, vigilancia y gestión de tránsito aéreo, basado en tecnología satelital.
- c.** El mayor inconveniente que tiene la transición de los Sistemas Tradicionales a las nuevas tecnologías CNS/ATM es el aspecto económico ya que la implantación de estos sistemas requiere de enormes inversiones para la DGAC (Dirección General de Aviación Civil).
- d.** Los sistemas CNS actuales sufren de serias limitaciones ya sea por transmisión en línea de vista ya que esta es obstruida fácilmente por las accidentes geográficos que por cierto en nuestro país existen en buena magnitud.

- e. Se debe analizar muy detalladamente este proyecto para definir herramientas útiles que ayudarán a un mejor desarrollo del CNS/ATM.
- f. La etapa de transición hacia el CNS/ATM no se puede hacer al mismo tiempo en todos los países ya que esto depende de la capacidad en las que se encuentre cada país y los niveles de sofisticación de cada uno de ellos.
- g. Se espera que las comunicaciones con las aeronaves se efectuaran cada vez más a través de Enlace de Datos Satelital.
- h. Con respecto a la navegación la OACI adopto el concepto de Performance de Navegación Requerida, se estima que tal capacidad de navegación podría satisfacerse con la implantación del sistema conocido como Sistema Mundial de Navegación por Satélites (GNSS).
- i. Para la vigilancia ya se encuentra en pleno desarrollo la Vigilancia Dependiente Automática (ADS) por la cual la aeronave transmite automáticamente datos como: Posición, Velocidad, Altitud y condiciones metereológicas de las rutas y otras mediante el uso de satélites o por medio de otros enlaces de comunicación y de daos satelitales hacia un centro de Control de Tránsito Aéreo.
- j. En la Gestión de Tránsito Aéreo permiten tomar en cuenta los elementos actuales del actual sistema de los servicios de Tránsito Aéreo, así como los principios de



organización, los requisitos operacionales y los criterios de planificación básicos operados por las Regiones CAR/SAM (Caribe y Sudamérica).

- k.** Aparentemente el espacio aéreo tiene un área infinita para que se realice el Tráfico de aeronaves, pero en realidad debido a la creciente demanda de este medio de transporte se encuentra a punto de saturarse.
  
- l.** Con la implantación de los sistemas CNS/ATM se logrará reducir el trayecto de destino de las aeronaves y lógicamente el tiempo de vuelo, resultando entonces en un ahorro de combustible el cual tiene un precio elevado.
  
- m.** Los sistemas e instrumentos actuales que utiliza las aeronaves para sus operaciones en vuelo se van a ir cambiando progresivamente y no se descartarán hasta lograr la aplicación en su totalidad de los nuevos sistemas CNS/ATM.
  
- n.** Así como los costos de implantación de los sistemas CNS/ATM son muy elevados sin embargo se debe pensar en los beneficios que resultaría de esta implantación tanto económica y técnica.
  
- o.** El aumento del Flujo en la Transportación aérea y por la complejidad en el control aéreo hace que la carga laboral de los controladores de Tráfico se incremente.

- p. Nuestro país proporciona los servicios de control de Tránsito dentro del FIR Guayaquil a través de Servicio a la Navegación Aérea, que comprende la totalidad del territorio continental y sus aguas jurisdiccionales
  
- q. La Dirección General de Aviación Civil brinda toda la seguridad necesaria dentro de las operaciones de vuelo y abastece de todos los servicios de Tránsito Aéreo en todo el país.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- a. Se debería dar continuidad a la puesta en marcha del plan de transición de los sistemas CNS/ATM para cumplir con los plazos estipulados por la OACI.
  
- b. Capacitar al personal técnico – administrativo de la DGAC (Dirección General de Aviación Civil) y de la FAE (Fuerza Aérea Ecuatoriana), para conseguir un mejor rendimiento en la utilización de los sistemas de Comunicación, Navegación, Vigilancia y Gestión de Tránsito Aéreo.
  
- c. Se debería tomar en cuenta que la utilización de esta nueva tecnología no va ser de inmediato sino que existirá un período en el cual funcionaran los sistemas actuales en conjunto con los sistemas CNS/ATM.
  
- d. La aplicación de los sistemas CNS/ATM se recomienda realizar gradualmente y con redundancia hasta conseguir el máximo de eficacia en su utilidad y que garantice una estricta seguridad en la circulación de aeronaves.

- e. Se recomienda considerar la posibilidad de separar el tránsito según la capacidad de navegación y otorgar rutas preferentes a aquellas aeronaves que disponen de capacidad de navegación más precisa.
  
- f. Procurar la consecución de los objetivos esperados con la implantación de los nuevos sistemas CNS/ATM para bien de toda la comunidad aeronáutica y sus usuarios.

## **GLOSARIO DE ACRONIMOS**

AAC	Comunicaciones Aeronáuticas Administrativas
ACAS	Sistema Anticolisión de a bordo
ADF	Buscador de Dirección Automática
ADS	Vigilancia Dependiente Automática
ATC	Control de Tránsito Aéreo
ATM	Gestión de Tránsito Aéreo
ATN	Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas
ATS	Servicio de Tránsito Aéreo
CAR	Región de Información Caribe
CNS	Comunicación, Navegación, Vigilancia
COM/NAV	Comunicación/Navegación
COCESNA	Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea
DGNSS	GNSS Diferencial
DME	Equipo Medidor de Distancia
EGNOS	Servicio Complementario de Navegación Geoestacionario Europeo
FANS	Comité Especial sobre Sistemas de Navegación Aérea del Futuro
FIR	Región de Información de Vuelo
GEO	Satélite Geoestacionario
GLONASS	Sistema Mundial de Navegación por Satélite Federación Rusa
GNS	Sistema de Navegación Mundial
GNSS	Sistema Mundial de Navegación por Satélite
GPS	Sistema Mundial de Determinación de la Posición EE.UU.
GREPECAS	Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM
HF	Alta Frecuencia
IATA	Asociación del Transporte Aéreo Internacional
IFR	Reglas de vuelo por Instrumentos
ILS	Sistema de Aterrizaje por instrumentos
INS	Sistema de Navegación Inercial
LF	Baja Frecuencia

MF	Media Frecuencia
NDB	Radio Faro no Direccional
NDGPS	Sistema Nacional Diferencial del GPS de Estados Unidos
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
PSR	Radar Primario de Vigilancia
RNAV	Navegación Aérea
RNP	Performance de Navegación Requerida
SAM	Sudamérica
SAR	Búsqueda y Salvamento
SSR	Radar Secundario de Vigilancia
SMAS	Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite
STOL	Despegue y Aterrizaje Corto
TDMA	Acceso Múltiple por División de Tiempo
UHF	Ultra Alta Frecuencia
VFR	Reglas de Vuelo Visual
VHF	Muy Alta Frecuencia
VOR	Radio Faro Omnidireccional VHF
VSM	Separación Vertical Mínima
VTOL	Despegue y Aterrizaje Vertical
WASS	Sistema de Aumentación de Área Amplia
WGS-84	Sistema Geodésico Mundial 1984

## BIBLIOGRAFÍA

<http://www.icao.int/icao/en/ro/nacc/meetings/2002dcacar1/cardca1-ne16APNa.pdf>

<http://www.dgac.gov.ec/DACHistoria.html>

[http://www.sct.gob.mx/prog\\_sectorial\\_01\\_06/pg\\_siglas.html](http://www.sct.gob.mx/prog_sectorial_01_06/pg_siglas.html)

<http://www.dgac.gov.ec/radares.htm>

<http://www.dgac.gov.ec/PAG.%20WEB%20ATS.htm>

[http://www.icao.int/icao/en/ro/nacc/ccardca4/ccardca4\\_ne\\_15.pdf](http://www.icao.int/icao/en/ro/nacc/ccardca4/ccardca4_ne_15.pdf)

<http://www.transportes.gov.br/bit/estudos/iirsa/textos/52--58aerea.pdf>

[http://www.icao.int/icao/en/ro/nacc/ccardca4/ccardca4\\_ne15.pdf](http://www.icao.int/icao/en/ro/nacc/ccardca4/ccardca4_ne15.pdf)

<http://www.acilac.org/espanol/noticias/Aerpcnsatm.htm>

<http://www.icao.int/icao/en/ro/nacc/meetings/2003/carwg3/carwg3/carwg3ne04.pdf>

<http://www.acilac.org/español/noticias/Datoscnsatm.htm>

<http://www.aerocivil.gov.co/CNSATM/>

<http://www.aerocivil.gov.co/Comunicados/Boletin%20No.%20022.doc>

<http://www.onu.cu/uunn/oaci/revista/sistema%20de%20navegacion%20B3n%20CNS-ATM:htm>

Enciclopedia 2004 ENCARTA Multimedia

OACI. Octubre 1998. Plan Regional CAR/SAM, para la Implantación de los Sistemas CNS/ATM, Documento 1.

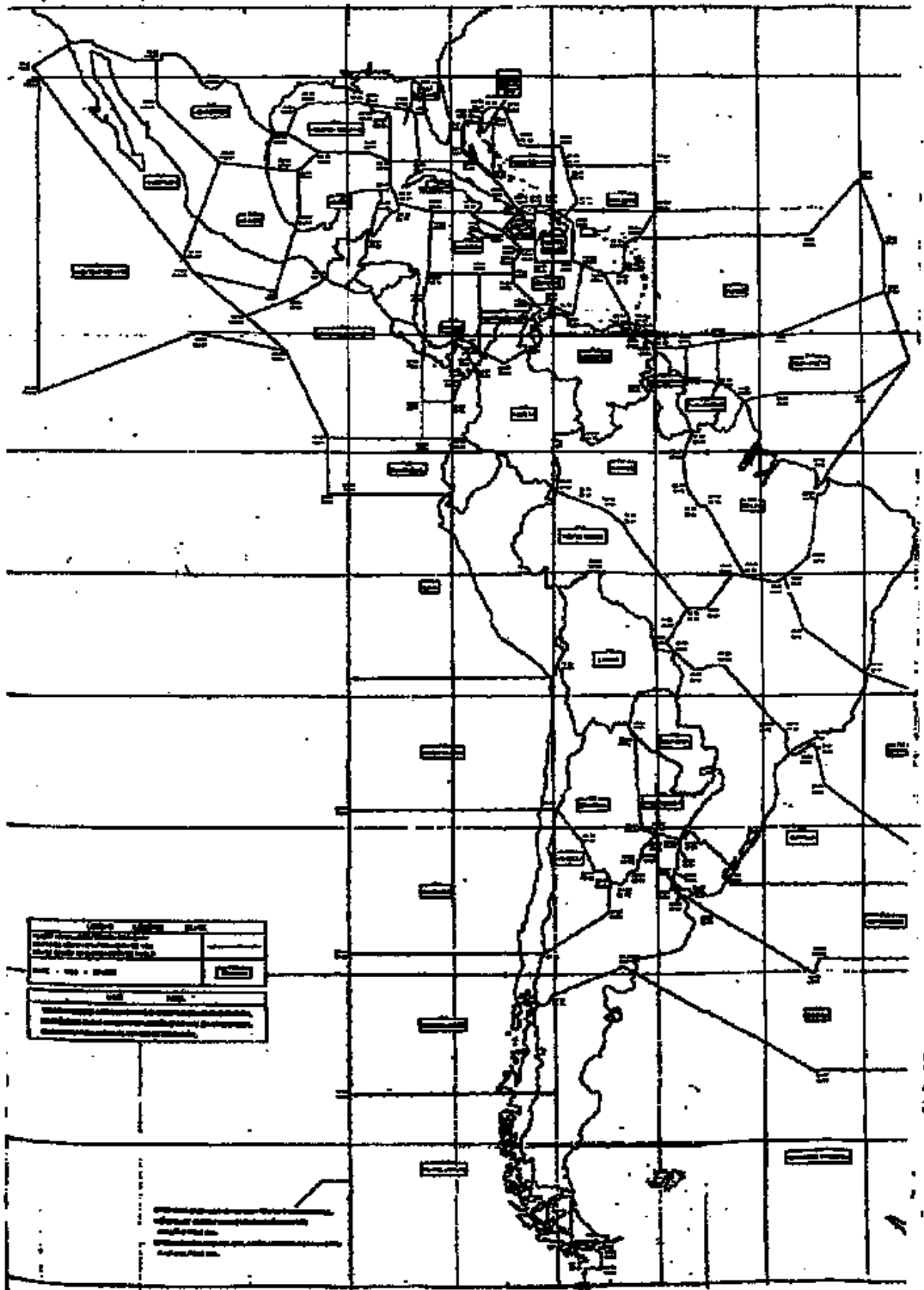
OACI, Octubre 1998, Plan de Acción CNS/ATM para las Regiones CAR/SAM, Documento 2.

ETAC-TRAINAIR. Julio 1998. Seminario Taller CNS/ATM 02C.

# ANEXOS

# ANEXO A

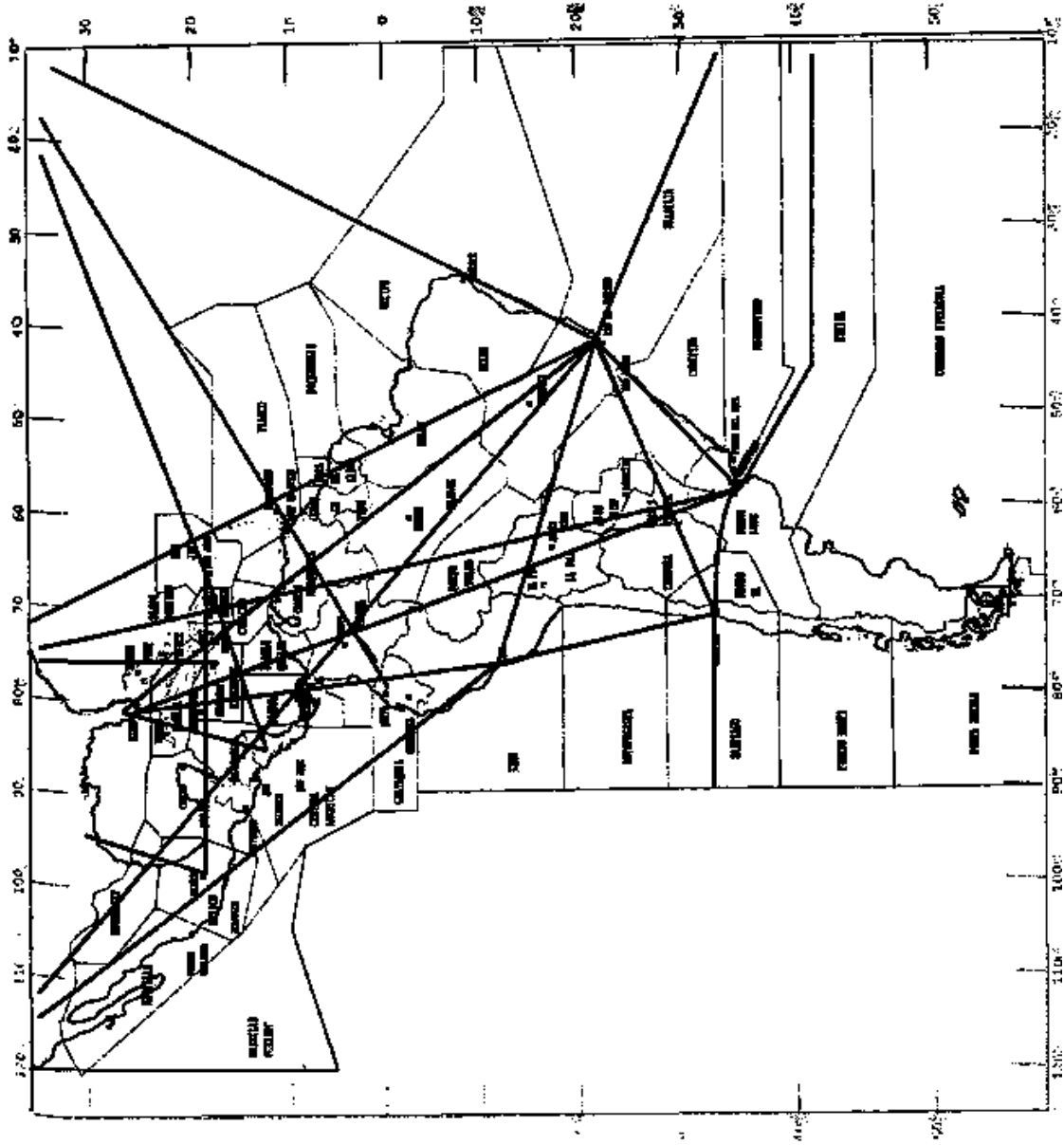
## REGIONES CAR/SAM



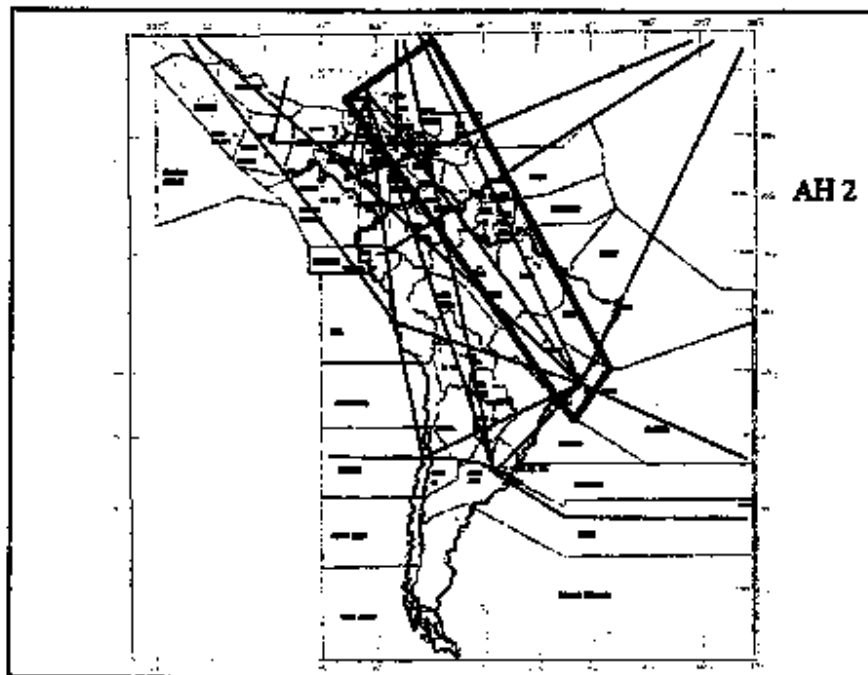
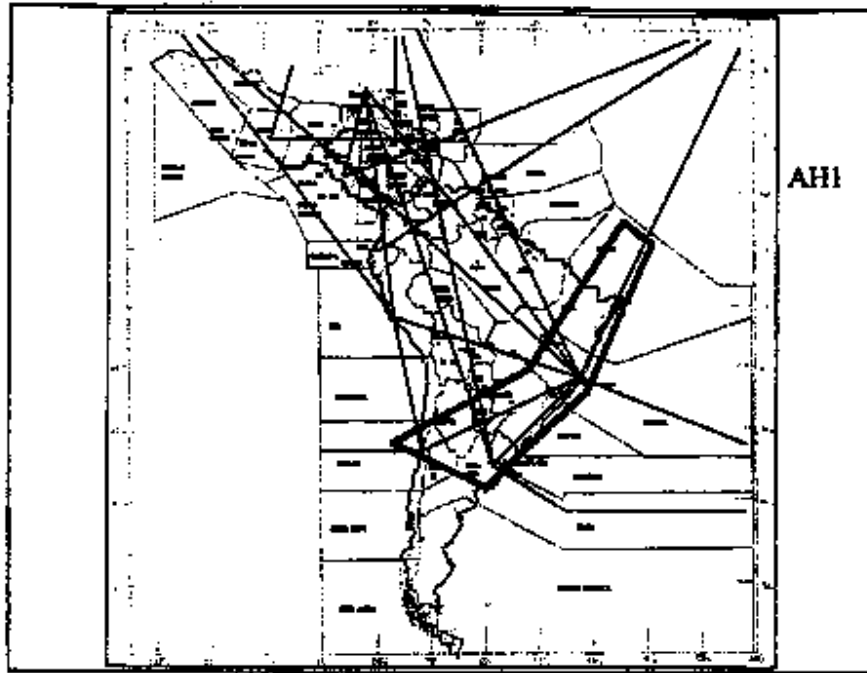


# ANEXO B

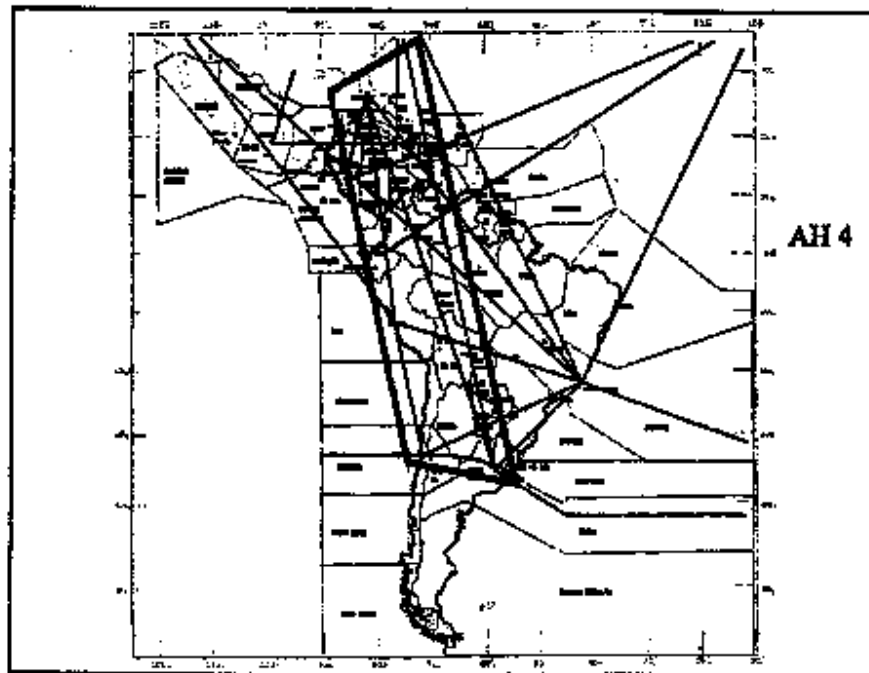
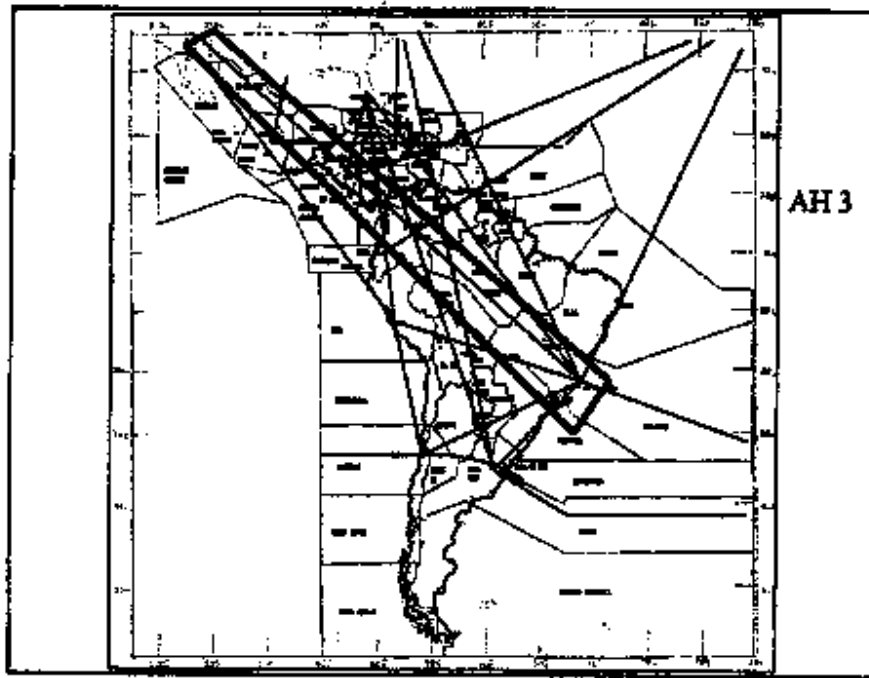
## FLUJOS PRINCIPALES DE TRANSITO



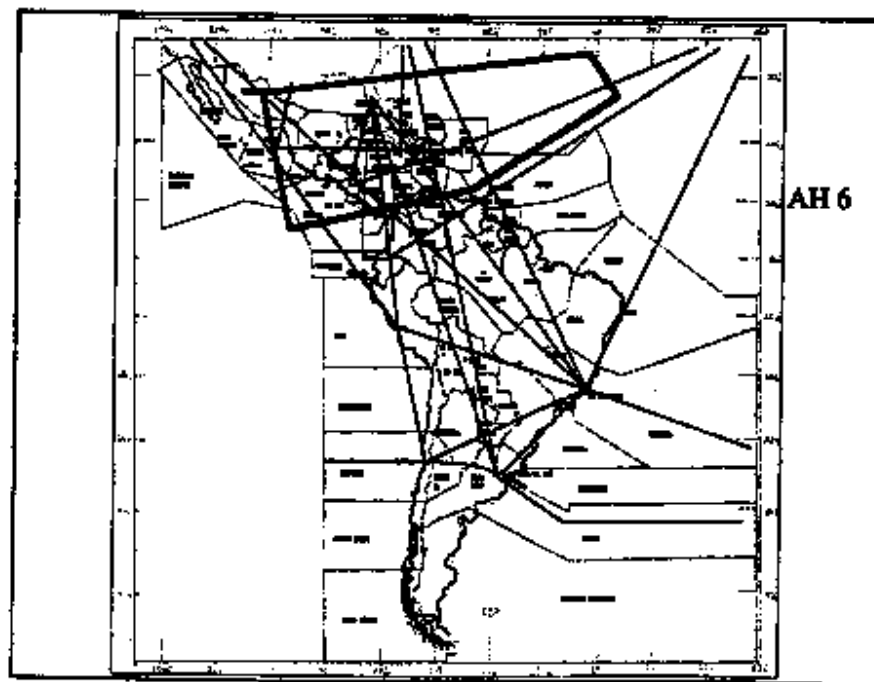
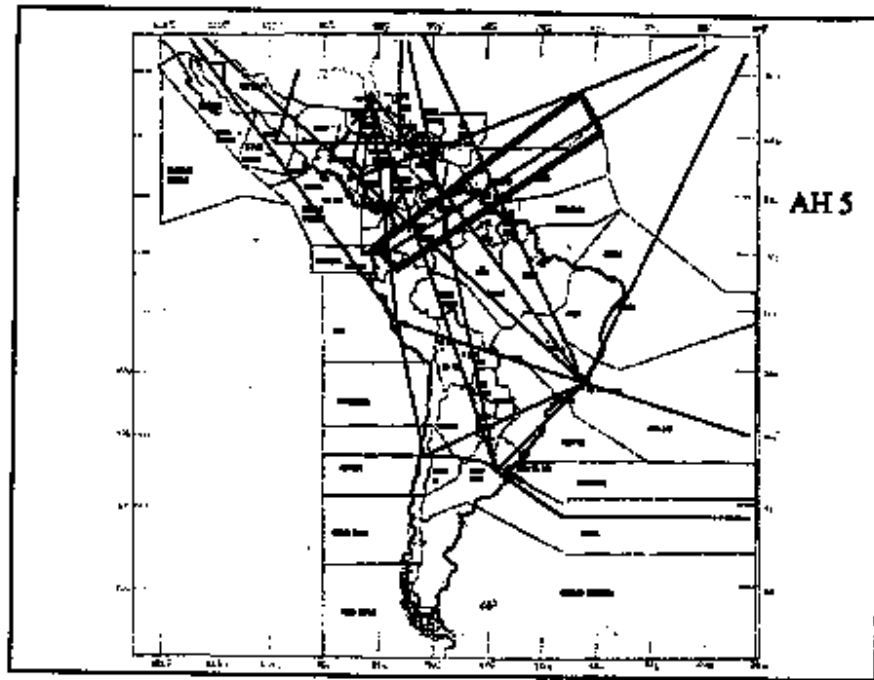
## ÁREAS HOMOGENEAS



## **ÁREAS HOMOGENEAS**



## ÁREAS HOMOGENEAS



## **ANEXO C**

**COMMUNICATIONS SYSTEM IMPLEMENTATION/  
IMPLANTACION DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES**

		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Preparation of SARPs/Preparación de SARPs	R	AMSS/SMAS																	
	C	HF data/datos HF																	
	P	VHF data/datos VHF SSR Mode S/SSR Modo S ATN																	
Aircraft equipment/ Equipo de aeronave		AMSS/SMAS																	
		HF data/datos HF																	
		VHF data/datos VHF SSR Mode S/SSR Modo S ATN FANS 1 or equivalent/ FANS 1 o equivalente																	
Pre-operational trials/ Pruebas Pre-operacionales		AMSS/SMAS																	
		HF data/datos HF VHF data/datos VHF SSR Mode S/SSR Modo S ATN																	
Implementation and Operational Use/ Implementación y Uso Operacional		AMSS/SMAS																	
		HF data/datos HF VHF data/datos VHF SSR Mode S/SSR Modo S ATN																	

## ANEXO D



**NAVIGATION SYSTEM IMPLEMENTATION/  
IMPLANTACION DEL SISTEMA DE NAVEGACION**

		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2008	2010	
Preparation of SARP's/ Preparación de SARP's	R En-route/En ruta																		
	N Terminal/NPA																		
	P Precision approach/																		
GNSS performance criteria to support operational requirements/Criterios de performance de los GNSS en apoyo de los requisitos operacionales/ Development of GNSS NPA procedures/ Preparación de procedimientos NPA de los GNSS S Use of GNSS with augmented systems/ Uso de los GNSS con sistemas aumentados S Long-term satellite navigation system/ Sistema de navegación por satélite a largo plazo Data link for navigation/ Enlace de datos para la navegación	G																		
	N																		
	S																		
	S																		
	S																		
Availability/ Disponibilidad	GPS																		
	GLONASS																		
	Inmarsat overlay/Complemento Inmarsat																		
	SBAS GBAS																		
Aircraft equipage/ Equipo de aeronave	GNSS + ABAS																		
	GNSS + ABAS/SBAS/GBAS																		
	GNSS + ABAS																		
Pre-operational Trisis/Pruebas Pre-operacionales	GNSS + ABAS + SBAS																		
	GNSS + ABAS + GBAS																		
	WGS-84																		
Implementation and Operational Use/ Implantación y Uso Operacional	En-route supplementary/En ruta suplementario																		
	Terminal/NPA																		
	Aproximación de precisión																		

(M/CNSAT/IMPLANS/REGIONAL/CHAP08B.WB2)

## **ANEXO E**

		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
Preparation of SARP's/Preparación de SARP's	R																			
	S																			
	P																			
Aircraft equipage/ Equipo de aeronave	ADS																			
	ADS-B*																			
	SSR Mode S/SSR Modo S																			
Pre-operational Trials/ Pruebas Pre-operacionales	ADS																			
	ADS-B*																			
	SSR Mode S/SSR Modo S																			
Implementation and Operational Use/ Implantación y Uso Operacional	ADS																			
	ADS-B (TBD)																			
	SSR Mode S/SSR Modo S																			

SURVEILLANCE SYSTEM IMPLEMENTATION/  
 IMPLANTACION DEL SISTEMA DE VIGILANCIA

## ANEXO F

**AIR TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM IMPLEMENTATION/  
IMPLANTACION DEL SISTEMA DE GESTION DEL TRANSITO AEREO**

		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Development of SARP's/ Preparación de SARP's	R																		
	T																		
Aircraft equipage/ Equipo de Aviones	S																		
	P																		
Implementation and Operational Use/ Implementación y Uso Operacional	Flight operations/ Operaciones de vuelo																		
	Regional ATM operational concept/ Concepto operacional regional ATM																		
Airspace management/ Administración del espacio aéreo	Airspace management/ Administración del espacio aéreo																		
	Air traffic services/ Servicios de tránsito aéreo																		

Global ATM/ATM mundial

Functional integration of flight OPS/ATM /  
Integración funcional de vuelo OPS/ATM

ATM requirements for CNS/Requisitos CNS de la ATM

Separation between aircraft/Separación entre aeronaves

AIDC

ATM procedures and systems/Procedimientos y sistemas ATFM

RNP certification/Approval / Certificación/Aprobación de la RNP

Development of regional strategic airspace CNS infrastructure plan based  
on ATM requirements / Integración funcional de los sistemas de a bordo  
con los sistemas en tierra

Determination of major traffic flows/  
Identificación de principales flujos de tránsito

Identification of ATM objectives based on these traffic flows/  
Identificación de objetivos ATM basados en esos flujos de tránsito

Development of regional strategic airspace CNS infrastructure plan based  
on ATM requirements / Elaboración de un plan de infraestructura CNS del  
espacio aéreo estratégico regional basado en necesidades ATM

Optimized sectorization/Sectorización optimizada

New fixed RNAV/ATS routes/Nuevas rutas ATS RNAV/fijas

Random RNAV routes/Rutas RNAV aleatorias

Flexible use of airspace /  
Uso flexible del espacio aéreo

Application of RNP/Aplicación de la RNP

Application of RSP/Aplicación de la RSP

Trajectory performance monitoring/  
Supervisión de la conformidad con la trayectoria

Minimum safe altitude warning/Advertencia de altitud mínima de seguridad

Conflict prediction/Predicción de conflictos

Conflict alert/Alerta de conflictos

Conflict resolution advice/Asesoramiento para solucionar conflictos

Functional integration of ground systems with airborne systems/  
Integración funcional de los sistemas en tierra con los sistemas de a bordo

Dynamic accommodation of user-defined flight profiles/  
Admisión dinámica de los perfiles de vuelo preferidos por el usuario

Reduced vertical separation/Separación vertical reducida

Reduced horizontal separation (longitudinal/lateral) /  
Separación horizontal reducida (longitudinal/lateral)

Independent IFR approaches to closely spaced runways/  
Aproximaciones IFR independientes a pistas próximas entre sí

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

TRD

## HOJA DE DATOS PERSONALES

Apellidos: Toapanta Toapanta  
Nombres: José Carlos  
Lugar y fecha de nacimiento: Latacunga, 19 de Septiembre de 1978  
Cédula de Identidad 1711921260  
Tipo de sangre ORH +

## ESTUDIOS REALIZADOS

Primaria: Escuela fiscal Manuel J. Calle (Quito)  
Secundaria: Colegio Técnico "Sucre" (Quito)  
Títulos obtenidos: Bachiller Técnico Industrial en Electrónica

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**ELABORADA (O) POR**

---

Alno. Toapanta José

**DIRECTOR DE CARRERAS DEL ITSA**

---

Ing. Guillermo Trujillo

Latacunga, 13 de Octubre del 2003