ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

"DISEÑO DE UN SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA"

(PRINCIPALES RUTAS AÉREAS DEL ECUADOR)

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

ALONSO LLANOS YÁNEZ

QUITO – ECUADOR

1999

DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE MI PADRE

SU VIDA EJEMPLAR, CARACTERIZADA SIEMPRE POR LA LUCHA INCESANTE, EL TRABAJO TESONERO, EL PROCEDER JUSTO Y HONESTO, HA CONSTITUIDO LA FUERZA IMPULSADORARA PARA VIVIR DE VARIAS MANERAS , PERO NUNCA DE CUALQUIER MANERA

AGRADECIMIENTO

A MI ESPOSA E HIJAS, QUE SON LA INSPIRACIÓN DE MI VIDA Y QUE ME HAN DADO TODA SU COMPRENSIÓN Y APOYO.

A MI MADRE, QUE CON SU ABNEGACIÓN HA CONSEGUIDO HACER DE MI UN HOMBRE DE BIEN

AL DR. LUIS SILVA POR SU DEDICACIÓN EN LA DIRECCIÓN DE ESTE TRABAJO DE TESIS.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE TESIS HA SIDO REALIZADA EN SU TOTALIDAD POR EL SEÑOR ALONSO LLANOS YÁNEZ, CON MI ASESORAMIENTO

DR. LUIS SILVA
DIRECTOR DE TESIS

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN I

CAPÍTULO I

ÁMBITO DE LAS TELECOMUNICACIONES AERONÁUTICAS

1.1 INTRODUCCIÓN 1

1.2 ORGANISMOS CONSULTIVOS Y REGULADORES 3

1.3 SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES AERONÁUTICAS 6

1.4 COMUNICACIONES AERONÁUTICAS 8

1.5 SISTEMAS AUXILIARES DE RADIONAVEGACIÓN 11

1.5.1 RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACIÓN DE AERONAVES 12

1.5.1.1 UTILIZACIÓN AÉREA DE RADIOFRECUENCIAS 14

1.5.2 SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN Y DE RADIONAVEGACIÓN INCLUIDOS EN EL ANEXO 10 AL CONVENIO DE OACI. 19

1.5.3 SISTEMAS DE RADIONAVEGACIÓN QUE NO SON CONSIDERADOS EN ANEXO 10 A LA CONVENCIÓN DE LA OACI. 19

CAPÍTULO II

SERVICIO MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA

2.1 DEFINICIÓN 21

2.2 ASPECTOS GENERALES 21

2.2.1 CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES 22

2.2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS 23

2.2.2.1 BANDAS DE FRECUENCIA 23

2.2.2.2 MODULACIÓN 25

2.2.2.3	SEÑALIZACIÓN	25
2.2.2.4	EQUIPO DE A BORDO	26
2.2.2.5	ASPETOS DE PROPAGACIÓN Y DEL DESPLAZAMIENTO POR EFECTO DOPPLER	27
2.2.2.5.1	PROPAGACIÓN AIRE-TIERRA	27
2.2.2.5.2	EFECTOS DEL DESPLAZAMIENTO DOPPLER	31
2.2.2.6	ARQUITECTIRA DEL SISTEMA	36
2.3	TIPOS DE SISTEMA	36
2.4	SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA TERRENAL (SMACP)	40
2.4.1	SERVICIOS OFRECIDOS POR EL SISTEMA	40
2.4.2	ASPECTOS TÉCNICOS	42
2.4.2.1	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	42
2.4.2.2	REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS	43
2.4.2.3	SOPORTE FÍSICO DEL SISTEMA	47
2.4.2.3.1	ESTACIONES DE AERONAVE	47
2.4.2.3.2	ESTACIONES TERRESTRES	48
2.4.2.3.3	CENTRO DE CONMUTACIÓN Y CONTROL	49
2.5	SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA POR SATÉLITE (SMAS)	50
2.5.1	INTRODUCCIÓN	50
2.5.2	CARACTERÍSITCAS DEL SISTEMA	53
2.5.2.1	ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA	53
2.5.2.2	SERVICIOS OFRECIDOS POR EL SISTEMA	54
2.5.2.3	COBERTURA DEL SERVICIO	55
2.5.2.4	INTERFAZ CON LOS EQUIPOS DE AVIÓNICA	56
2.5.2.4.1	PROCESAMIENTO DE DATOS	56
2.5.2.4.2	TRÁFICO DE SEÑALES VOCALES	56
2.5.2.5	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	57
2.5.2.6	BANDAS DE FRECUENCIAS DEL SMAS (R)	57
2.5.2.7	CANALES DE RF UTILIZADOS PARA SEÑALIZACIÓN Y COMUNICACIÓN ENTRE LAS ESTACIONES AES Y GES	59
2.5.2.8	VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN POR CANAL	60
2.5.2.9	DESVANECIMIENTO DEBIDO A LA PROPAGACIÓN POR TRAYECTOS MÚLTIPLES	61

2.5.2.10 COMPENSACIÓN POR EFECTO DOPPLER EN LA AES 62
2.5.2.11 ENTIDADES FUNCIONALES 63
2.5.2.12 ANTENAS DE GANANCIA BAJA 64
2.5.2.12.1 ANTENAS DE GANANCIA ALTA 64
2.5.2.12.2 TIPOS DE MODULACIÓN 64
2.5.2.13 CORRECCIÓN DE ERRORES 65
2.5.2.13.1 TEMPORIZACIÓN DEL SISTEMA Y SEPARACIÓN DE CANALES 66
2.5.3 CORRESPONDENCIA PÚBLICA 67

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES AERONÁUTICAS DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA

3.1 DEFINCIÓN DEL PROBLEMA 70
3.1.1 FUNCIONES DE LA PLANIFICACIÓN 72
3.2 RECOPILACIÓN DE DATOS BÁSICOS 76
3.2.1 SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE DISPONEN LAS COMPAÑÍAS AÉREAS 79
3.2.2 DEMANDA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LAS EMPRESAS DE AVIACIÓN A BORDO DE SUS ARONAVES 82
3.2.3 PROMEDIO DE PASAJEROS POR DÍA Y PORCENTAJE DEL MOTIVO DE VIAJE 84
3.3 ESTUDIO E IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS 86
3.4 ESTUDIO Y ESTABLECIMIENTO DE LAS PREVISIONES DE ABONADOS 87
3.5 PREDICCIONES DE TRÁFICO 88
3.5.1 ESTABLECIMIENTO DE LA CAPACIDAD TOTAL DEL SISTEMA 96

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA TERRESTRE

4.1 RUTAS AÉREAS PRINCIPALES EN EL ECUADOR 104

4.2	DISEÑO DEL SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA	106
4.2.1	PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA	106
4.2.1.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	107
4.2.2	DISEÑO DE LA RED TERRESTRE	118
4.2.2.1	PARÁMETROS DE CALIDAD QUE OFRECE EL SISTEMA	118
4.2.2.2	PARÁMETROS DE TRÁFICO	121
4.2.2.2.1	GRUPO TRONCAL DE TELEFONÍA DE LA RED FIJA	121
4.2.2.3	ÁREA DE COBERTURA DEL SISTEMA	123
4.2.2.3.1	ÁREA DE COBERTURA DE LAS ESTACIONES TERRESTRES	128
4.2.3	INTERCONEXIÓN DE LAS ESTACIONES TERRESTRES CON LOS CENTROS DE CONMUTACIÓN TERRESTRES Y CENTRALES DE TRÁNSITO DE LA RED TELEFÓNICA PÚBLICA CONMUTADA	137
4.2.3.1	ASPECTOS DE RED DEL SISTEMA	137
4.2.4	ENTIDADES FUNCIONALES DEL SISTEMA	146
4.2.4.1	ESTACIONES DE AERONAVE	146
4.2.4.2	CENTRO DE CONMUTACIÓN TERRESTRE	147
4.2.4.2.1	INTERFAZ DEL CENTRO DE CONMUTACIÓN TERRESTRE	148
4.2.4.3	ESTACIÓN TERRESTRE	150
4.2.4.3.1	CARACTERÍSITICAS PRINCIPALES	151
4.2.5	CENTRO DE FACTURACIÓN	152
4.2.6	PLAN DE NUMERACIÓN	153
4.2.7	PLAN DE FRECUENCIAS	153
4.2.7.1	CANALIZACIÓN	154
4.2.7.2	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS	154

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1	INTRODUCCIÓN	158
5.2	COSTOS DE EQUIPOS	165
5.3	COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	166

5.4 BENEFICIOS 172

5.5 EVALUACIÓN 185

5.6 INDICE COSTO/BENEFICIO 191

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 193

BIBLIOGRAFIA 201

ANEXOS

1 DEFINICIONES DE LOS SERVICIOS Y ESTACIONES DE RADIOCOMUNICACIONES AERONÁUTICAS. 205

2 CUESTIONARIO PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE TELECOMUNICACIONES AERONÁUTICAS DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA 208

3 RECOMENDACIÓN UIT-R M.1040 213

4 CARTA DE NAVEGACIÓN AERONÁUTICA 220

5 CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS ASIGNADAS AL TERRESTRIAL FLIGHT TELECOMMUNICATION SYSTEM 222

6 ÁREA DE COBERTURA 225

7 CARACTERÍSTICAS DEL ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA). 248

8 RADIO INTERFACE Y PRINCIPIOS DEL MODELO DE PROTOCOLO 254

9 CARACTERÍSTICAS DE LA MODULACIÓN π/4QPSK 260

10 GESTIÓN DE MOVILIDAD 265

11 FUNCIONES DE LOS COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN TERRESTRE 268

12 SISTEMA TERRESTRE DE TELECOMUNICACIONES EN VUELO 273

13 GANANCIA MÍNIMA DE LA ANTENA DE AERONAVE 279

14 RED TRONCAL DIGITAL ANDINATEL / PACIFICTEL 281

INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo de nuevas tecnologías en el presente siglo, ha permitido dar soluciones tecnológicas adecuadas para resolver los problemas de comunicaciones entre las aeronaves y las estaciones instaladas en tierra, implementándose sistemas radioeléctricos para facilitar ayudas a la navegación, control de tráfico aéreo y a las comunicaciones operacionales.

Actualmente, la utilización de los servicios móviles ha experimentado un crecimiento extraordinario, convirtiéndose en un instrumento fundamental prácticamente en todos los ámbitos del trabajo humano. La posibilidad de extender el servicio para la conexión con la red telefónica pública, ha facilitado el uso de teléfonos públicos en los medios de transporte colectivo, privados y además terminales móviles portados por personas.

Considerando por tanto la situación actual de las telecomunicaciones móviles y en particular el servicio de telefonía móvil, es importante que se advierta la necesidad de contar con un sistema de comunicaciones aeronáuticas que permita la conexión directa desde las aeronaves hacia las redes públicas de telecomunicaciones: Red Telefónica Conmutada RTC, Red Pública de Conmutación de Paquetes RPCP, Red Digital de Servicios Integrados RDSI, etc.

Para éste tipo de sistemas, existe la reglamentación internacional que permite su implementación en cualquier área geográfica de nuestro planeta, cuyas especificaciones técnicas han sido dadas por la UIT, en su Recomendación UIT-R M.1040, que cumple con el estándar establecido por el ETSI (Instituto de Normalización de Telecomunicaciones Europeo), para el Terrestrial Flight Telecommunications System (TFTS).

El presente trabajo de tesis, se ha elaborado en seis capítulos que contienen básicamente el Diseño de un Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública para las principales rutas aéreas del Ecuador, cuyo alcance es el siguiente:

En el desarrollo de la tesis, en primer lugar se realiza una descripción de los fundamentos teóricos de los sistemas de comunicaciones de correspondencia pública desde aeronaves. Luego se hace un estudio de la situación actual de las telecomunicaciones aeronáuticas y cómo se podría introducir este nuevo servicio, considerando las necesidades de comunicación, considerando la demanda de los servicios requeridos.

Una vez establecidas las necesidades y los servicios que el medio requiere se efectúa el estudio técnico correspondiente para dimensionar el sistema, ajustándose a la demanda prevista, así como su proyección para la introducción de nuevos servicios. Se especifican también todas las características técnicas y operacionales de sus entidades funcionales.

Se realizará el estudio correspondiente al interfaz requerido para la interconexión con la red telefónica pública conmutada.

Finalmente se hace una evaluación económica del sistema y se presentarán las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

ÁMBITO DE LAS TELECOMUNICACIONES AERONÁUTICAS

1.1. INTRODUCCIÓN

En el siglo XX se ha llevado a cabo un espectacular desarrollo paralelo de la radio, la electrónica, las aplicaciones de la física nuclear y de la aeronáutica, de lo que se puede advertir que no hay campo de la actividad humana que no se haya beneficiado de dicho progreso. Desde la época de Wilbur y Orville Wrigth quienes diseñaron y construyeron la primera aeronave motorizada, que voló por primera vez el 17 de diciembre de 1903, los hitos de la aviación son innumerables a través de la historia, ha evolucionado desde el año de 1912 en que apareció el primer avión polimotor de pasajeros, hasta los primeros vuelos supersónicos de aviones civiles, el Concorde y el TU 144. Con el transcurso del tiempo se incrementó el tráfico aéreo, creándose la necesidad imperiosa de realizar comunicaciones desde el aire hacia tierra con el fin de brindar seguridad a las aeronaves que se encontraban en vuelo, haciendo uso de las radioayudas.

En 1910 se realizó la primera transmisión de ondas electromagnéticas desde el aire hasta la tierra, en 1916 se estableció la primera conversación con un avión que volaba cerca del Aeropuerto de Brooklans (Inglaterra) mediante ondas electromagnéticas. Ya, en los años veinte se usaba la radio para la navegación aérea, empleando técnicas rudimentarias radiogoniométricas. En 1929 se introdujo el equipo de cuatro rumbos de baja frecuencia para suministrar al piloto un guiado direccional sin la necesidad de un radiogoniómetro instalado en el avión.

El progreso siguió incrementando las facilidades de comunicaciones aeronáuticas, hasta la segunda guerra mundial, época en la cual se proporcionó un ímpetu a las innovaciones en los equipos de radio de a bordo, consiguiéndose implementar sistemas de comunicaciones de muy alta frecuencia VHF (30 - 300 MHz) y otros sistemas de radioayudas.

Es fundamental la necesidad de comunicación entre la tripulación y los controladores en tierra, entre la propia tripulación y entre la tripulación y los pasajeros. Las comunicaciones hacia el exterior de las aeronaves se realiza mediante enlaces radiotelefónicos mientras que las comunicaciones internas se realizan por cable.

Los primeros equipos instalados en los aviones fueron los sistemas de comunicación de baja frecuencia LF (30 - 300 KHz), cuando se usaban los transmisores de chispa, durante la primera guerra mundial. Al inicio de los años treinta los primitivos sistemas de conmutación de onda continua (c.w.) (radio-telegrafia) empezaron a ser sustituidos por los enlaces radiotelefónicos, los mismos que operaban en las bandas LF y HF (3 - 30 MHz), funcionando sólo en una o en muy pocas frecuencias. La situación luego fue cambiando considerablemente, ya que a partir de la segunda guerra mundial, el tráfico aéreo y las ayudas se incrementaron con la consiguiente demanda de canales extra que no se pueden tomar de las bandas LF, MF (300 - 3000 KHz) o HF. Se advierte que el equipo VHF es el que ha alcanzado el mayor desarrollo. Actualmente se usa VHF para comunicaciones a distancias cortas, mientras que para distancias largas se usa HF.

La navegación aérea moderna no podría existir sin medios electrónicos para la navegación y las comunicaciones, pero los logros obtenidos hasta la fecha no son si no un anticipo de lo que los expertos en comunicaciones aeronáuticas dicen que será la "aldea mundial" de la aviación civil en el siglo XXI. Se considera que los futuros sistemas de aviónica, con los correspondientes segmentos espaciales y terrestre, por ejemplo, guiarían al piloto en su vuelo hacia aeropuertos cubiertos por densa niebla.

Las comunicaciones radiales inventadas por el ingeniero eléctrico italiano Guillermo Marconi en 1901, continúan siendo utilizadas en el control del

tránsito aéreo (ATC) y se consideran indispensables en las áreas terminales. En este sentido, cabe notar que el concepto de los sistemas de comunicaciones, navegación, vigilancia y organización del tránsito aéreo (CNS/ATM) de la OACI prevé el uso permanente de comunicaciones directas en fonía entre el controlador y el piloto para fines tácticos.

1.2. ORGANISMOS CONSULTIVOS Y REGULADORES

Todos los países cuentan con organismos responsables de las materias que tiene que ver con la aviación, por ejemplo, CAA (Reino Unido), FAA (USA), Bureau Veritas (Francia), DAC (Ecuador), etc. Estos organismos son los encargados de elaborar leyes aéreas y poner en circulación reglamentaciones acerca de licencias de ingenieros y tripulaciones, operaciones del avión, fabricación de aviones y equipos, mínimas dotaciones de equipos (incluyendo radio), control de tráfico aéreo, etc. También son los organismos encargados de observar, mediante exámenes e inspecciones, el cumplimiento de la ley. A continuación se presenta un cuadro de las organizaciones, sociedades y conferencias que tiene que ver con los radiosistemas del avión. (Cuadro # 1.1)

ABREVIATURA	ORGANIZACIÓN
ARINC	Aeronáutica Radio INC
ATA	Air Transport Association
AEEC	Airlines Electronic Engineering Committee
CAA	Civil Aviation Authority
CAP	Civil Aviation Publication
FAA	Federal Aviation Agency
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFRB	International Frecuency Registration Board
CCIR	International Radio Consultative Committee

ITU	International Telecommunications Union
TSO	Technical Standard Order
WARC	World Administrative Radio Conference

Cuadro # 1.1 Organizaciones, Sociedades y Conferencias que tienen relación con los radiosistemas del avión.

Es de vital importancia la cooperación entre países, puesto que la aviación es una actividad internacional; esta cooperación se realiza a través de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional), agencia afiliada a las Naciones Unidas. Todas las naciones signatarias de la Convención de la Aviación Civil de Chicago, en 1944 son miembros de la OACI, que fue resultado de dicha convención.

La organización Internacional de Aviación Civil, elabora anexos a la convención, uno de estos anexos, el Anexo 10 es de interés particular para los ingenieros de radio de aviones, puesto que en el se trata de las telecomunicaciones aeronáuticas y entre otras cosas, proporciona una especificación mínima para los sistemas de radio de a bordo.

Las disposiciones de la OACI publicadas en los anexos a la convención de Chicago, son consideradas por los estados miembros, y se convierten en obligatorias previo la ratificación de los mismos, y en algunos casos son aceptadas considerando ciertas enmiendas.

Existen varios organismos, no dedicados a reglamentación, cuyo fin es extender la cooperación a través de las fronteras nacionales en lo que respecta a equipo de aviones y mantenimiento. Una de estas organizaciones es ARINC, constituida como una corporación cuyos accionistas proceden de líneas aéreas y

fabricantes, en su mayor parte de Estados Unidos de América, Además de operar un sistema de estaciones de radio aeronáuticas en tierra, ARINC patrocina la AEEC, que formula standars para equipos electrónicos y sistemas diseñados para uso en aviones de líneas aéreas y no en la aviación general. Las características y especificaciones publicadas por ARINC no tienen el rango de leyes pero son seguidas, en su mayor parte, por los fabricantes que quieren vender equipo a las líneas aéreas.

La ATA 100 es una especificación que tiene que ver con la presentación de información sobre mantenimiento, se ha promulgado y aceptado ampliamente un esquema standard de las publicaciones técnicas relacionadas con los aviones.

Adicionalmente debe mencionarse los organismos que tienen que ver con las telecomunicaciones. La UIT es una agencia de las Naciones Unidas que tiene como objetivo favorecer la cooperación internacional en el uso y desarrollo de las telecomunicaciones. El CCIR actual UIT-R es un comité instituido por la UIT para abarcar las comunicaciones por radio. Entre las materias que se ocupa se hallan la utilización del espectro radioeléctrico para los diferentes servicios de telecomunicaciones y en particular de los servicios móviles aeronáuticos. También la IFRB ha sido constituida por la UIT para la asignación y registro de frecuencias de radio en una lista patrón de frecuencias.

El CCIR, hoy UIT-R, tiene encomendados estudios sobre los servicios móviles en general, siendo su mandato el siguiente:

Estudiar las cuestiones técnicas y de explotación de los sistemas de:

- Los servicios móviles y móviles por satélite
- Los servicios de radiodeterminación y de radiodeterminación por satélite
- El servicio de aficionados y el servicio de aficionados por satélite

Este mandato incluye más de 20 servicios de radiocomunicación de los 34 que define el Reglamento de Radiocomunicaciones.

En lo que respecta al Servicio Móvil Aeronáutico, el esfuerzo principal del último período de estudios se centró en la compatibilidad entre los servicios aeronáuticos que funcionan por encima de 108 MHz y el servicio de radiodifusión MF en la banda adyacente 87,5 - 108 MHz, con respecto a lo cual existe el informe 929 que constituye un texto amplio sobre el problema de la compatibilidad entre los dos servicios.

En cuanto al tema relacionado con el servicio móvil aeronáutico de correspondencia pública, hay un primer informe, el 1051 que define las características técnicas y de explotación del servicio mencionado. La necesidad de correspondencia pública con las aeronaves refleja los esfuerzos de diversas administraciones para ofrecer dicho servicio. Los estudios abarcan los medios terrenales y por satélites para atender a este requisito con carácter mundial. Los diversos desarrollos nacionales se encuentran actualmente en la fase experimental.

1.3 Servicios de Radiocomunicaciones Aeronáuticas

El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT en el Capítulo I, Artículo 1 RR1, presenta la definición de los servicios de radiocomunicaciones, y en particular los servicios aeronáuticos, a continuación en el Cuadro # 2, se indica un resúmen de dichos servicios, las definiciones textuales se indican en el Anexo # 1.

SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES AERONAUTICAS
Servicio Fijo Aeronáutico
Servicio Móvil Aeronáutico
Servicio Móvil Aeronáutico (R)*
Servicio Móvil Aeronáutico (OR)**
Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite
Servicio Móvil Aeronáutico (R)* por Satélite
Servicio Móvil Aeronáutico (OR)** por Satélite
(R)* : en rutas
(OR)** : fuera de rutas

Cuadro # 1. 2. Servicios de Radiocomunicaciones Aeronáuticas

La prestación de un servicio de radiocomunicaciones está soportado por estaciones que son específicas para cada tipo de servicio. En el Reglamento de Radiocomunicaciones en la Sección IV del Capítulo I RR1, se definen las estaciones correspondientes para cada servicio (Anexo # 1); a continuación se presenta en el Cuadro # 3, un listado de las estaciones que pertenecen a los diferentes servicios de telecomunicaciones aeronáuticas, la definición textual de dichas estaciones se presenta en el anexo número I.

ESTACIONES DE LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES AERONAUTICAS
Estación Terrena
Estación Fija Aeronáutica
Estación Aeronáutica
Estación Terrena Aeronáutica
Estación de Aeronave
Estación Terrena de Aeronave

Cuadro # 1.3. Estaciones de los Servicios de Radiocomunicaciones Aeronáuticas

1.4. Comunicaciones Aeronáuticas

Los medios aeronáuticos, como los servicios de tráfico aéreo y las líneas aéreas han mostrado un interés por las aplicaciones de los servicios aeronáuticos, a medida que éstos se han ido perfeccionando con el progreso de la tecnología electrónica. Una serie de experimentos y demostraciones, permiten ilustrar el gran potencial de dichos servicios para realizar una gran cantidad de funciones en materia de control de tráfico aéreo, control operacional de las líneas aéreas, gestión comercial de las líneas aéreas, y servicios prestados a los pasajeros.

Existen al menos cuatro clases fundamentales de tráfico de comunicaciones, cada una de las cuales comprende a su vez diversas subcategorías:

1. Servicios de tráfico aéreo: Comprenden las comunicaciones para la seguridad de la vida humana, en las que están incluidas las comunicaciones directas con el piloto, o entre la aeronave y el controlador de tráfico aéreo de tipo telefónico y de datos, incluida la vigilancia. Los servicios de información de tráfico aéreo como meteorología, estados de los sistemas,

tráfico, etc. y la información sobre navegación se consideran como subgrupos del control de tráfico aéreo.

2. Control operacional de aeronave: A través del cual la compañía explotadora ejerce el control de sus aeronaves, en cualquier punto en que se encuentren. Esta clase de comunicación comprende también las transmisiones de señales vocales y de datos para la seguridad, la rapidez y utilización económica de su equipo costoso.

3. Comunicaciones comerciales del operador de la aeronave: Todos los operadores de aeronaves tienen necesidades de comunicaciones comerciales de tipo general, no comprendidas en la categoría de seguridad tal como se define en la reglamentación de la UIT y de la OACI indicadas en los anexos del convenio sobre la aviación civil (Chicago). Estas comunicaciones comprenden los servicios de reserva, ventas de billetes, información para los pasajeros, etc.

4. Correspondencia pública: El Reglamento de radiocomunicaciones de la UIT define la correspondencia pública, como "toda telecomunicación que deban aceptar para su transmisión las oficinas y estaciones por el simple hecho de hallarse a disposición del público (CONV.)".

5. En el caso que nos ocupa, las comunicaciones de correspondencia pública desde aeronaves, ofrece el operador de la aeronave y permite a los pasajeros acceder a las redes públicas telefónicas y de datos. estos servicios comprenden la telefonía, el télex e incluso el acceso a los computadores de los sistemas informáticos y bases de datos en tierra.

Definidos los tipos de comunicación, hay que definir las normas de servicio y los interfaces con las otras redes de comunicación establecidas . Los servicios

relacionados con la seguridad de la explotación aérea requieren circuitos de gran fiabilidad (es decir, disponibilidad continua en cualquiera de sus formas). Dentro de lo razonable, han de estar siempre disponibles de forma inmediata para el tráfico prioritario.

Si bien los servicios comerciales de las líneas aéreas tienen una prioridad inferior, los usuarios, demandarán también un funcionamiento fiable y continuo, aun cuando el sistema esté recuperándose de una avería parcial.

El servicio de correspondencia pública, no tiene el carácter prioritario de la seguridad, pero debe funcionar de forma regular. Sin embargo puede ser derogado en caso de capacidad de servicio reducida, para dar prioridad a las comunicaciones relacionadas con la seguridad del vuelo.
En la actualidad se tiende hacia "sistemas de aviónica" que incorporan cada vez más la tecnología digital. Las facilidades para los servicios de tráfico aéreo siguen la misma tendencia, al igual que los servicios de las grandes redes públicas conmutadas. En consecuencia, aunque hasta el momento no existen limitaciones con relación a la anchura de banda, el desarrollo de las normas acordadas y prácticas recomendadas en el plano internacional para las comunicaciones aeronáuticas, se orientan casi exclusivamente hacia la señalización, los protocolos y las aplicaciones digitales.

El incremento de los distintos tipos de servicios prestados a la comunidad de la aviación, el aspecto de la normalización pone en juego a distintas instituciones competentes, aunque para lo que se refiere a los servicios relacionados, con la seguridad en vuelo de la aviación civil internacional, su determinación corresponde totalmente a la OACI.

El acceso a las redes públicas conmutadas telefónicas y de datos, con arreglo a las normas elaboradas por el CCITT, difiere en muchos casos del acceso según normas de la OACI.

Por otra parte, en lo referente a la calificación para el vuelo del equipo aéreo transportado, las autoridades de aviación civil de todo el mundo han delegado esta responsabilidad de elaborar normas a dos organizaciones cuya actividad es paralela en esta materia. Estas organizaciones son la Radio Technical Commission Aeronautics (RTCA) de los Estados Unidos y la European Organization for Civil Aviation Electronics (EUROCAE) de Europa. Los operadores de aeronaves consideran exclusivamente la normalización para equipo e instalación en aeronaves definida por el Airlines Electronic Engineering Commitee (AEEC) cuyas especificaciones para equipos de aviónica e instalaciones son respetadas por la mayoría de los fabricantes de sistemas de aeronave y de aviónica.

1.5 Sistemas Auxiliares de Radionavegación

Los sistemas de navegación empleados en la actualidad son el resultado de un proceso de selección entre varios que se han propuesto, desarrollado, probado y empleado para cumplir el doble propósito de la vigilancia del vuelo de las aeronaves; la necesidad del piloto de contar con información que le asegure que se encuentra en la ruta deseada y la necesidad que tienen las autoridades de control del tráfico aéreo de contar con información para asegurarse de que el avión está situado a la distancia suficiente de otro para evitar una colisión. Son estos dos objetivos relacionados pero independientes, los que han llevado a la organización de la mayor parte de los vuelos comerciales en un sistema de rutas aéreas señalizadas y deslindadas.

Actualmente están normalizadas las especificaciones para los siguientes auxiliares de radionavegación:

- Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS)
- Sistemas de radar de precisión para aterrizaje (PAR)
- Radiofaro omnidireccional (VOR) VHF
- Radiofaro no direccional (NDB)
- Equipo radiotelemétrico (DME) VHF
- Radiobalizas marcadoras de curso VHF (75 MHz)
- Características del sistema de visualización
- Radar secundario de vigilancia (SSR)
- Sistemas receptores ADF (radiogoniómetros automáticos) de aviones
- Sistema LORAN-A
- Sistema de aterrizaje por microondas (guiaje angular) (MLS)

Estos son los sistemas estandarizados internacionales, además otros sistemas estándares ajenos a la OACI se utilizan para la navegación aérea en todo el mundo, incluyendo Estados Unidos. Existe una estructura de normalización totalmente independiente promovida por la Federal Aviation Administration (FAA) y un sistema de reglamentos obligatorios, las Federal Air Regulations (FAR), que también definen los sistemas de navegación que se pueden aplicar. En general, donde se superponen las normas de la OACI y de la FAA, están en completo acuerdo.

1.5.1 Radioayudas para la navegación de aeronaves

Las aeronaves comerciales, militares y privadas realizan la navegación y el aterrizaje en casi todas las condiciones climatológicas y de visibilidad, esta capacidad de realizar dichas operaciones lo consiguen a través del uso de diversas radioayudas. En la figura 1.1 se ilustra todas las ubicaciones de antenas

de una aeronave comercial moderna que se requieren para las diferentes funciones de comunicación, navegación, vigilancia y aterrizaje por instrumentos. Este es el complemento mínimo que se requiere para la navegación continental.

Para vuelos en regiones oceánicas y remotas, se utilizan otras radioayudas de navegación a larga distancia o navegación inercial.

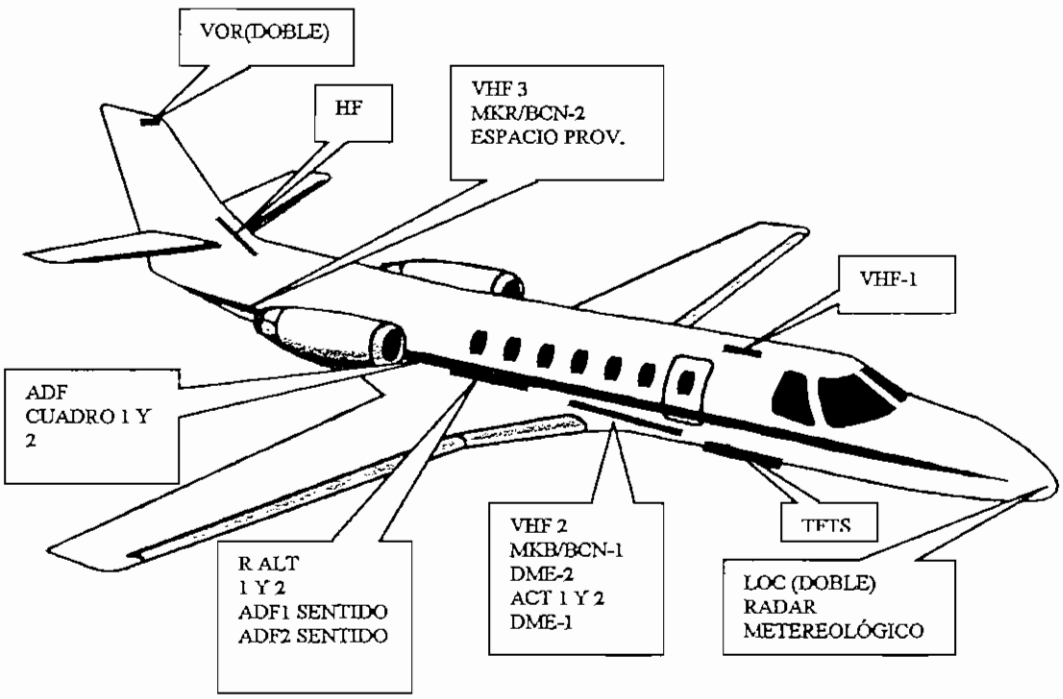


Figura 1.1 Ubicación de antenas en el avión

ANTENA	USO
VHF	Comunicaciones
HF	
VOR (radiobaliza omnidireccional VHF)	Navegación de corta y mediana distancia
ADF, cuadro y sentido (radiogoniómetro automático)	
DME (equipo radiotelemétrico)	
ATCRBS (sistema de radiobaliza para el informe del control del tráfico aéreo)	Vigilancia del control del tráfico aéreo desde tierra
LOC (localizador)	Aterrizaje por instrumentos
ADF (localizador de brújula)	
GS (trayectoria de descenso)	
MKR/BCN (radiobaliza marcadora de 75 MHz)	
R ALT (altímetro de radar)	

Cuadro 1.4. Antenas y sus usos en el Avión

1.5.1.1 Utilización aérea de radiofrecuencias

En el anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional en los Capítulos 2, 3 y 4 se indica las frecuencias utilizadas para fines de telecomunicaciones aeronáuticas clasificadas en el orden siguiente:

1.- Frecuencias de Socorro

La aplicación de las comunicaciones de socorro está sujeta a las normas y métodos recomendados, considerando los procedimientos adoptados por la

OACI, y algunas disposiciones establecidas por la UIT en su Reglamento de Radiocomunicaciones.

El reglamento de Radiocomunicaciones indica (RR 2973) que la frecuencia 2.182 KHz es la frecuencia internacional de socorro en radiotelefonía, esta frecuencia debe ser usada por las estaciones de barco, de aeronave y de las embarcaciones y dispositivos de salvamento que utilizan frecuencias de las bandas autorizadas entre 1.605 y 4.000 KHz cuando piden auxilio a los servicios marítimos.

La banda de frecuencia 406 - 406,1 MHz está asignada en el reglamento de Radiocomunicaciones (Número 649) para la utilización de las Radiobalizas de localización de siniestros por satélite en la dirección tierra-espacio.

La frecuencia 4.125 KHz está autorizada por la UIT (RR 2982A/N2981) para ser utilizada por las estaciones de aeronave con la finalidad de establecer comunicaciones relacionadas con el socorro y la seguridad.

La frecuencia 500 KHz es la frecuencia internacional de socorro en radiotelegrafía que utilizan las estaciones de barco, de aeronave y de las embarcaciones y dispositivos de salvamento que trabajan en las frecuencias comprendidas entre 405 y 535 KHz, cuando piden auxilio a los servicios marítimos (RR 2970).

Las estaciones de embarcaciones y dispositivos de salvamento utilizan las frecuencias de 500 KHz, 8.364 KHz, 2.182 KHz, 121,5 MHz y 243 MHz indicadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR 3001 - 3008), además pueden operar en las bandas de 405 - 535 KHz, 4.000 - 27.500 KHz, 1.605 - 2.850 KHz, 117,975 - 136 MHz y 235 - 328,6 MHz.

Las frecuencias de los transmisores de localización de siniestros (ELT) para búsqueda y salvamento son 406 MHz y 121,5 MHz, ajustándose a lo dispuesto en las normas del Anexo 6, partes I, II y III. En el número 592 del Reglamento de Radiocomunicaciones también se indica el uso de la frecuencia 243 MHz para el mismo fin.

Las frecuencias de búsqueda y salvamento indicadas por la OACI en el Anexo 10 Parte II, capítulo 2 son 3.023 y 5.680 KHz.

2.- Frecuencias inferiores a 30 MHz

Las bandas de frecuencias entre 2,8 y 22 MHz son atribuidas al servicio móvil aeronáutico (R), según el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT en el Artículo 8.

3.- Frecuencias superiores a 30 MHz

La Conferencia de Radiocomunicaciones de la UIT en el año de 1947 atribuyó la banda de 118 - 132 MHz, extendiéndola luego en 1959 de 118 a 117,975 MHz, para uso exclusivo de los servicios móviles aeronáuticos (R). A partir de 1947 las conferencias de radiocomunicaciones , también prepararon disposiciones sobre el uso de la banda 132 - 136 MHz en los servicios móviles aeronáuticos (R), en condiciones que varían en las distintas regiones de la UIT, o en diferentes países o combinaciones de países.

La conferencia de Radiocomunicaciones de la UIT en 1979 estableció disposiciones para el uso de la banda de 136 - 137 MHz por parte del servicio móvil aeronáutico (R), sujeto a las condiciones del Número 595 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

A continuación se muestra en la tabla la adjudicación de frecuencias en el rango de VHF:

ADJUDICACIÓN DEL GRUPO DE FRECUENCIAS (MHz)	UTILIZACIÓN MUNDIAL
118 - 121,4 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos nacionales e internacionales
121,5	Frecuencia de emergencia
121,6 - 121,975 inclusive	Comunicaciones de superficie en los aeródromos internacionales y nacionales
122 - 123,05 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos nacionales
123,1	Frecuencia auxiliar SAR
123,15 - 123,675 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos nacionales
123,7 - 129,675 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos internacionales y nacionales
129,7 - 130,875 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos nacionales
130,9 - 136,875	Servicios móviles aeronáuticos internacionales y nacionales
136,9 - 136,975 inclusive	Servicios móviles aeronáuticos internacionales y nacionales

Cuadro # 1.5 Adjudicación de frecuencias en el rango de VHF

En el Cuadro 1.6 se muestra la utilización aérea de radiofrecuencias por sistema de radiocomunicación aeronáutica:

SISTEMA	BANDA DE FRECUENCIA
OMEGA	10 - 14 KHz
DECCA	70 - 130 KHz
LORAN C	100 KHz
ADF	200 - 1700 KHz
COMM. H.F.	2 - 25 MHz
RADIOBALIZAS	75 MHz
ILS (Localizador)	108 - 112 MHz
VOR	108 - 118 MHz
COMM.V.H.F.	118 - 136 MHz
ILS (Senda de planeo)	320 - 340 MHz
DME	960 - 1215 MHz
SSR	1030 y 1090 MHz
MACP	1,670-1,675 GHz 1,800-1805 GHz
RADIOALTIMETRO	4.2 - 4.4 GHz
RADAR METEOROLOGICO (C)	5.5 GHz
DOPPLER (X)	8.8 GHz
RADAR METEOROLOGICO (X)	9.4 GHz
DOPPLER (K)	13.3 GHz

Cuadro # 1.6 Utilización Aérea de Radiofrecuencias por Sistema de Radiocomunicación aeronáutica.

1.5.2 Sistemas de radiocomunicación y radionavegación aeronáutica incluidos en el Anexo 10 al convenio de la OACI

SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES Y RADIONAVEGACION AERONAUTICA TRATADOS EN EL ANEXO 10 AL CONVENIO DE LA OACI
Transmisión/Recepción de datos digitales y radiotelefonía en ondas decamétricas y métricas
Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (ILS)
Sistema de Aterrizaje por Microondas(MLS, Microwave landing systems)
Radiofaro Omnidireccional en Ondas Métricas (VOR)
Equipo Medidor de Distancia (DME-UHF)
Radares
Radiofaros No Direccionales (NDB)

Cuadro # 1.7

1.5.3. Sistemas de radionavegación que no son considerados en el Anexo 10 a la Convención de la OACI

SISTEMAS DE RADIONAVEGACION QUE NO SON CONSIDERADOS EN EL ANEXO 10 A LA CONVENCION DE LA OACI
LORAN C
OMEGA
DECCA NAVIGATOR
SISTEMAS DE RADIONAVEGACION POR SATELITE

Cuadro # 1.8

CAPÍTULO II

SERVICIO MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA

SERVICIO MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA

2.1 Definición

La finalidad del Servicio Móvil Aeronáutico es conseguir la comunicación entre una estación móvil ubicada en una aeronave y una estación fija ubicada en tierra. Si la comunicación se realiza directamente desde la aeronave hacia las redes públicas de telecomunicaciones (red telefónica conmutada, red pública de conmutación de paquetes, red digital de servicios integrados, etc.), el servicio se denomina Servicio Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública.

Este servicio comprende la telefonía, el telex e incluso el acceso a los computadores de los sistemas informáticos y bases de datos en tierra. Se prevé que en el futuro podrán ofrecerse otros servicios como compras a bordo, transmisión de señales de vídeo, recepción de programas de radiodifusión, etc.

2.2 Aspectos Generales

El servicio telefónico móvil público con aeronaves en general debe reunir una serie de características operacionales y técnicas con el fin de conseguir un funcionamiento satisfactorio acorde con las posibilidades de la tecnología actual y con proyección al futuro.

2.2.1 Características Operacionales

a) Se requiere que el sistema sea compatible totalmente con la red telefónica pública internacional con conmutación, por consiguiente estará definido el interfaz de conexión con aquella y su funcionamiento no involucrará circuitos adicionales.

b) Ofrecerá la capacidad necesaria para manejar el tráfico originado en relación con la demanda esperada del servicio.

c) El sistema permitirá identificar sus componentes individualmente, además de presentar la capacidad de adaptación a las características de sistemas monocanales y de canales múltiples.

d) La calidad de servicio ofrecida por el sistema debe estar acorde con la calidad de servicio ofrecida por la red pública con conmutación, entendiéndose por calidad de servicio el grado de satisfacción del usuario de dicho servicio.

e) El sistema deberá operar sin interrupción en la zona de servicio prevista y además considerar su interfuncionamiento con otros sistemas ubicados fuera de dicha zona.

f) En lo posible el sistema permitirá llamadas desde las aeronaves y hacia ellas.

g) El sistema presentará la disposición de establecer automáticamente las llamadas hacia las estaciones móviles y desde ellas así como su gestión en la red.

h) El sistema implementado no presentará interferencia alguna a ningún otro sistema de radiocomunicaciones destinado a la seguridad de funcionamiento de la aeronave.

2.2.2 Características Técnicas

2.2.2.1. Bandas de frecuencias

El reglamento simplificado de radiocomunicaciones de la UIT en su Capítulo SII, Artículo S5 indica las bandas de frecuencias que podrían ser autorizadas para la correspondencia pública desde aeronaves, indicando que el sistema puede ser suspendido para permitir la transmisión de mensajes con orden de prioridad de las comunicaciones en el servicio móvil aeronáutico y en el servicio móvil aeronáutico por satélite. A continuación se indican las bandas de frecuencias de interés asignadas para el Servicio Móvil Aeronáutico en General[1], tomado del Reglamento de Radiocomunicaciones.

1 525-1 610 MHz

Atribución a los servicios		
Región 1	**Región 2**	**Región 3**
1 535-1 559	MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.341 S5.351 S5.353A S5.354 S5.355 S5.356 S5.357 S5.357A S5.359 S5.362A	
1 559-1 610	RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) S5.341 S5.355 S5.359 S5.363	

[1] Reglamento Simplificado de Radiocomunicaciones de la UIT VOL1

S5.357 En la banda 1 545-1 555 MHz las transmisiones directas del servicio móvil aeronáutico (R), desde estaciones aeronáuticas terrenales a estaciones de aeronave, o entre estaciones de aeronave, están también autorizadas cuando esas transmisiones están destinadas a aumentar o a completar los enlaces establecidos entre estaciones de satélite y estaciones de aeronave.

1 610-1 660 MHz

Atribución a los servicios		
Región 1	**Región 2**	**Región 3**
1 626,5-1 660	MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.341 S5.351 S5.353A S5.354 S5.355 S5.357A S5.359 S5.362A S5.374 S5.375 S5.376	

S5.376 En la banda 1 646,5-1 656,5 MHz, las transmisiones directas de estaciones de aeronave del servicio móvil aeronáutico (R) a estaciones aeronáuticas terrenales, o entre estaciones de aeronave, están también autorizadas si esas transmisiones están destinadas a aumentar o a completar los enlaces establecidos entre estaciones de aeronave y estaciones de satélite.

1 660-1 710 MHz

Atribución a los servicios		
Región 1	**Región 2**	**Región 3**
1 670-1 675	AYUDAS A LA METEOROLOGÍA FIJO METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL S5.380 S5.341	

S5.380 Las bandas 1 670-1 675 MHz y 1 800-1 805 MHz están destinadas a su utilización, a nivel mundial, por las administraciones que deseen introducir la correspondencia pública aeronáutica. La utilización de la banda 1 670-1 675 MHz por las estaciones de los sistemas de la correspondencia pública con aeronaves está limitada a las transmisiones procedentes de estaciones aeronáuticas y la banda 1 800-1 805 MHz a transmisiones procedentes de estaciones de aeronave.

2.2.2.2. Modulación

Cada sistema adopta alguno de los métodos conocidos de acuerdo a sus ventajas e inconvenientes en cuanto a calidad de la comunicación, eficacia de utilización del espectro y economía. Se han mencionado diversos tipos de modulación entre los que podemos indicar: MF (Modulación de Frecuencia), MP (Modulación de Fase), BLU-CA (Banda Lateral Única con compansión), BLU-MA, MDM-G (Modulación de desplazamiento mínimo con filtro gaussiano) y MDP-4-DLB (MDP4 con desplazamiento limitado por la banda) con una opción AMDT. (Acceso múltiple por distribución en el tiempo). Por ejemplo el Sistema Móvil Telefónico Público con Aeronaves en el Japón utiliza modulación de fase MP, el sistema de EE.UU. de América y Canadá utiliza modulación en Banda Lateral Única BLU para todas las comunicaciones telefónicas y de datos, el método del Reino Unido utiliza modulación MDT en el enlace tierra-aire y modulación AMDT en el enlace aire-tierra, igual que el sistema TFTS.

En el Servicio Móvil Aeronáutico por satélite se utilizan dos tipos de modulación, cada uno de los cuales tiene una ventaja para el sistema. Modulación por desplazamiento de fase binaria para velocidades de hasta 2,4 Kbits/s y para velocidades mayores a ésta se utiliza la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK).

2.2.2.3. Señalización

El control de las llamadas y adquisición de canales en un sistema telefónico móvil que opera con aeronaves demanda la existencia de sofisticados

procedimientos de señalización para obtener un funcionamiento completamente automático del sistema.

Las funciones necesarias en un sistema telefónico móvil público requieren una señalización altamente especializada, y por tanto bastante complicada. . Es necesario el manejo de información para realizar actualizaciones cuando la estación móvil penetra en una nueva área de posición o realizar el procedimiento de transferencia cuando una comunicación en curso se conmuta de una estación de base a otra.

La eficiencia de la señalización en estos sistemas evita la pérdida del control de los canales y posibilita establecer un canal de tráfico entre estaciones móviles y de base, teniendo en cuenta que la fiabilidad en la obtención de un canal de tráfico es de gran importancia, por cuanto los canales radioeléctricos equivalen a las líneas de abonado en la red telefónica pública conmutada

La calidad de los canales de control y por tanto su fiabilidad pueden mejorarse con la utilización de técnicas de diversidad, codificación de corrección de errores, protocolos de intercambio de mensajes y de transmisión cuasisíncrona[2].

2.2.2.4. Equipo de a bordo

El equipo que debe ir instalado en la aeronave debe cumplir ciertos requisitos que tienen que ver fundamentalmente con sus características físicas y eléctricas, así con relación a la primera característica es deseable que el equipo tenga un

[2] Informes 903 y 1022 del CCIR

tamaño y peso reducidos puesto que estos son factores determinantes en la operación de la aeronave; y respecto de la segunda característica los equipos deben ser electromagnéticamente compatibles con otros sistemas de aeronave, ajustándose a la normalización establecida por los organismos competentes como la OACI, la UIT y sus organismos especializados.

2.2.2.5. Aspectos de Propagación y del desplazamiento por efecto Doppler

2.2.2.5.1. Propagación aire-tierra

Una señal radioeléctrica transmitida de aire a tierra se propaga entre el transmisor y receptor siguiendo básicamente dos trayectos: Un trayecto de visibilidad directa y el otro formado por el "camino" que recorre la onda cuando ésta se refleja en un punto determinado de la superficie terrestre, al llegar al receptor las señales directa y reflejada, dependiendo de los parámetros como la diferencia de fase y del perfil del índice de refracción de la atmósfera se suman constructiva o destructivamente. (Ver figura 2.1)

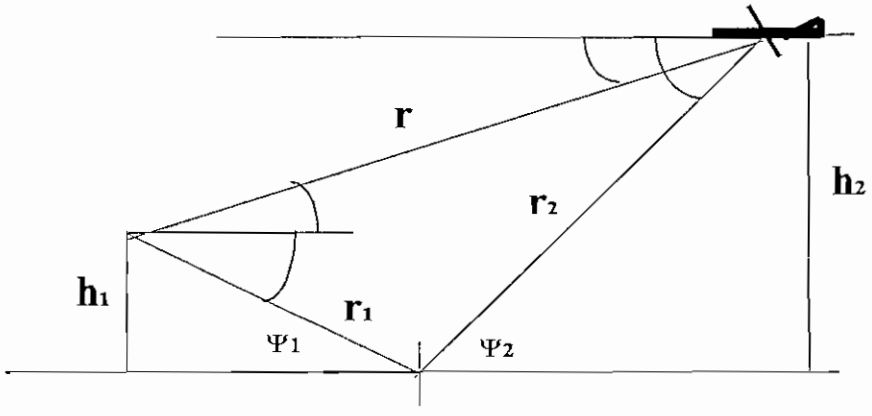


Figura 2.1 Modelo de Propagación aire-tierra

En recepción una señal está compuesta por ondas directas y reflejadas que tienen diferentes amplitudes y fases, por tanto pueden anularse por completo, presentándose el fenómeno de desvanecimiento de señales. La magnitud de los desvanecimientos está determinada por las características del terreno donde se produce la reflexión, siendo la disposición geométrica de las reflexiones el parámetro más influyente.(ángulo de incidencia, ángulo de reflexión) Además la conductividad del suelo es generalmente función de la frecuencia por lo que una frecuencia más alta produce un mayor coeficiente de reflexión.

La reflexión de una onda en la superficie terrestre se ve afectada por la forma y la rugosidad de la superficie reflectora en la primera zona de fresnel; el concepto de la zona de Fresnel es muy importante para las transmisiones radioeléctricas, para las cuales un trayecto sin obstáculos o con ellos, tiene una influencia determinante, el margen sobre obstáculos se calcula con relación al radio de la primera zona de fresnel, la misma que en su tamaño está determinada por la frecuencia, como se indica en la ecuación siguiente que permite calcular el radio de la primera zona de fresnel:

$$F_1 = 31{,}6 \sqrt{(\lambda\, d_1 d_2 / d)} = 548 \sqrt{(d_1 d_2 / f\, d)}$$

en donde: d_1 : distancia al extremo cercano del trayecto (Km)

d_2 : distancia al extremo lejano del trayecto (Km)

d : $d_1 + d_2 =$ longitud total del trayecto (Km)

λ : longitud de onda

f : frecuencia MHz

La distancia terrestre entre la estación de base y el punto de reflexión es aproximadamente igual a la distancia de dicho punto a la aeronave medida sobre el terreno y multiplicada por la relación de la altura de la antena de la estación de base h_1 a la altura de la aeronave h_2. al moverse la aeronave el punto de reflexión se mueve a una velocidad mucho más reducida, siendo el factor de reducción aproximadamente igual a h_1 / h_2.

La potencia de las componentes especular y difusa de la señal depende de la rugosidad del terreno relacionada con la frecuencia transmitida. El coeficiente de dispersión se modifica si se realiza un incremento de la frecuencia, originándose una disminución de la potencia en la componente especular y aumentando la potencia en la componente difusa.

La atmósfera terrestre incide en la propagación de ondas electromagnéticas principalmente de dos maneras: refractándolas o difractándolas . La refracción de la ondas se da fundamentalmente por que la atmósfera presenta la característica de los gradientes del índice de refracción . En la atmósfera denominada normal el índice de refracción disminuye linealmente con la altura, en consecuencia los rayos se curvan hacia abajo siguiendo la curvatura de la tierra. Las trayectorias de los rayos se ven afectadas por las condiciones de la atmósfera, en la que intervienen la temperatura, presión y humedad, sin embargo no tiene trascendencia considerar la situación exacta de los desvanecimientos al proporcionar una comunicación fiable de aire a tierra, ya que es más importante el hecho de que tales desvanecimientos existan. No es crítico realizar un análisis exhaustivo de los perfiles del índice de refracción de

la atmósfera y puede aproximadamente considerarse una propagación en el espacio libre. El efecto que produce la refracción de la atmósfera terrestre se toma en cuenta adecuadamente utilizando el método del radio ficticio terrestre equivalente.

El fenómeno de difracción en la atmósfera se debe a la dispersión creada por turbulencia en la tropósfera y condiciones atmosféricas normales. A 850 MHz, la potencia dispersada es despreciable frente a la potencia recibida. En consecuencia la dispersión en la atmósfera puede despreciarse si la trayectoria radioeléctrica tiene visibilidad directa determinada por los efectos refractores.

Tanto la antena de a bordo instalada en la parte inferior de la aeronave como la antena de la estación de base son dipolos de media longitud de onda; la antena de a bordo está dispuesta de tal manera que las señales reflejadas de la superficie de la aeronave se reducen al mínimo.

Cuando la aeronave se encuentra en movimiento se produce un cambio de los ángulos formados por el trayecto del rayo con las antenas, originándose que las directividades de la antena causen pequeñas fluctuaciones de la señal. La amplitud de las fluctuaciones dependen en gran medida del diagrama de radiación de la antena, produciéndose una fluctuación máxima cuando un motor de la aeronave u otros obstáculos ensombrecen los trayectos entre la aeronave y las antenas de la estación de base.

Si se aumenta la frecuencia por ejemplo de 860 MHz a 1600 MHz, el efecto predominante es la pérdida en el espacio libre, con un desvanecimiento más profundo debido a la mayor conductividad del terreno y a la mayor reflexión especular.

2.2.2.5.2. Efectos del desplazamiento Doppler

Al emitir una señal radioeléctrica desde una aeronave hacia la superficie terrestre, un receptor ubicado en ella recibe el eco de la señal transmitida, en éste caso el transmisor y el receptor se encuentran en movimiento relativo por lo que la frecuencia original transmitida se cambia dos veces. La diferencia entre la frecuencia transmitida y la recibida se conoce como corrimiento Doppler y aproximadamente es proporcional al movimiento relativo entre el avión y la tierra según la dirección del haz de energía.

Cuando una onda emitida es reflejada por un objeto en movimiento, la frecuencia de la onda reflejada aumenta si el objeto se desplaza en dirección al receptor, por el contrario si el objeto se aleja del receptor, la frecuencia de dicha onda disminuye.

Considerando la transmisión de la señal desde el avión hacia tierra (Ver figura # 2.2), la longitud de onda observada en el receptor viene dada por la siguiente expresión:

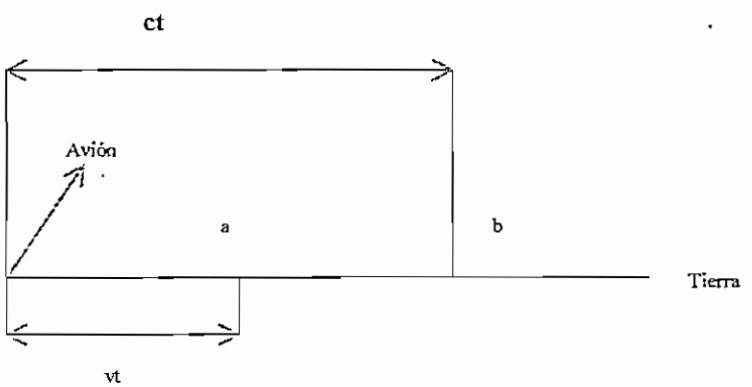


Figura 2.2. Efecto Doppler-Transmisón

$\lambda = (ct-vt) / ft = (c-v) / f$

Entonces la máxima desviación Doppler, resulta ser:

$f_d = v / (c/f)$

donde λ : longitud de onda

v: velocidad relativa del avión en la dirección del haz

f : frecuencia de radiación

c: velocidad de las ondas electromagnéticas

t : tiempo

El corrimiento Doppler es un parámetro muy importante que hay que considerar en el diseño de sistemas destinados a facilitar las comunicaciones desde aire a tierra. Para la máxima velocidad estimada de una aeronave, aproximadamente 600 millas/hora, a una frecuencia de funcionamiento de 850 MHz el máximo desplazamiento Doppler que experimenta al volar sobre una estación de base en sentido radial es del orden de 760 Hz.

El desplazamiento Doppler afecta a las comunicaciones aire-tierra, produciendo interferencia en una estación de base que está funcionando con dos aeronaves simultáneamente y entre aeronaves que funcionan con estaciones de base adyacentes, cuando el desplazamiento Doppler representa un porcentaje considerable del ancho de banda del canal.

Consideremos el caso, que una aeronave vuela en dirección a una estación de base funcionando en un determinado canal y otra volando en una dirección que se aleja de dicha estación funcionando en un canal contiguo superior, hay un desplazamiento de frecuencia ascendente en la estación de base originado por la aeronave del canal inferior y un desplazamiento de frecuencia descendente producido por la aeronave que se aleja de dicha estación. El efecto resultante en la estación de base es una interferencia, debido a que las señales recibidas pueden solaparse.

Las aeronaves reciben las señales transmitidas desde las estaciones de base, por tanto el desplazamiento Doppler experimentado en el enlace ascendente está dado únicamente por la diferencia de frecuencia originada en dichas estaciones. Análogamente, se produce una interferencia de canal adyacente inducida por efecto Doppler en las estaciones de base adyacentes.

Se puede evitar esta interferencia de canal adyacente inducida por efecto Doppler, utilizando bandas de guarda entre los canales adyacentes con un ancho de banda mayor que el máximo desplazamiento Doppler y evitando asignaciones de frecuencias adyacentes tanto dentro de una célula como entre células contiguas. Sin embargo la aplicación de cualquiera de estos dos métodos produce una disminución del rendimiento espectral.

Un tercer método que se podría aplicar para evitar la interferencia, consiste en compensar previamente el desplazamiento Doppler en el transmisor de la aeronave. Si en la aeronave se conoce el desplazamiento Doppler recibido se podrá aplicar el desplazamiento opuesto con el fin de que en la estación de base

se reciba la señal en la banda de frecuencia correcta. Este método solucionaría únicamente el problema de interferencia entre canales adyacentes, ya que la compensación previa del Doppler no puede compensar la interferencia de canal adyacente inducida por efectos Doppler en estaciones contiguas.

Los métodos expuestos anteriormente se aplican tanto a sistemas de un solo canal por portadora SCPC como a sistemas de señales múltiples por portadora por ejemplo en el caso de acceso múltiple por distribución en el tiempo AMDT

En los sistemas AMDT hay que considerar los siguientes aspectos:

- Una portadora en la estación de base está formada por intervalos de tiempo en los que se encuentran las señales de diferentes aeronaves, cada una de ellas con su propio desplazamiento Doppler, si se aplica el método de banda de guarda, únicamente se requiere proporcionar dos bandas de guarda en torno de cada portadora AMDT con la finalidad de que este margen de seguridad sea compartido entre todos los intervalos de tiempo de canal telefónico que utilizan la portadora.

Si se tiene un elevado número de intervalos de tiempo el efecto de la banda de guarda se reduce al mínimo. Sin embargo la complejidad del sistema de recepción aumenta considerablemente en virtud de que se realiza el rastreo de un número de desplazamientos Doppler igual al número de señales presentes en los intervalos de tiempo de la portadora.

El método de compensación previa del corrimiento de frecuencia se utiliza con el propósito de suprimir la necesidad de bandas de guarda y reducir el problema de recuperación de portadoras en la estación de base. Además en la estación de

base queda pendiente arreglar el problema del desplazamiento residual de la portadora entre las aeronaves que ocupen intervalos de tiempo diferentes.

La implantación de este tipo de sistemas, lleva a examinar en primer lugar las posibilidades de utilizar terminales con acceso a redes de telecomunicaciones existentes considerando aspectos fundamentales relacionados principalmente con la normalización, el área de cobertura de las aeronaves y las bandas de frecuencias asignadas a los diferentes servicios.

Respecto de la normalización la Aviación Civil impone condiciones restrictivas a los equipos radioeléctricos utilizados en el avión, por lo que el diseño de éstos debe ser específico, en las aeronaves está prohibida la utilización de los terminales convencionales y en general cualquier transmisor o receptor de radio.

La operación de las aeronaves se extiende a una área muy amplia cuya cobertura puede ser entre estados y entre continentes, lo que origina problemas debido a la existencia de redes de telecomunicaciones diferentes e incompatibles entre sí.

Las bandas de frecuencias asignadas a los diferentes servicios móviles son específicas y no podrían utilizarse indistintamente en razón de que la operación de estaciones a gran altura podrían causar interferencia en sistemas lejanos pertenecientes a otros servicios.

Por lo expuesto anteriormente la tendencia actual es la realización de sistemas específicos capaces de brindar acceso a las redes públicas de telecomunicaciones

2.2.2.6. Arquitectura del Sistema

Un Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública desde aeronaves está constituido básicamente por los siguientes elementos: estaciones de aeronave (EA), estaciones de tierra (ET) y centros de control (CC)

Las estaciones de aeronave están equipadas en el interior de las aeronaves, permitiendo en primer lugar la funcionalidad del usuario esto es marcación, conversación, cobro, etc. y en segundo lugar establecen el enlace radioeléctrico con las estaciones de tierra para la transmisión y recepción oportuna de la información de tráfico y señalización interna del sistema.

Las estaciones de tierra están situadas en la superficie terrestre y sus funciones son la correspondencia en el enlace radioeléctrico con las estaciones de aeronave, además prolongan los enlaces hacia las redes públicas y mantienen un diálogo con el centro de control del que obtienen información de coordinación sobre la gestión de la red. En algunos casos realizan la interconexión con las redes públicas.

El centro de control es la entidad funcional del sistema que tiene el control total del sistema. Su función principal es la de gestionar adecuadamente los recursos de la red y en determinadas topologías se encarga de la interconexión con las redes públicas.

2.3 TIPOS DE SISTEMAS

Existen dos sistemas que permiten la correspondencia pública desde aeronaves los que se diferencian en su estructura por la manera en la que se realiza el acceso a las redes públicas.

El primer sistema denominado Sistema Móvil de Correspondencia Pública Terrestre permite el acceso a las redes públicas a través de un enlace radioeléctrico directo entre las estaciones de aeronaves y las estaciones de tierra.

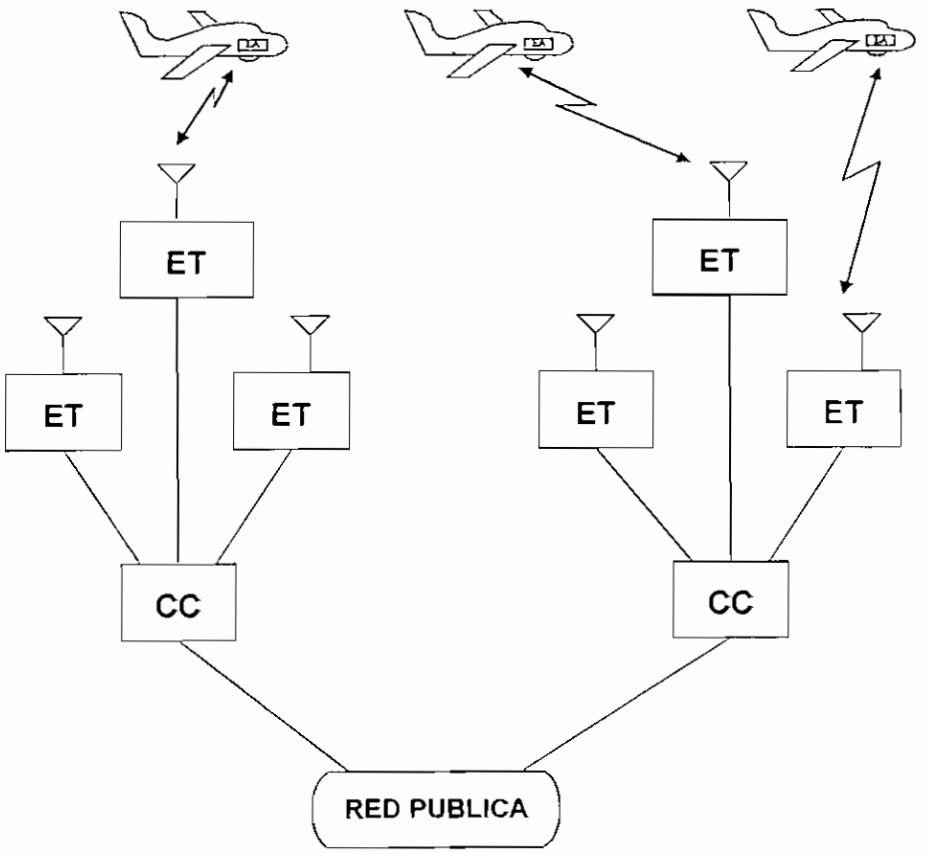


Figura 2.3. Sistema Móvil Aerpnáutico de Correspondencia Pública Terrestre

El segundo sistema denominado Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública por satélite permite el acceso a las redes públicas realizando el enlace

radioeléctrico entre las estaciones de aeronaves y las estaciones de tierra a través de un satélite que actúa como repetidor radioeléctrico.

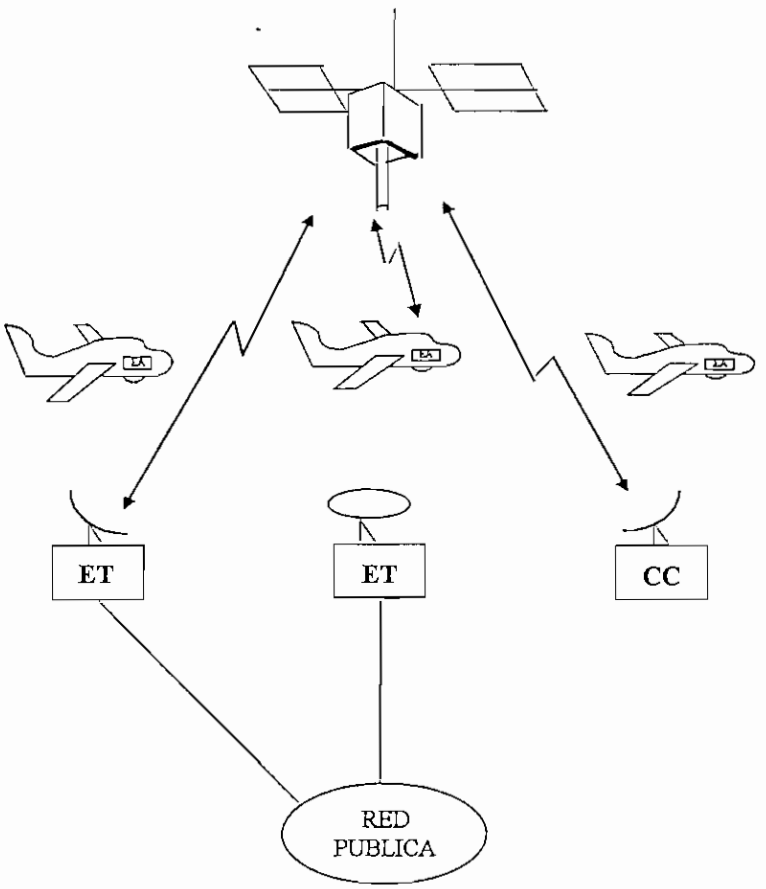


Figura # 2.4 Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública por Satélite

Los sistemas terrenales operan con una red de estaciones terrestres distribuidas por toda el área de servicio en la que garantizan una adecuada calidad de servicio, el costo de la infraestructura comparado con un sistema por satélite está determinado por la disposición de las estaciones ubicadas en tierra, no obstante si las estaciones se distribuyen uniformemente por toda el área de servicio, adoptando estructuras celulares en el uso de frecuencias se obtendrá una mayor capacidad del sistema al reutilizar la misma frecuencia varias veces en la red, razón por la cual un sistema terrenal tiene una mayor capacidad de tráfico que un sistema por satélite puesto que se utilizan los mismos canales en diferentes zonas geográficas. Además los sistemas terrenales conducen a un equipamiento de menor coste en las aeronaves sobre todo en el subsistema de antena y no están afectados por el costo del segmento espacial traduciéndose todo esto en un servicio más económico para el usuario.

Los sistemas por satélite en cambio presentan una ventaja respecto de los sistemas terrenales con relación al área de cobertura del servicio. Los sistemas por satélite podrían cubrir toda el planeta exceptuando las zonas polares con un número limitado de satélites, lo que les convierte en sistemas apropiados para cubrir zonas de difícil acceso como los mares, océanos, extensas zonas despobladas, y zonas terrestres de difícil cobertura consiguiéndose por tanto desarrollar sistemas que presten un servicio de carácter mundial con equipamiento único, es decir el mismo equipo de aeronave podría ser utilizado para vuelos transoceánicos, intercontinentales y nacionales.

Los sistemas terrenales por tanto son adecuados para prestar servicio a una zona geográfica limitada y los sistemas por satélite para dar servicio a zonas más extensas como todo el globo terráqueo.

2.4 SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA TERRENAL (SMACP)

Actualmente, en el ámbito mundial se han desarrollado tres sistemas terrenales que prestan servicio telefónico móvil público con aeronaves.

1. Un sistema terrenal implementado en el Japón integrado en el sistema móvil terrestre para telefonía de uso público.
2. El sistema de correspondencia pública con las aeronaves comerciales en EE.UU. de América y Canadá.
3. El sistema móvil aeronáutico con acceso a la red pública TFTS (Terrestrial Flight Telephone System) implantado en Europa.

A continuación se describirán las características del Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública desde Aeronaves Terrenal, tomando como referencia los sistemas antes mencionados.

2.4.1 Servicios ofrecidos por el sistema

El objetivo fundamental del sistema es permitir el acceso desde las aeronaves comerciales y privadas a las redes públicas de telecomunicaciones en la dirección aire-tierra. En el avión se encuentran instalados los equipos, que

pueden ser utilizados por los pasajeros abordo como si de terminales públicas se tratase.

Los sistemas instalados en EE.UU., Canadá, Reino Unido así como el sistema TFTS (Terrestrial Flight Telephone System) paneuropeo, están configurados de tal manera que no permiten llamadas entrantes a la aeronave, principalmente por problemas de explotación:

a) las llamadas originadas en tierra presentan la dificultad de ubicar en qué vuelo se encuentra un determinado pasajero y su localización en el interior del avión.
b) Otra razón radica en el problema de atender llamadas erróneas.
c) Finalmente se trata de evitar perturbaciones a los procedimientos y servicios normales de cabina de las líneas.

Las comunicaciones de servicio que tienen relación con el control de tráfico aéreo y comunicaciones operacionales de las compañías aéreas.

Los tipos de servicios ofrecidos son los siguientes:

1. Telefonía con acceso a la red telefónica conmutada RTC.
2. Acceso a la red digital de servicios integrados RDSI.
3. Transmisión de datos en modo circuito con la posibilidad de acceder a la RTC y/o RDSI.
4. Transmisión de datos en modo paquete con acceso a la red pública de conmutación de paquetes.

5. Transmisión de datos en modo asíncrono con acceso a redes de paquetes (empaquetadores-desempaquetadores) y facsímil.

2.4.2 Aspectos Técnicos

2.4.2.1 Arquitectura del sistema.

En general el sistema está estructurado por estaciones de aeronave EA, estaciones de tierra ET y Centros de Control CC, las ET y los CC conforman la red terrestre que recibe todo el tráfico generado por las estaciones de aeronave.

La estructura de la red terrestre responde a una distribución jerarquizada del área de servicio, dentro de la cual las aeronaves hacen uso del sistema. El área de servicio se divide a su vez en áreas elementales cada una de ellas atendida por su correspondiente estación de tierra, con la finalidad de prestar el servicio considerando todas las posibilidades de ubicación de las aeronaves que se encuentran en operación, así una área está destinada a facilitar el servicio a aeronaves que vuelan a la altura de crucero (4,5 a 13 Km) denominada Área de Estación de Tierra de ruta; las aeronaves que se encuentran realizando las maniobras de despegue y aterrizaje (0 a 4,5 Km) utilizan el servicio en un área llamada Área de Estación de Tierra de maniobras, además hay una área llamada Área de Estación de Tierra de Aeropuerto destinada a facilitar el servicio en las sendas de planeo, pistas de rodadura y zonas de aparcamiento de las aeronaves.

Un grupo de áreas de estaciones de tierra forman el Área de centro de control, que facilita la interconexión en forma autónoma con las redes públicas, por consiguiente la integración de todas las áreas de centro de control constituyen el área de servicio. Adicionalmente en las áreas de centro de control, dependiendo del diseño de la red se encuentran también dos entidades denominadas centro de explotación CE y centro de facturación CF, que se encuentran conectadas directamente a las redes públicas y a través de éstas al resto del sistema.

2.4.2.2 Reutilización de frecuencias

En este tipo de sistemas la reutilización de frecuencias se realiza de una manera similar a la establecida en el servicio telefónico celular, donde las estaciones de base están repartidas por toda el área de servicio con asignación dinámica de canales de frecuencias predefinidas. En cualquier sistema vía radio, el mayor condicionante en el diseño es el espectro radioeléctrico disponible. La utilización eficaz de este recurso es una necesidad imperiosa.

En un sistema celular, se trata de aprovechar al máximo el número de radiocanales disponibles restringiendo el área de cobertura de una estación de base, para poder reutilizar las frecuencias a una cierta distancia . El área de cobertura de una estación de base es lo que se denomina "Célula"; en los vértices o en el centro de la célula está ubicada una estación de base que maneja un número de radiocanales capaces de soportar el tráfico generado en su inferior. Las células se organizan en agrupaciones o clusters, según el esquema

de reutilización de frecuencias escogido y mediante la traslación repetitiva de éstos (cluster básico) se cubre todo el área deseada.

Si se consigue una disminución significativa del tamaño de las células es posible disminuir la distancia de reutilización, lo que determina dos características importantes en estos sistemas: un aumento de la capacidad del sistema y la caracterización de un parámetro importante en el diseño radioeléctrico, como es el nivel máximo tolerable de interferencia cocanal.

La separación entre células que utilizan el mismo grupo de frecuencias está determinada por la distancia de reutilización y depende del rechazo de la interferencia cocanal, parámetro con el que se determina el área de servicio.

Rechazo de la señal cocanal.- Se define cuando la señal deseada se halla en presencia de una fuente de interferencia de la misma frecuencia.

Si D es la distancia requerida entre células que utilizan el mismo grupo de frecuencias, C e I la relación portadora - interferencia y r el alcance de la estación de base de la célula, D cumple la siguiente relación:

$$D = r\,(C/I)^{1/n}$$

donde n es el número de células o grupos de frecuencias

Una disminución de r por tanto reduce la distancia D manteniendo constante la relación C/I, permitiendo la reutilización de una frecuencia un mayor número de veces en la estructura celular correspondiente a la zona de servicio.

Como se mencionó anteriormente cada célula tiene un grupo de frecuencias, éste grupo se relaciona con el coeficiente de reutilización D/r por la siguiente ecuación:

$$D/r = \sqrt{3n}$$

donde n es el número de grupos de frecuencias

La organización celular de la red terrestre, permite una evolución dinámica del sistema, ya que el manejo de tráfico en la red puede sectorizarse realizando una subdivisión de las células en células más pequeñas, las mismas que tienen la capacidad de manejar un mayor volumen de tráfico, aumentando de ésta manera la capacidad inicial. Una estructura heterogénea celular en relación con el tamaño de las células y con la posibilidad de sectorización confiere al sistema una gran flexibilidad.

Una consecuencia inmediata del diseño de la red a través de una estructura celular es la necesidad de traspasar las llamadas en curso de una célula a otra cuando el móvil atraviesa la frontera entre ellas. Esta operación es llamada habitualmente "handover"[3].

En una red celular terrestre del servicio móvil telefónico, la reutilización de frecuencias está determinada por el rechazo de interferencia cocanal, en definitiva limitado por la potencia, mientras que en los sistemas de aire a tierra,

[3] Ver Anexo # 10 Gestión de Movilidad.

debido al desplazamiento horizontal de la aeronave, la pérdida del trayecto se origina por la variación de la distancia entre la estación fija terrestre y la estación móvil de aeronave, por tanto la reutilización de las frecuencias está determinada por el control de la interferencia limitado por el horizonte.

La altura de vuelo de las aeronaves determina el tamaño y la separación de las células; en el sistema al que estoy haciendo referencia, por ejemplo para una altura comprendida entre 4,5 y 13 Km, el radio máximo de la célula estaría alrededor de 350 km, así mismo cada estación de tierra tiene un radio de operación relativo a la distancia del horizonte radioeléctrico en dependencia a la altura de la aeronave, por ejemplo, si la altura de vuelo del avión es 13700m. dicha distancia es aproximadamente 480 km. Además la separación real de las células está considerada tomando en cuenta otros parámetros técnicos como: las alturas de las estaciones terrestres y de las antenas, los márgenes de propagación, el conocimiento de las posiciones de las aeronaves y las características topográficas.

El control de la interferencia en el sistema, principalmente la que tiene relación con los productos de intermodulación, se realiza limitando la potencia en los transmisores de la aeronave, los cuales están provistos de un control automático de ganancia y un control automático de frecuencia con el fin de ajustar los desplazamientos producidos por el efecto Doppler.

2.4.2.3 Soporte físico del sistema

2.4.2.3.1 Estaciones de Aeronave

Las antenas instaladas en la aeronave son monopolos normales de tipo lámina que se encuentran en la parte inferior del fuselaje, centradas a lo largo de una línea definida por las alas cuyo plano de tierra soporta el fuselaje que tiene la característica, dadas sus dimensiones, de presentar varias longitudes de onda en cualquier dirección.

La unidad de cálculo de a bordo (UCA), se encuentra instalada en la aeronave en el bastidor de equipos electrónicos, la misma que está provista de un microprocesador para realizar principalmente las funciones de control y maneja además un conjunto de canales radioeléctricos de estación de base que se transmiten a los microteléfonos sin cordón de la aeronave. Además el microprocesador de la UCA. cumple otras funciones de control tales como la supervisión del equipo de a bordo y los datos sobre su funcionamiento.

El Soporte de Microteléfono de Cabina (SMC) es un dispositivo adherido a la pared que sostiene el microteléfono sin cordón y está situado dentro de la aeronave en un lugar específico. En el se pueden distinguir un lector de tarjetas de crédito, un microprocesador y un cargador de baterías. El SMC funciona en coordinación con la UCA, pues permiten al usuario la utilización del microteléfono, a través de una verificación de la tarjeta de crédito y una señal enviada por la UCA hacia el SMC que permite la liberación del mismo.

En la aeronave, van instalados en los respaldos de los asientos de los pasajeros un microteléfono de respaldo de asiento, que está directamente cableado a la

UCA, desde donde al usuario, a través de la inserción de una tarjeta de crédito libera el microteléfono de su soporte, y queda habilitado para realizar las llamadas.

Finalmente la unidad común (CMN) contiene los circuitos de radio frecuencia y la fuente de alimentación para todo el equipo aire-tierra del bastidor de electrónica de la aeronave .

2.4.2.3.2 Estaciones Terrestres

Una estación terrestre básicamente se compone de 5 partes principales: una unidad tranceptora (TX/RX), una Unidad de Trama (FRU), una Unidad de Tráfico (TRU), una Unidad Control (CRU) y una Unidad de Tiempo y Frecuencia, lo cual se indica en el siguiente diagrama de bloques (figura # 2.5)[4].

[4] Ver Anexo # 13 Funciones de los componentes de una estación terrestre

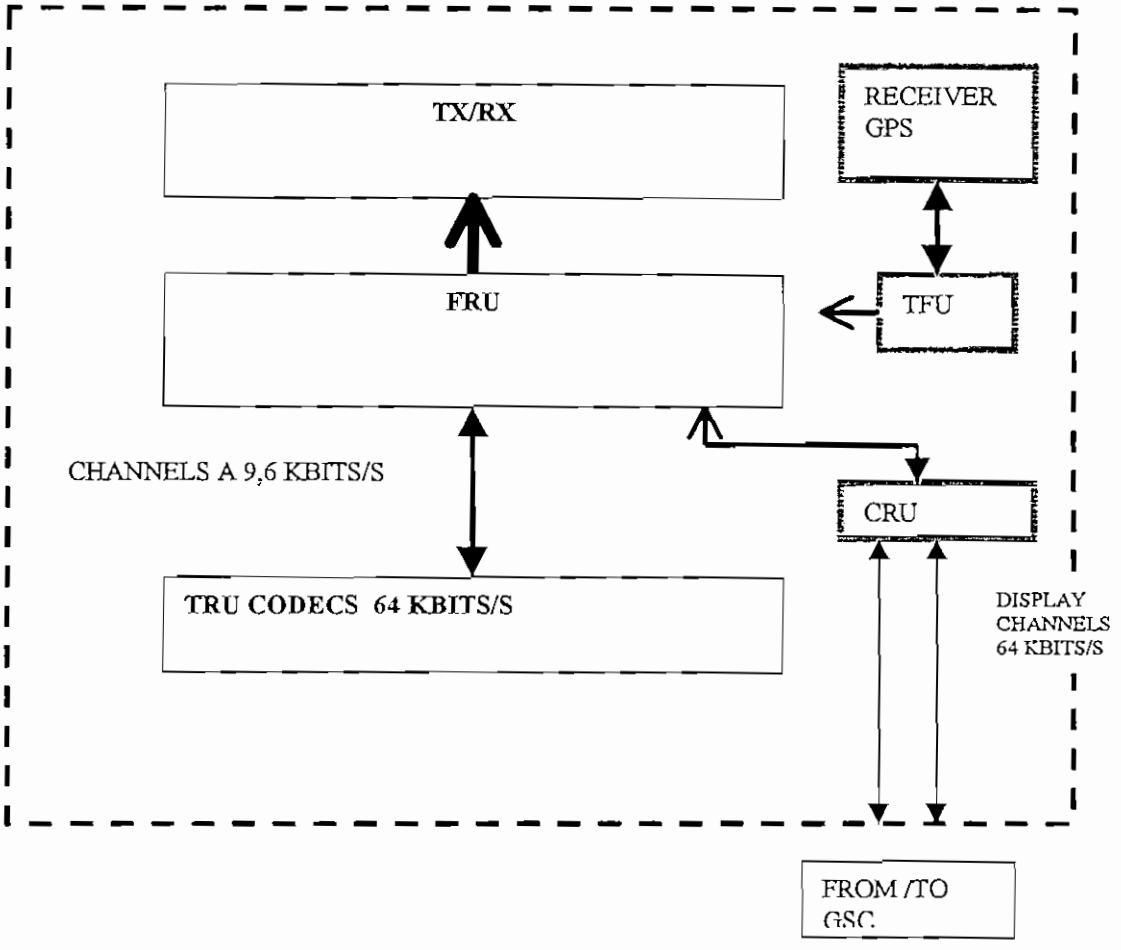


Figura # 2.5 Componentes de una Estación Terrestre

2.4.2.3.3. Centro de Conmutación y control

Al sistema de estaciones Terrestres pertenece el Centro de Conmutación, las cuales tienen asociado un cierto número de estaciones de tierra. Desarrollan la función de gestionar las llamadas procedentes de estas estaciones, tanto en lo que se refiere al enrutamiento hacia las redes públicas como al control de las fases de. conversación y de desconexión.

Las especificaciones técnicas del Terrestrial Fligth Telecommunication System (TFTS), se indican en el ETS 300 326, partes 1,2 y 3 del Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo, sección Compatibilidad Electromagnética y Materia de Radio Espectro.

Las características del sistema de servicio público de telecomunicaciones móviles con aeronaves a nivel mundial son las indicadas en la Recomendación UIT-R M 1040[5], donde se indica que el mismo cumple con las normas de la AEEC (Airlines Electronic Engineering Committee) y de la EAEC (European Airlines Electronics Committee) en lo que respecta al equipo de a bordo, y las características del subsistema de radio a bordo están especificadas en ARINC[6] CHARACTERISTIC 752.

2.5 SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PUBLICA POR SATÉLITE (S M A S)

2.5.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente se dispone de redes de comunicaciones terrenales en ondas métricas y decamétricas para el servicio de tráfico aéreo (ATS), el control operacional de aeronaves (AOC), las comunicaciones de administración aeronáuticas de operaciones aeronáuticas (AAC) y las comunicaciones de pasajeros, sin embargo las redes de comunicaciones terrenales no brindan la

[5] Ver anexo # 3 Recomendación UIT-R M 1040
[6] ARINC: AERONAUTICAL RADIO INC

confiabilidad esperada, puesto que las aeronaves en ciertos casos afrontan el problema de comunicarse de modo fiable con las estaciones ubicadas en tierra. Los servicios por satélite ofrecen la posibilidad de mejorar la capacidad de los canales, la calidad y la fiabilidad de las comunicaciones para las aeronaves en muchas zonas del mundo.

La comunidad de aviación civil internacional se encuentra trabajando con el fin de conseguir la implantación de un servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS) que proporcione servicios de tráfico aéreo, de control operacional, de administración y de comunicaciones de pasajeros, para lo cual la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), dando cumplimiento a su misión de adoptar normas y prácticas recomendadas (SARP) para la aviación civil internacional está elaborando esas normas y prácticas para el SMAS (R).

La elaboración de las SARP están fundamentadas sobre la base de la arquitectura del sistema de satélites desarrollada por el Comité Especial del futuro sistema de navegación aérea (FANS) de la OACI, el Manual de definición del sistema de aviación de INMARSAT y las características de equipamiento del SMAS aprobadas por el Airline Electronic Engineering Committe (AEEC). El comité especial 165 de RTCA está elaborando características de equipos electrónicos de a bordo (aviónica) que se ajustan a las SARP estipuladas por la OACI.

Estas normas y prácticas recomendadas de la OACI garantizarán que las aeronaves que funcionen en todo el mundo puedan recibir los servicios móviles

aeronáuticos por satélite que cumplen los requisitos de aviación en cualquiera de las estaciones terrenas aeronáuticas que se ajusten a esas normas.

Los sistemas por satélite en la actualidad no están completamente desarrollados, el consorcio Skyphone formado por la British Telecom International (BTI) , Norwegain Telecom y Singapore Telecom han realizado sistemas experimentales en el año 1989, basándose en la norma INMARSAT-AERO. El sistema desarrollado por la BTI usó el satélite Marecs-B utilizado normalmente por INMARSAT, que está emplazado en la región atlántica , y la estación terrena de BTI situada en Goonhilly (Gran Bretaña) . El sistema ha entrado en explotación comercial para prestar el servicio telefónico en el año de 1990. Se considera que el sistema basado en la norma INMARSAT-AERO experimentará un desarrollo considerable en el futuro, puesto que habrá un incremento en el número de aviones que equipen terminales del sistema, y por otra parte se pondrán en servicio satélites denominados por INMARSAT de la segunda generación, equipados con antenas de haces múltiples que permiten un aumento de la capacidad de tráfico y un mejor aprovechamiento del segmento espacial .

ARINC/SITA y otros están proyectando introducir en 1990 servicios comerciales de comunicaciones aeronáuticas por satélite a través del segmento espacial de INMARSAT.

Japón actualmente realiza experimentos de comunicaciones preoperacionales a través de un satélite INMARSAT con el propósito de demostrar y evaluar los servicios de facsímil y telefonía públicos utilizando un avión de pasajeros

(Boeing 747). También en 1988 Reino Unido realizó pruebas de perfeccionamiento para realizar la introducción de servicios telefónicos para los pasajeros de aeronaves utilizando satélites INMARSAT.

La Agencia Espacial Europea (ESA), Canadá, la República Federal de Alemania y otros países han realizado experimentos de comunicaciones de datos a baja velocidad y aspectos de propagación utilizando un satélite INMARSAT dentro del programa PRODAT de la ESA.

Además en el Japón se encuentra en desarrollo un proyecto, denominado sistema móvil experimental por satélite, utiliza el ETS-V (ETS-V/EMSS), que tiene como objetivo entre otros, el de establecer la tecnología fundamental para las comunicaciones del SMAS.

2.5.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

2.5.2.1 Elementos principales del sistema

Los elementos principales del SMAS son el segmento espacial constituido por los satélites y las estaciones terrenas que los controlan, las estaciones terrenas de tierra (GES) que proporcionan las interfaces entre los satélites y las redes terrenales fijas en fonía y de datos, y las estaciones terrenas de aeronave (AES) que comprenden los sistemas de aviónica y de antenas a bordo de la aeronave .

La arquitectura del sistema es capaz de satisfacer una serie de requisitos de comunicaciones entre las que pueden citarse Servicio de Tráfico Aéreo (ATS), Control Aeronáutico de Operaciones (AOC), Comunicaciones Administrativas

Aeronáuticas (AAC) y Correspondencia Pública Aeronáutica (APC). Se utiliza la misma arquitectura de sistemas para diversos niveles de servicio básico de transmisión de datos a baja velocidad hasta un servicio por canales múltiples de transmisión de datos a alta velocidad.

2.5.2.2 Servicios ofrecidos por el Sistema

Estos sistemas están concebidos para ofrecer diferentes tipos de servicios a los pasajeros y a la tripulación de aviones, permitiendo comunicaciones del control de tráfico aéreo, control operacional de líneas aéreas y comunicaciones de pasajeros.

El control de tráfico aéreo se realizará de una manera más eficiente puesto que el avión transmitirá automáticamente su posición a los controladores en cortos intervalos de tiempo los mismos que realizarán la gestión de tráfico de una manera más segura, evitando las comunicaciones en forma de voz que ahora se dan entre piloto y controlador.

El control operacional de las aeronaves se puede realizar en cualquier momento sin importar la posición del avión en vuelo, la información relativa a la aeronave, es enviada directamente a la base de la compañía en tierra.

Los pasajeros desde las aeronaves pueden realizar diversos tipos de comunicaciones como el servicio telefónico convencional, comunicaciones de datos, fax, etc. Los servicios previstos son los siguientes :

- Servicios en modo circuito, con conexión a la RTC y/o a la RDSI y/o redes privadas. En estos servicios se incluyen el servicio telefónico convencional y la transmisión de datos en modo circuito.
- Servicios de datos en modo paquete, con acceso a la RPCP o a redes de datos privadas, por ejemplo las operadas por SITA y ARINC (Aeronautical Radio Incorporated) .
- Facsímil.

Estos servicios están disponibles en el sentido aire-tierra. En el sentido tierra-aire se pueden dar todos los servicios que están dirigidos a la tripulación , pero los que están dirigidos a los pasajeros por el momento no se permiten en razón de la dificultad que se presenta al intentar encontrar en que vuelo va el pasajero o localizarlo en el interior del avión y contestar llamadas erróneas.

2.5.2.3 Cobertura del Servicio

La zona de cobertura del servicio depende de algunos factores como:

a) la ganancia efectiva de la antena de la aeronave orientada hacia el satélite durante la maniobra de la aeronave.

b) El nivel de señal recibido por el satélite procedente de la aeronave con la que se está comunicando; éste nivel depende de las ganancias de las antenas del satélite y de la aeronave y de las pérdidas del trayecto en dirección al satélite.

c) La p.i.r.e. de la señal emitida por el satélite

d) El nivel de la señal recibida en la aeronave procedente del satélite con el que se está comunicando.

2.5.2.4 Interfaces con los equipos de aviónica

La estación terrena de aeronave está preparada para recibir tres tipos de información:

a) información de control (datos de vuelo, número de vuelo, etc.)

b) datos de usuario (ATS, AOC, AAC y comunicaciones de pasajeros)

c) voz (de la cabina de los pasajeros y del piloto)

2.5.2.4.1 Procesamiento de datos

Los datos se originan fundamentalmente en la aeronave, en los sistemas de navegación inercial, los paneles de control manejados por la tripulación, etc. Considerando la amplia variedad de fuentes es necesario que se realice un proceso previo de éstas entradas en una unidad de gestión de datos adecuada antes de su aplicación al sistema de comunicaciones por satélite. Los datos originados en tierra se presentan adecuadamente a la tripulación a través de una pantalla para su utilización. La OACI utiliza el concepto de Interconexión de Sistemas Abiertos (ISA) de la organización de Normalización Internacional (ISO) para el intercambio de comunicaciones de datos.

2.5.2.4.2 Tráfico de señales vocales

Dos fuentes originan el tráfico de señales vocales, la cabina del piloto y la cabina de pasajeros, cada una de ellas establece su comunicación de acuerdo a las necesidades requeridas, es posible elegir la fuente activa entre las que estén disponibles, mediante un dispositivo de conmutación instalado en la aeronave.

2.4.2.5 Arquitectura del Sistema

El sistema por satélite básicamente está formado por los siguientes elementos:

- El segmento espacial que comprende los transpondedores de comunicaciones por satélite y las bandas de frecuencia asignadas a éste sistema móvil.
- Las estaciones terrenas fijas (ETF) o estación terrena de tierra (GES), que se encuentran ubicadas en tierra, cuya función es la de establecer el enlace radioeléctrico con el satélite y con las redes fijas.
- Estaciones móviles terrenas (EMT) o estación terrena de aeronave (AES), estas estaciones se encuentran instaladas a bordo de las aeronaves, su misión es establecer el enlace radioeléctrico con el satélite y permiten la conexión con los terminales de voz y datos de tripulación y pasajeros.
- Estaciones de coordinación de la red (ECR), están ubicadas en tierra y su función principal es realizar la gestión y control de la red a través de un enlace radioeléctrico con el satélite.

2.5.2.6 Bandas de frecuencia del S M A S (R)

Las bandas de frecuencia utilizadas por el sistema son las que se especifican en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. Las frecuencias de estas bandas están distribuidas de la siguiente manera :

- Hacia la aeronave.- La estación terrena de aeronave recibe las señales en la banda de 1.544 a 1.555 MHz. El uso de ésta banda por parte de los servicios móviles por satélite está limitado a operaciones de socorro y

seguridad. La estación terrena de aeronave debe estar en condiciones de recibir en la banda de frecuencias de 1.555 a 1.559 MHz. Esta banda de frecuencias puede estar protegida y ser utilizada por algunos estados para fines nacionales e internacionales del S M A S (R). La estación terrena de aeronave también puede recibir en la banda de frecuencias de 1.525 a 1.544 MHz. Esta banda de frecuencias se utiliza para comunicaciones de socorro y de correspondencia pública con estaciones del servicio móvil marítimo por satélite, de conformidad con el número 3571 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

- Desde la Aeronave.- La estación terrena de aeronave transmite en la banda de frecuencias de 1.645,5 a 1.656,5 MHz. El uso de esta banda por parte de los servicios móviles por satélite está limitado a operaciones de socorro y seguridad.
- La estación terrena de aeronave está en condiciones de recibir también en la banda de frecuencias de 1.656,5 a 1.660,5 MHz. Esta banda puede estar protegida y ser utilizada por algunos estados para fines nacionales e internacionales del S M A S (R).
- La estación terrena de aeronave también transmite en la banda de frecuencias 1.626,5 a 1645,5 MHz. Esta banda de frecuencias puede utilizarse para comunicaciones de socorro y de correspondencia pública con estaciones del servicio móvil marítimo por satélite, de conformidad con el número 3571 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Los canales son atribuidos en todas las bandas en incrementos de 2,5 KHz. para el trayecto de transmisión tanto hacia la aeronave como desde la aeronave.

La asignación de canales y la sintonización de la estación terrena de aeronave se realiza bajo el control de la estación terrena de tierra (GES).

2.5.2.7 Canales de RF utilizados para señalización y comunicación entre las estaciones AES y GES

- Canal P

El canal P es un canal múltiplex por distribución en el tiempo (TDM) en modo paquete, utilizado para la transmisión de señalización y datos de usuario desde la estación terrena de tierra (GES) aeronáutica hacia la aeronave.

- Canal R

El canal R es un canal de acceso aleatorio (Aloha a intervalos), utilizado para transmitir desde la aeronave señalización y datos de usuario.

- Canal T

El canal T es un canal de acceso múltiple por distribución en el tiempo (AMDT) para reserva, se lo utiliza para transmitir desde la aeronave. La GES receptora reserva intervalos de tiempo para mensajes. La AES emisora transmite el mensaje en los intervalos de tiempo reservado, de acuerdo con la prioridad.

- Canal C

Un solo canal por portadora (SCPC) en modo circuito, utilizado en ambos sentidos, hacia la aeronave y desde la aeronave. Este canal multiplexado por distribución en el tiempo constituye un canal primario, para el tráfico en fonía o de datos, y un canal de sub-banda para señalización, supervisión y mensajes de datos. El uso de este canal se controla mediante señalización de asignación y de liberación, al comienzo y al final de cada transacción.

2.5.2.8 Velocidades de Transmisión por canal

Las velocidades de transmisión por canal son las que se ajustan a los distintos niveles de capacidad del sistema definidos en la sección precedente. En la siguiente tabla se resumen las velocidades de transmisión por canal.

VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (Kbits/s)	CANALES APLICABLES	
	AES DE RECEPCIÓN	AES DE TRANSMISIÓN
0,6	P	R,T
1,2	P	R,T
2,4	P	R,T
4,8	P	----
5,25	C	C
6,0	C	C
10,5	P,C	R,T,C
21,0	C	C

Tabla 4.1 Velocidades de transmisión por canal

2.5.2.9 Desvanecimiento debido a la propagación por trayectos múltiples

Un parámetro importante en las comunicaciones aeronáuticas por satélite es el efecto de desvanecimiento debido a la propagación por trayectos múltiples, el mismo que está determinado por los siguientes factores:

1.- El tiempo de retardo de propagación diferencial entre una señal directa y las señales reflejadas en la superficie del mar o de la tierra o en ambas.

2.- El desvanecimiento selectivo en frecuencia causado por el vuelo de la aeronave a gran velocidad y en altitud elevada.

3.- La evaluación de los efectos de los desvanecimientos teniendo en cuenta el emplazamiento de la antena en el fuselaje.

El desvanecimiento originado en la señal propagada por trayectos múltiples determina que es necesario realizar un diseño apropiado de la estructura de la señal, como por ejemplo codificación y entrelazado con el propósito de evitar los errores en ráfaga periódicos en el canal de radiofrecuencia.

2.5.2.10 Compensación por efecto Doppler en la AES [7]

Para realizar la compensación por efecto Doppler en este tipo de sistemas existen dos métodos.

Con las ayudas para la navegación de la aeronave se puede estimar la velocidad de la aeronave en la dirección del satélite y a partir de ésta el desplazamiento Doppler .

El segundo método consiste en medir el desplazamiento de frecuencia del canal P o del canal C , de recepción. Una estación terrena de tierra recibe una señal con la frecuencia básica por canal, con el desplazamiento correspondiente al de la frecuencia de recepción, con signo opuesto y multiplicada por un factor de escala aproximadamente de 1,07, con lo que se consigue corregir en forma aproximada el componente del error de frecuencia debido al movimiento de la aeronave; pero no se corrigen los errores provenientes del oscilador local de la AES.

[7] AES Estación Terrestre de Aeronave

2.5.2.11 Entidades Funcionales

Las funciones de interfaz o interconexión radioeléctrica con el segmento espacial lo realiza la estación móvil terrena o AES, a través de su antena, elemento muy importante de ésta estación. La comunicación se establece en banda L, 1,5 GHz para la transmisión desde el satélite hacia la AES y 1,6 GHz en sentido contrario, además realiza la conexión con los equipos de voz y datos instalados abordo del avión para que éstos puedan enlazar con el sistema.

Las antenas de las estaciones terrenas de aeronave tienen características físicas específicas, pues su diseño es tal que no afecta la aerodinámica del avión; además estas antenas tienen una ganancia elevada para poder establecer comunicaciones vocales y de datos a alta velocidad. Generalmente las antenas son de tamaño reducido pero presentan el inconveniente de poder orientarlas, sin embargo se ha obtenido antenas con una ganancia de hasta 12 dBi, capaces de permitir las comunicaciones mencionadas anteriormente.

Las normas especifican los sistemas de antena de alta y de baja ganancia, sin embargo éstos sistemas deben satisfacer los requisitos de actuación para transmitir y recibir dentro de un volumen de cobertura de 360° en azimut. La

polarización de estas antenas es circular dextrógira tanto para la recepción como para la transmisión (recomendación 573 del CCIR).

2.5.2.12 Antenas de Ganancia baja.- La antena tiene una ganancia suficiente para alcanzar una relación G/T (ganancia/temperatura) en el subsistema de recepción no inferior a -26 dB/K en el volumen de cobertura, salvo en la región a +/-20 grados del cenit, donde admite una relación G/T tan baja como -28 dB/K.

2.5.2.12.1 Antenas de Ganancia alta.- La antena tiene una ganancia suficiente para alcanzar una relación G/T en el subsistema de recepción no inferior a -13 dB/K para no menos del 85% del volumen de cobertura.

Los sistemas de antenas cumplen requisitos operacionales de calidad especificados para transmitir y recibir en un volumen de cobertura relativo al nivel de vuelo de la aeronave. Estos sistemas no solo satisfacen los requisitos eléctricos si no también los fisicos relativos a resistencia a la vibración, resistencia térmica y resistencia mecánica.(Informe 1047 CCIR).

2.5.2.12.2 Tipos de Modulación.- En el sistema móvil aeronáutico por satélite se utilizan dos tipos de modulación, cada uno de los cuales tiene una ventaja para el sistema. Modulación por desplazamiento de fase binaria y la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK).

La modulación por desplazamiento de fase binaria es utilizada para velocidades de transmisión por canal de hasta 2,4 Kbits/s por cuanto este tipo de modulación proporciona más resistencia frente a ruido de fase generado en los procesos de conversión de frecuencias en la estación terrena de aeronave (AES), en el satélite y en la estación terrena de tierra (GES).

La modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) es utilizada para velocidades por encima de 2,4 Kbits/s ya que es más eficaz en cuanto a anchura de banda.

2.5.2.13 Corrección de errores.- A partir de pruebas subjetivas, el foro de líneas aéreas internacionales, AEEC, eligió un vocoder de 9,6 Kbits/s. Para corrección de errores, el Comité FANS de la OACI, ha seleccionado la codificación de convolución con decodificación de Viterbi con R= ½ y ¾ y con K = 7. Estas especificaciones se han incorporado a los requisitos de calidad técnica del sistema INMARSAT.

2.5.2.13.1 Temporización del sistema y separación de canales.

La temporización del sistema aplicada a los distintos canales de transmisión se deriva del canal P . Es recomendable la sincronización de los canales P de cada estación terrena de tierra (GES) debe realizarse en concordancia con la referencia de tiempo universal coordinado (UTC), con el fin de asegurar una referencia de temporización universal para todas las aeronaves que utilicen el servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS).

En la siguiente tabla se indica la velocidad de transmisión por canal, la separación de canales y la modulación correspondiente para transmisión; la separación está considerada para que disminuya la interferencia de canal adyacente y para asegurar la sintonización de canal correcta en presencia del desplazamiento Doppler originado por diversas causas.

Los canales con una velocidad binaria inferior tienen separaciones distintas, en el primer caso, en el que el sentido es hacia la aeronave (canales P), y en el segundo caso en el que el sentido es desde la aeronave (canales R y T), lo cual es debido al desplazamiento Doppler que no ha sido corregido en los canales hacia la aeronave, y al uso de control automático de frecuencias para reducir a un mínimo el desplazamiento Doppler en el sentido desde la aeronave.

VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (KBITS/S)	SEPARACIÓN DE CANALES (KHz)	MODULACIÓN
2I,0	17,5	A-QPSK
10,5	10,0/7,5*	A-QPSK
6,0	5,0	A-QPSK
5,25	5,0	A-QPSK
4,8	5,0	A-QPSK
2,4	5,0	A-BPSK
1,2	5,0/2,5**	A-BPSK
0,6	5,0/2,5**	A-BPSK

Tabla 4.2 Separación de Canales

* La separación de canales para velocidades de transmisión por canal de 10,5 Kbits/s puede ser 10,0 KHz. o de 7,5 KHz. según disponibilidad relativa de potencia y de anchura de banda en el satélite que esté funcionando.

** La separación de canales de 5,0 KHz. se aplica al canal P y la separación de 2,5 KHz se aplica a los canales R y T.

2.5.3 Correspondencia Pública Aeronáutica

La correspondencia pública aeronáutica incluye todas las comunicaciones que no satisfacen la definición de seguridad y regularidad del vuelo. (Anexo 10, Volumen II de la OACI). Estas comunicaciones comprenden la telefonía vocal ,

telefonía de datos y otros datos que se transmitan por las redes públicas fijas y pueden estar destinadas a las necesidades de los pasajeros, de la tripulación o a los objetivos de la compañía aérea distintos a los relacionados con el control operacional específicamente.

Dentro de las comunicaciones de correspondencia pública aeronáutica se consideran las comunicaciones de pasajeros de aeronave, y comunicaciones administrativas aeronáuticas (AAC).

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES AERONÁUTICAS DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA

3.1 Definición del Problema

El objeto fundamental de todo proceso de planificación es describir la evolución de un determinado sistema desde su estado actual hasta un estado futuro deseado.

La planificación de redes de Telecomunicaciones requiere una descripción o cuantificación tanto de las condiciones de la red y de las demandas de servicios existentes en la actualidad como de las características de la red y las demandas de servicio que existirán en el futuro.

El parámetro determinante del conjunto de datos de planificación constituye el número actual de abonados, el mismo que debe ser considerado tomando en cuenta aspectos relacionados con el tráfico generado, su relación con la estructura de la red y la demanda real del servicio.

El tráfico de una red deducido de los datos relativos a los abonados, requiere una interpretación y manipulación considerables, con el propósito de conseguir una planificación eficiente de la evolución de la red.

En una Red de Telecomunicaciones, la previsión de la demanda es el producto de dos elementos: el número de abonados y el volumen de tráfico generado por éstos.

El crecimiento periódico de abonados debe estar a un ritmo que pueda absorber la red, manteniendo el grado de servicio predeterminado, si no se cumple de esta manera la inserción de nuevos abonados a la red, tomando en cuenta principalmente la capacidad de la misma, se llega a tener condiciones de sobrecarga que deterioran el nivel del servicio e inutilizan parcial o completamente la operación de la red.

El establecimiento de los parámetros con los cuales se determina el ritmo de crecimiento de los abonados y la calidad del servicio, lleva a considerar la distribución geográfica de la demanda, permitiendo dimensionar los diferentes elementos de la red, tales como: centros de conmutación y los haces de circuitos.

La previsión de la demanda es fundamental en el proceso de planificación, ya que a través de ella se establecen los elementos de la red tanto para la necesidad actual como para el desarrollo futuro de la red, considerando todas las posibilidades de ampliación requeridas, de ahí que la previsión de la demanda tiene que ser suficientemente precisa y oportuna.

3.1.1 Funciones de la planificación

Objetivos.- Para emprender una planificación debe comprenderse a cabalidad el objetivo de la actividad, esto es determinar en forma clara y precisa una "declaración de intenciones", la misma que debería indicar de la manera más concreta posible lo que se desea obtener de la red de telecomunicaciones, así los objetivos de desarrollo de la red estarán determinados principalmente por los factores nacionales de tipo político y económico.

Una concepción clara del proceso global de la planificación conducirá a considerar dos aspectos importantes de la explotación de la red: el maximizar la rentabilidad por un lado y establecer las necesidades para la expansión de los servicios, por otro. La declaración de intenciones por tanto incluirá objetivos referidos al aumento del número de abonados de la red, la gama de servicios y el grado de servicio. Definidos los fines comerciales, la planificación debe considerar un plan estratégico para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

En consecuencia, la definición básica de la planificación de redes es proporcionar el equipo conveniente en el punto adecuado, en el momento oportuno y a un costo razonable para satisfacer la demanda prevista con un grado de servicio aceptable.

El resultado del proceso de planificación de redes lleva a considerar previsiones preliminares fundamentalmente referidas a los recursos financieros necesarios, política de aprovisionamiento y política de personal.

Se distinguen dos clases de planificación de redes: Planificación estratégica y planificación de realización:

Planificación estratégica.- Este tipo de planificación está orientada con el fin de conseguir las directrices de la estructura básica que ha de seguirse en la red (estructura de la red, etc.).

Planificación de realización.- Esta planificación facilita la vía correcta para establecer inversiones (definición de proyectos, etc.).

Cada una de éstas planificaciones origina dos tipos de planes:

Planes de desarrollo.- A través de los cuales se obtiene de manera cuantitativa el equipo necesario de cada tipo para alcanzar los objetivos fijados. En este sentido cada zona geográfica de la red debe tener su propio plan de desarrollo.

Planes técnicos.- Son los que permiten determinar los métodos utilizados para elegir e instalar los equipos con el fin de garantizar una explotación satisfactoria

en lo que concierne a la calidad de servicio requerida. Estos planes técnicos son comunes a la totalidad de la red, asegurando su futura flexibilidad y la compatibilidad entre todas las partes que la componen.

Los planes de desarrollo pueden abarcar períodos de 20, 10 y 5 años, y constituyen el resultado de estudios detallados de las soluciones disponibles y de la selección de la estrategia que debe adoptarse, resultando como consecuencia una estructura de los planes que asegura un enfoque documentado y coordinado del desarrollo de la red.

	Planificación estratégica - estructura de la red - digitalización (para la la totalidad de la red)	Planificación de realización - para la red interurbana - para la red local
Planes de desarrollo	**Planes de desarrollo fundamentales - planes estratégicos**	**Planes de desarrollo particulares - planes a largo plazo - planes a plazo medio - planes a corto plazo**
Planes técnicos - Encaminamiento - Numeración - Tarifación - Transmisión - etc.	**Planes técnicos fundamentales**	**Planes técnicos particulares**

CUADRO 3.1 TIPOS DE PLANES

Cada nivel de planificación se basa en el nivel anterior. Cuanto mayor sea el intervalo de planificación más susceptible es de sufrir algún cambio. Sin embargo a medida que se reducen los períodos de tiempo de planificación, generalmente las previsiones son más fiables y los planes más específicos.

Las redes de telecomunicaciones dependen en gran medida de la tecnología y por consiguiente la planificación de la red debe definirse teniendo en cuenta los siguientes aspectos técnicos: Conmutación, encaminamiento, numeración, tarifación, transmisión, señalización, sincronización y disponibilidad, por tanto cada uno de ellos tendrá su plan correspondiente.

Una red de telecomunicaciones representa una inversión muy significativa, motivo por el cual, también se considerará una planificación financiera, la misma que desempeña un papel importante en el desarrollo de los sistemas de telecomunicaciones. En este tipo de planificación se emprende estudios financieros de varias alternativas con el propósito de asegurar la mejor utilización posible de la inversión.

La planificación de cualquier red de telecomunicaciones es el proceso continuo e iteractivo de optimización de la misma. Es una actividad que sigue un plan previamente estructurado, con una filosofía que finalmente otorgue a la red la capacidad de adaptarse a los cambios, para lo cual se considerará de manera oportuna un equilibrio de las necesidades a corto plazo con los objetivos a largo plazo.

3.2 RECOPILACIÓN DE DATOS BÁSICOS

Los datos básicos para una planificación tienen una relación directa con las siguientes áreas:

a) Abonados

b) Tráfico

c) Nuevos servicios

d) Objetivos en cuanto al grado de servicio

e) Red existente

f) Nuevas tecnologías

g) Costos

h) Datos Económicos

La concepción del sistema propuesto, por su naturaleza, determina implícitamente el grupo de proveedores del servicio –las Compañías Aéreas, y consecuentemente los potenciales usuarios del mismo –los pasajeros a bordo de aeronaves, de esta manera los parámetros necesarios para el diseño se obtienen del tratamiento de los datos proporcionados por dichas Compañías.

Para recabar la información necesaria se realizó una encuesta a las compañías aéreas, la misma que se elaboró sobre la base a los requerimientos del diseño del sistema.

De esta manera el cuestionario que se muestra en el Anexo # 2 correspondiente consta de cuatro partes:

Una primera parte destinada a obtener la información general de la empresa aviación, como aspectos administrativos y campo de operación.

Una segunda parte concebida de tal manera que el objetivo principal es el de conocer los Servicios de Telecomunicaciones que dispone la Empresa, principalmente su infraestructura general y tipos de servicios.

Una tercera parte orientada a obtener la información de lo que requiere la empresa en cuanto a los servicios de telecomunicaciones que le permitirían tener una operación eficiente, oportuna y económica.

Finalmente una cuarta parte cuyo principal objetivo es el de presentar la operación regular de las aeronaves fundamentalmente relacionada con el número de vuelos por día o por semana, el número promedio de pasajeros por día, y el porcentaje de pasajeros que realizan el viaje por negocios, turismo y otros motivos.

Se tomó una muestra del conjunto de Empresas aéreas que operan en el país y se procedió a realizar la encuesta, el criterio bajo el cual se seleccionó al

subconjunto de compañías que debían ser encuestadas fue considerando aquellas que tienen un mayor número de vuelos por día o por semana.

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas:

3.2.1 SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE DISPONEN LAS COMPAÑÍAS AÉREAS

ITEM	USUARIO	# DE LÍNEAS TELEFÓNICAS	SERVICIOS MÓVILES			DATOS + TELEMÁTICOS
			FX	TELFONÍA CELULAR	BUSCÁ-PERSONAS	
1	AECA	15	X	X	X	CORREO ELECTRÓNICO
2	AERO PERÚ	10	X	X	X	CORREO ELECTRÓNICO
3	AIR FRANCE	27	X	X	X	SDBPS (VSAT) CORREO ELECTRÓNICO
4	AMERICAN AIRLINES	50	X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS, SDBPS (VSAT), CORREO ELECTRÓNICO.
5	AOM FRENCH AIRLINES		X	X	X	SDBPS (VSAT) CORREO ELECTRÓNICO
6	AVENSA SERVIVENSA	18		X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS, CORREO ELECTRÓNICO.

7	AVIANCA	11	X	X	X	SDBPS (VSAT) CORREO ELECTRÓNICO
8	IBERIA	12	X	X	X	SDBPS (VSAT) CORREO ELECTRÓNICO
9	CHALLENGE AIR CARGO	14	X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS, CORREO ELECTRÓNICO
10	CONTINENTAL AIRLINES	20	X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS, CORREO ELECTRÓNICO
11	COPA	10	X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS
12	ECUATORIANA DE AVIACION S.A.	100	X	X	X	BUZÓN DE DATOS, COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS, CORREO ELECTRÓNICO
13	CUBANA DE AVIACIÓN		X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS
14	KLM	15	X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS

15	LACSA	10	X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS
16	LAN CHILE	6	X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS
17	LUFTHANSA	20	X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS
18	SAETA	55	X	X	X	COMUNICACIÓN DE DATOS ENTRE SERVICIOS
19	TAME	95	X	X	X	BUZÓN DE DATOS SDBPS (VSAT)* CORREO ELCTRÓNICO
20	TRANSPORTES AEREOS ORIENTALES		X	X	X	CORREO ELECTRÓNICO

3.2.2 DEMANDA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LAS EMPRESAS DE AVIACION A BORDO DE SUS AERONAVES.

			SERVICIOS REQUERIDOS				
ITEM	USUARIO	ACTIVIDAD	TX DE VOZ	DATOS + TELEMATICOS	VIDEO	OTROS	AMBITO DE OPERACION
1	AECA	TRANSP. PASAJEROS	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			LATINOAMERICA
2	AERO PERÚ	TRANSP. PASAJEROS	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			LATINOAMÉRICA
3	AIR FRANCE	TRANSP. PASAJEROS	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS	VIDEO CONFERENCIA		MUNDIAL
4	AMERICAN AIRLINES	TRANSP. PASAJEROS	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDERECCIONAL DE DATOS	VIDEO CONFERENCIA		MUNDIAL
5	AOM FRENCH AIRLINES	TRANSP. PASAJEROS	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS	VIDEO CONFERENCIA		MUNDIAL
6	AVENSA SERVIVENSA	TRANSP. PASAJEROS	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			LATINOAMERICA
7	AVIANCA	TRANSP. PASAJEROS	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			LATINOAMERICA
8	IBERIA	TRANSP. PASAJEROS	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			MUNDIAL
9	CHALLENGE AIR CARGO	TRANSP. CARGA	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			MUNDIAL

10	CONTINENTAL AIRLINES	TRANSP. PASAJEROS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS	VIDEO CONFERENCIA		MUNDIAL
11	COPA	TRANSP. PASAJEROS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			LATINOAMERICA
12	ECUATORIANA DE AVIACION S.A.	TRANSP. PASAJEROS	TELEFONÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			LATINOAMERICA
13	CUBANA DE AVIACIÓN	SERVICIOS AÉREOS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			
14	KLM	TRANSP. PASAJEROS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			MUNDIAL
15	LACSA	TRANSP. PASAJEROS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			LATINOAMERICA
16	LAN CHILE	TRANSP. PASAJEROS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			LATINOAMERICA
17	LUFTHANSA	TRANSP. PASAJEROS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			MUNDIAL
18	SAETA	TRANSP. PASAJEROS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			LATINOAMERICA
19	TAME	TRANSP. PASAJEROS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS	VIDEO CONFERENCIA		LATINOAMERICA
20	TRANSPORTES AEREOS ORIENTALES	TRANSP. PASAJEROS	TELEFÓNÍA	FACSÍMIL, TX BIDIRECCIONAL DE DATOS			NACIONAL

- SDBPS: SERVICIO DE DATOS BIDERECCIONAL POR SATÉLITE

3.2.3 PROMEDIO DE PASAJEROS POR DÍA Y PORCENTAJE DEL MOTIVO DE VIAJE

ITEM	USUARIO	PROMEDIO DE PASAJEROS POR DÍA	PORCENTAJE DE PASAJEROS QUE VIAJAN POR (%)		
			NEGOCIOS	TURISMO	OTROS
1	AECA		---------	---------	---------
2	AERO PERÚ	50	20	80	
3	AIR FRANCE	60	10	90	-
4	AMERICAN AIRLINES	300	30	60	-
5	AOM FRENCH AIRLINES	40	-	-	-
6	AVENSA SERVIVENSA	100	60	30	10
7	AVIANCA	60	80	20	-
8	IBERIA	40	20	80	-
9	CHALLENGE AIR CARGO		-	-	-
10	CONTINENTAL AIRLINES	80	70	30	-
11	COPA	95	40	60	-
12	ECUATORIANA DE AVIACION S.A.	150	60	35	5
13	CUBANA DE AVIACIÓN	100	30	70	-
14	KLM	40	60	40	
15	LACSA	70	60	40	
16	LAN CHILE	30	60	40	

17	LUFTHANSA	80	50	50	
18	SAETA	200	80	20	
19	TAME	300			
20	TRANSPORTES AEREOS ORIENTALES	100	80	20	

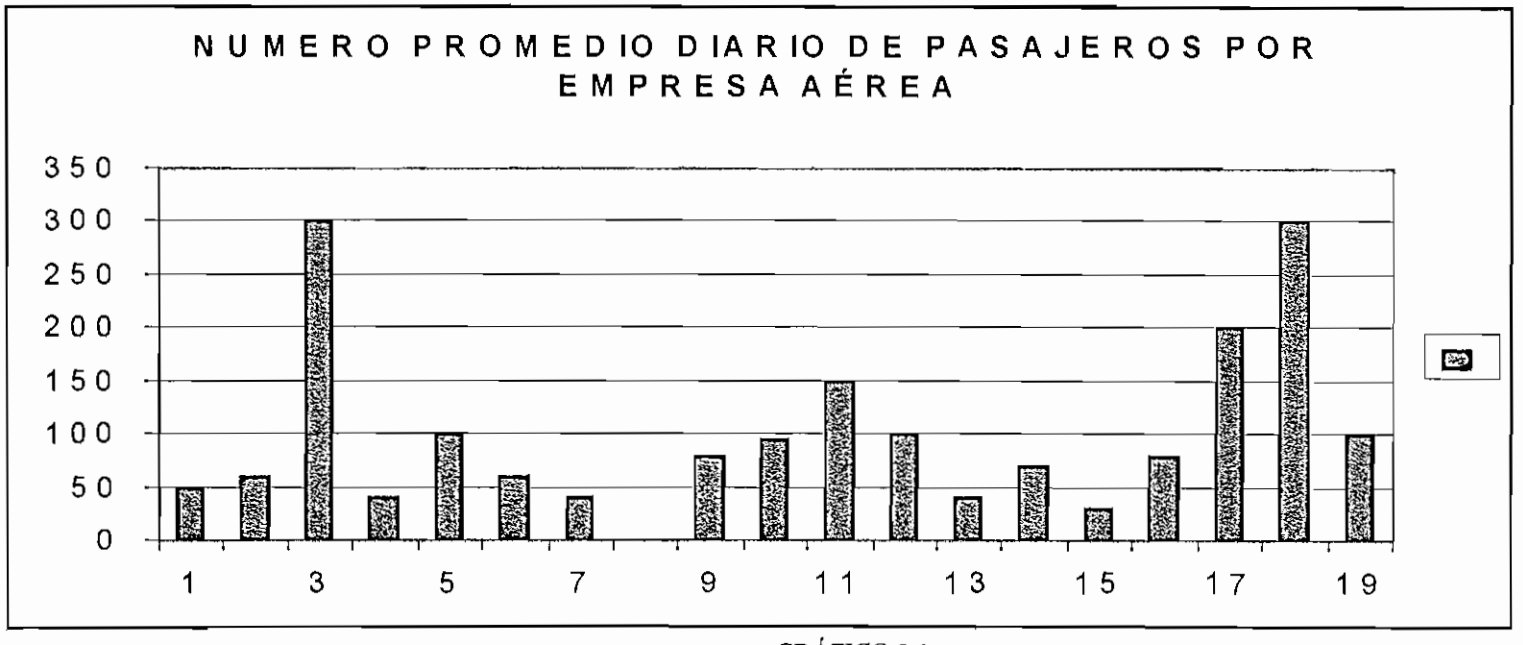


GRÁFICO 3.1

3.3 ESTUDIO E IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS

Los servicios de telecomunicaciones identificados que requiere el sector encuestado y que puede proveer el sistema propuesto son:

- Telefonía
- Facsímil
- Transmisión Bidireccional de Datos

En conformidad con la Recomendación UIT-R M.1040, el TFTS, provee los siguientes servicios:

- Telefonía aire-tierra, incluidos los procedimientos de señalización por doble tono multifrecuencia
- Facsímil, datos y raiobúsqueda
- Servicios adicionales, tales como llamadas tierra-aire mediante radiobúsqueda.

Los servicios no vocales pueden funcionar con velocidades de transmisión de datos de usuario de hasta 4.8 Kbits/s.

Por lo que los servicios requeridos estarían cubiertos por el sistema.

3.4 ESTUDIO Y ESTABLECIMIENTO DE LAS PREVISIONES DE ABONADOS

Como resultado de la consideración realizada a los factores determinantes para el establecimiento de la demanda, como son: naturaleza y estructura de las empresas, las orientaciones en materia de organización y desarrollo, la existencia de planes de informatización e infraestructura actual de telecomunicaciones y considerando que el estudio del mercado es el método de análisis de la demanda más apropiado cuando se carece de datos históricos, la obtención de datos a través de las encuestas realizadas nos ha permitido definir y cuantificar concretamente el mercado que requiere de estos servicios.

De tal manera que el estudio del mercado finalmente determina los parámetros necesarios para definir y dimensionar el sistema.

Así, los resultados nos llevan a determinar y cuantificar el número de usuarios potenciales, el equipo requerido con sus características técnicas, la ubicación geográfica de las estaciones y los tipos de necesidades de comunicación.

De los datos obtenidos, podemos concluir que todas las empresas de aviación encuestadas estarían dispuestas a prestar los servicios ofrecidos por el sistema a diseñarse, de tal manera que de acuerdo a información proporcionada por la Dirección de Aviación Civil del Ecuador el número aproximado de Compañías aéreas que prestan sus servicios en el Ecuador son 70 (incluyendo nacionales e

internacionales, de pasajeros y de carga), cada una con un promedio de 4 aeronaves operativas en el Territorio Nacional, dando un total de 280 naves que llevarían las estaciones de aeronave del sistema.

3.5 PREDICCIONES DE TRÁFICO

Para dimensionar el sistema objeto de este trabajo, el tráfico en la hora cargada entre todos los nodos de la red resulta ser determinante, siendo los elementos necesarios que influyen en el dimensionamiento, el número de comunicaciones y la duración media de una comunicación.

Así, se requiere saber el número máximo de aviones que se encuentran en el aire simultáneamente, y el número aproximado de pasajeros que usarán cualquiera de los servicios del sistema en ese momento, con la duración promedio de la comunicación.

Para el efecto se ha procedido a establecer el número máximo de vuelos simultáneos a una hora determina y el promedio de comunicaciones realizadas.
El número máximo de vuelos se ha determinado realizando una recopilación de todos los horarios y destinos dentro del territorio y el número de comunicaciones con su duración respectiva a través de la información proporcionada por el personal de servicio a bordo de las aeronaves.

Los datos obtenidos se muestran en las siguientes tablas:

DESTINOS PRINCIPALES ENTRE CIUDADES DEL ECUADOR Y HORARIO DE VUELOS

DESTINO: GUAYAQUIL – QUITO

HORA\DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
07H00	X	X	X	X	X		
07H30	X	X	X	X	X	X	
07H45							X
08H00	X	X	X	X	X	X	
08H30	X	X	X	X	X	X	
09H00	X	X	X	X	X		
09H05		X		X		X	
09H30	X	X	X	X	X	X	
10H00							
10H30							
11H00	X	X	X	X	X		
11H30							
12H00							
12H30	X	X	X	X	X	X	
13H00							
13H30							
13H45	X	X	X	X	X	X	X
14H00							

14H30							
15H00	X	X	X	X	X	X	
15H30							
16H00							
16H15	X	X	X	X	X		
16H30							
17H00	X	X	X	X	X	X	X
17H30	X	X	X	X	X	X	X
18H00							
18H30							
19H00	X	X	X	X	X	X	
19H30							
20H00							
20H15	X		X	X	X		

DESTINO: QUITO – GUAYAQUIL

HORA\DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
06H00		X		X		X	
07H00	X	X	X	X	X	X	
07H30	X	X	X	X	X		
07H45							
08H00	X	X	X	X	X		
08H30	X	X	X	X	X	X	X
09H00							
09H05							
09H30	X	X	X	X	X	X	

09H45	X	X	X	X	X		X
10H00							
10H30							
11H00							
11H30							
12H00	X	X	X	X	X	X	
12H30	X	X	X	X	X	X	X
13H00							
13H30							
13H45							
14H00							
14H30	X	X	X	X	X	X	
15H00	X	X	X	X	X		X
15H30							
16H00							
16H15							
16H30						X	
17H00							
17H15	X	X	X	X	X		X
17H30	X	X	X	X	X	X	X
18H00	X	X	X	X	X		X
18H30							
19H00	X	X	X	X	X	X	X
19H30	X		X		X		

OTROS DESTINOS NACIONALES

HORA\DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
06H00	X	X	X	X	X	X	
07H00	X	X(2)	X	X(2)	X	X(2)	
07H20	X		X		X		
07H15	X	X	X	X	X	X	X
07H30							
07H45							
08H00	X	X(2)	X	X(2)	X	X(2)	
08H15	X	X	X	X	X	X	
08H30	X	X	X	X	X	X	X
08H45	X						
09H00		X	X	X			
09H15	X	X	X	X	X	X	X
09H30							
09H45	XX	X		X	X	X	
09H50	X	X	X	X	X	X	X
10H00		X	X	X			
10H30	X (4)	X(4)	X (4)	X(3)	X(3)	X(2)	X
10H45	X	X	X	X	X		
11H00							
11H30	X(3)	X(4)	X(3)	X(4)	X(4)	X(3)	
11H45	X		X				
12H00	X(3)	X(2)	X(2)	X(2)	X(3))	X(2)	
12H30	X(2)	X(2)	X(2)	X(2)	X(2)	X(2)	X(2)
12H45		X		X	X	X	

13H00	X(2)		X		X		
13H30	X				X		
13H45							
14H00	X		X		X		
14H15	X(3)	X(2)	X(2)	X(2)	X(2)	X(2)	
14H30							
15H00	X		X		X		
15H15							X
15H45					X		
16H00	X		X		X		
16H15					X		X(3)
16H30	X	X	X	X	X		X
16H50		X		X	X		
17H00	X		X		X		
17H15							X
17H30	X	X	X	X	X(2)		X(2)
18H00							
18H30							
19H00							
19H30							

Adicionalmente cabe indicar que de los resultados obtenidos la mayor congestión de tráfico aéreo se presenta en la ruta de Quito a Guayaquil, en comparación con las rutas de Quito y Guayaquil hacia Cuenca, donde el número de vuelos diarios suman 4, dos vuelos por cada ruta.

NÚMERO TOTAL DE VUELOS SIMULTÁNEOS POR HORA Y DÍA A NIVEL NACIONAL

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
06H00	1	1	0	1	0	1	0
06H30	0	0	0	0	0	0	0
07H00	3	4	3	4	3	3	0
07H30	4	3	3	3	4	2	1
08H00	3	4	3	4	3	3	1
08H30	4	4	3	4	4	3	2
09H00	2	3	2	3	1	1	0
09H30	3	3	3	3	3	2	0
10H00	2	2	2	2	2	0	1
10H30	4	4	4	3	3	2	1
11H00	1	2	1	1	2	0	0
11H30	3	4	3	4	4	3	0
12H00	4	3	3	3	4	3	0
12H30	4	4	4	4	4	4	3
13H00	2	0	1	0	2	0	0
13H30	1	0	0	0	1	0	0

14H00	4	0	1	0	1	1	0
14H30	1	1	3	3	3	3	3
15H00	3	2	3	2	3	1	1
15H30	0	0	0	0	0	0	0
16H00	0	0	1	0	1	0	0
16H30	0	1	0	0	1	1	0
17H00	2	1	1	1	1	0	1
17H30	2	2	3	3	2	2	3
18H00	1	1	1	1	1	0	1
18H30	0	0	0	0	0	0	0
19H00	2	2	2	1	2	2	1
19H30	1	1	1	0	1	0	0
20H00	1	0	1	1	1	0	0
20H30	0	0	0	0	0	0	0

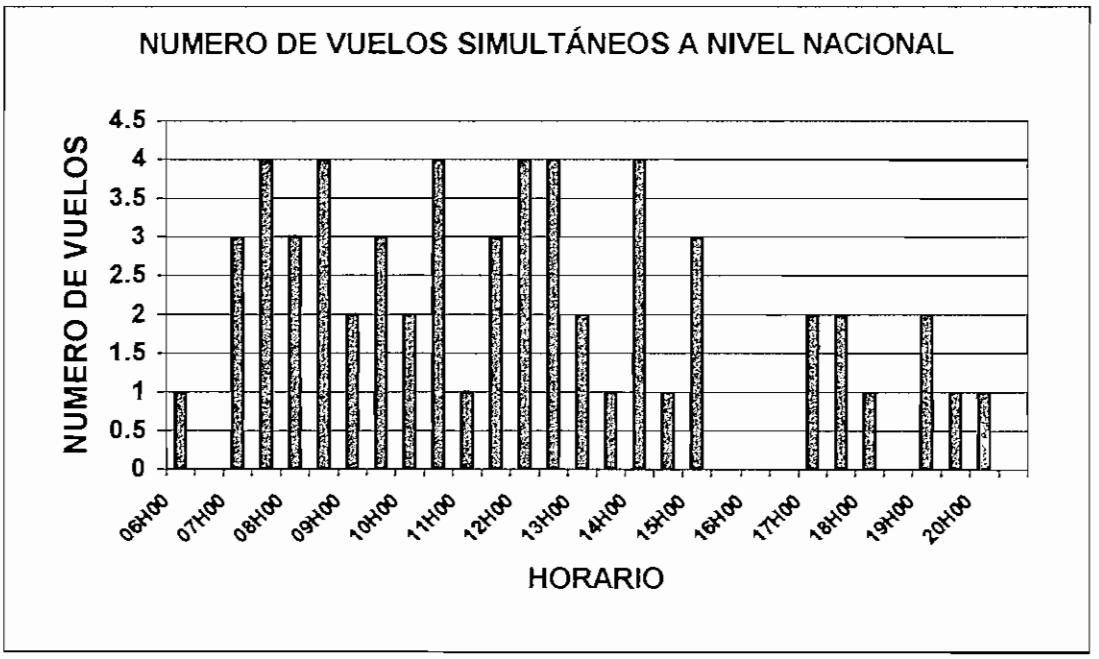


Gráfico # 1 Número de vuelos simultáneos por hora en el País

3.5.1 ESTABLECIMIENTO DE LA CAPACIDAD TOTAL DEL SISTEMA

Considerando que en promedio un vuelo dentro del territorio nacional tiene una duración de 30 minutos y que abordo se producen 2 llamadas en la media hora, cada una con una duración de 3 minutos en promedio y que además hay siempre una llamada adicional por parte del personal de tripulación por razones de gestión del vuelo.

Entonces tenemos que la intensidad de tráfico por cada vuelo es:

$e = (3/30)*3 = 0.3$ E

La aeronave necesita además un canal de manera permanente para transmisión de datos, entonces el tráfico para éste canal sería:

$e = (30/30)*1 = 1$ Erl, entonces el tráfico total por vuelo es: 1.3 Erl

Y del análisis de los datos observados en las tablas precedentes, se tiene que a nivel nacional en referencia únicamente a vuelos nacionales, simultáneamente como máximo en un lapso de tiempo de 30 minutos hay 4 vuelos, por tanto la intensidad de tráfico en las horas pico es:

$A = 4 * 1.3 = 5.2$ Erl Tráfico total del sistema

De acuerdo a las estadísticas obtenidas por la Dirección de Aviación Civil del Ecuador hay un promedio de 2 aterrizajes / decolajes simultáneos, en las ciudades de Quito y Guayaquil, correspondientes a vuelos de tráfico internacional, entonces con estos dos vuelos adicionales y asumiendo que coinciden en la hora pico el tráfico total del sistema sería:

$A = 6 * 1.3 = 7.8$ Erl Tráfico total del sistema

En consecuencia para una probabilidad de pérdida del 1% con e igual a 7.8 Erl, el número de circuitos necesarios o canales para cursar el tráfico indicado serían 15.

Esta sería la necesidad actual, pero hay que proyectar las necesidades futuras, sobre la base del requerimiento actual.

Todo proceso de planificación de red necesariamente tiene que realizarse con visión al futuro, entonces es imprescindible detallar el período de tiempo que abarca, sobre la base de la tendencia general conceptual y tecnológica, así el período de tiempo, considerando el ritmo de crecimiento actual de la tecnología y su difusión, se estima que es suficiente realizar las proyecciones necesarias en la evolución de la red, para 10 años.

Entonces se requiere concebir el tamaño de la red en cuanto a su capacidad e infraestructura inicialmente para un período de 10 años.

El cálculo correspondiente a la capacidad que se requerirá a los 10 años, se calcula de la siguiente manera en primera aproximación.

$Tn = Ti\ (1 + R)^t \times K$

Donde:

Tn es la capacidad que se requerirá al tiempo n

Ti es la capacidad actual.

R es el Indice promedio de crecimiento anual

K es el índice de uso de la infraestructura actual y su valor se encuentra entre: $0.8<K<1$

t es el tiempo en años

El parámetro R, es un valor que varía entre el 1% y el 7% y puede ser determinado sobre la base de la existencia de valores cronológicamente anteriores, obtenidos del desempeño de la red preexistente. Es decir que se conocen los porcentajes de crecimiento anteriores, que asociados a una función matemática de variación, permitirían realizar una extrapolación para un tiempo futuro, pero el caso que nos ocupa, el sistema a diseñarse es completamente nuevo y no existen datos anteriores sobre los cuales se pensaría en proyectarlos.

Ahora R puede determinarse de la siguiente manera:

Hay que considerar un valor de R por año, es decir un porcentaje de crecimiento anual, de donde R resulta ser el promedio de todos estos porcentajes durante el período considerado, que en nuestro caso son 10 años.

$R = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10})/10$

Tomando en cuenta que $1\% < R < 7\%$, entonces puede dividirse este rango de valores en intervalos o niveles que se asignan a los R_n valores.

Así una primera consideración, podría ser tomar los valores de R tal que idealmente se ajusten a una relación lineal.

Tomando el rango de valores de R comprendidos entre el 1% y el 7%, una división exacta en intervalos sucesivos para los 10 años correspondientes, da los valores que se indican en la siguiente tabla:

t_n	RANGO DE VALORES DE R_n	VALOR MEDIO DE R_n
1	$1<R_1<1.6$	1.3*
2	$1.6<R_2<2.2$	1.9
3	$2.2<R_3<2.8$	2.5
4	$2.8<R_4<3.4$	3.1
5	$3.4<R_5<4$	3.7
6	$4<R_6<4.6$	4.3
7	$4.6<R_7<5.2$	4.9
8	$5.2<R_8<5.8$	5.5
9	$5.8<R_9<6.4$	6.1
10	$6.4<R_{10}<7$	6.7
PROMEDIO		4.0

*R_1: TOMADO DEL BOLETÍN ESTADÍSTICO DE TRÁFICO AÉREO 1997, DIRECCIÓN DE AVIACIÓN CIVIL DEL ECUADOR, PAG. # 88 CUADRO DE TRÁFICO DOMÉSTICO: MOVIMIENTOS DE AVIACIÓN GENERAL SEGÚN TIPO DE SERVICIO AÑOS 1996 Y 1997.

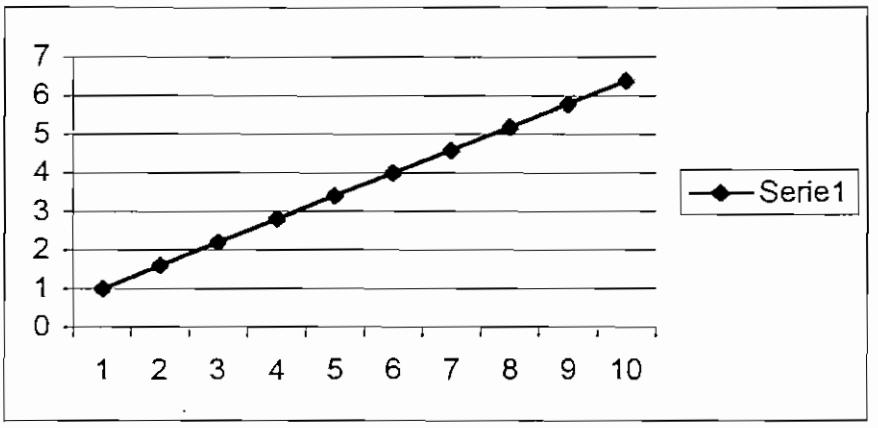


Gráfico # 2 Recta del porcentaje de crecimiento

La función de ésta recta quedaría: R = mt + K

Donde m = 0.6 y k = 0.7, entonces R = 0.6t + 0.7

Su valor promedio obtenido de integrar el área entre el primer año y el décimo año, dividido para el intervalo de tiempo considerado da un R promedio de 4 %

Por tanto tenemos un crecimiento del 4% en promedio durante los 10 años, así que la capacidad requerida en el décimo año será:

$T_{10} = T_1 (1 + 0.04)^{10} * 0.9$, donde $T_1 = 15$

$T_{10} = 15 (1 + 0.04)^{10} * 0.9$

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA TERRESTRE (SMACP)

4.1 RUTAS AEREAS PRINCIPALES EN EL ECUADOR.

El territorio nacional cuenta con 27 Aeropuertos, distribuidos en las provincias de Pichincha(2), Guayas(1), Galàpagos (3), El Oro (1), Azuay (1), Manabí (3), Esmeraldas (1), Sucumbios(1), Carchi(1), Napo(2), Cotopaxi (1), Tungurahua (1), Chimborazo (1), Imbabura (1), Loja(2), Morona Santiago (3) y Pastza (2).

De los cuales están operativos para vuelos domésticos los aeropuertos principales de las provincias de Pichincha, Carchi, Azuay, Loja, Guayas, Esmeraldas, Manabí, Napo, Morona Santiago Sucumbios y Galápagos.

En general el tráfico manejado en estos aeropuertos corresponde a los movimientos de aviación general en los servicios de:

1. Taxi aéreo
2. Trabajos aéreos
3. Servicio aéreo privado
4. Escuelas de Aviación
5. Militares.

4.1.1 Rutas Aéreas.

Las principales rutas aéreas nacionales origen destino son las que se indican a continuación en el cuadro # 4.1.

VUELOS ORIGEN-DESTINO EN EL ECUADOR

	Bahia	Baltra	Coca	Cuenca	Esmeral	Guayaq	Lago A	Loja	Macas	Machal	Manta	Porto V	Quito	S. Cris	Tulcán
Bahia						x					x	x			
Baltra						x							x		
Coca													x		
Cuenca						x							x		
Esmeral								x					x		
Guayaq	x	x		x						x	x	x	x	x	
Lago A													x		
Loja						x							x		
Macas													x		
Machal						x									
Manta	x					x						x	x		
Porto V	x					x					x		x		
Quito		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x
S. Cris						x							x		
Tulcán													x		

CUADRO # 4.1

La ruta de vuelo entre las ciudades indicadas en la tabla anterior se muestra en la CARTA DE NAVEGACIÓN EN RUTA INFERIOR Y SUPERIOR, proporcionada por la Dirección de Aviación Civil. Ver Anexo # 4.

4.2 DISEÑO DEL SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA.

4.2.1 PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA

Consideraciones generales:

El diseño del sistema involucra en su primera fase la determinación de la demanda de servicios así como lo referente a las previsiones de tráfico, considerando que en el momento actual este es un servicio completamente nuevo y que no existen datos cronológicamente anteriores sobre los cuales se haya podido predecir un crecimiento futuro del mismo, los datos obtenidos a través de las encuestas, nos indican de manera mas o menos real la situación actual y las proyecciones requeridas.

La determinación del tráfico tiene por objeto el establecimiento del número de radiocanales necesarios en cada celda.

Los cálculos de cobertura radioeléctrica permiten obtener las características de potencia y radiación de los equipos, así como la distancia de reutilización de las frecuencias, por lo que es fundamental conocer la intensidad de campo en

función del tipo de perturbaciones previstas y del grado de calidad de cobertura deseado.

El diseño de éste sistema se basa fundamentalmente en la Recomendación UIT-R M.1040[1] "SERVICIO PÚBLICO DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES CON AERONAVES UTILIZANDO LAS BANDAS 1670-1675 MHz y 1800-1805 MHz", de tal manera que todos los parámetros de diseño se toman de acuerdo a las especificaciones de ésta recomendación.

4.2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Una descripción del SMACP[2], incluye lo siguiente:

1. Propósito del Sistema.
2. Cobertura
3. Arquitectura

1. **Propósito del Sistema**

El propósito fundamental del SMACP, es proveer radio comunicaciones, enlazando estaciones a bordo de aeronaves con estaciones ubicadas en tierra que tienen acceso a la red de telecomunicaciones fija pública, lo cual posibilita a los pasajeros o usuarios acceder a los servicios públicos de telecomunicaciones desde el aire con la misma calidad que la red fija. En general los principales servicios soportados por el sistema son:

[1] Ver Anexo # 3 Recomendación UIT-R M1040
[2] SISTEMA MÓVIL AERONÁUTICO DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA

a) Telefonía

b) Facsimile grupo 3

c) Pagin services

d) Data services

En nuestro caso particular, proveerá los servicios que soporta la red telefónica pública.

2. Cobertura

Por su naturaleza el SMACP es similar al sistema celular del servicio móvil terrestre, pero hay algunas importantes diferencias, especialmente en el radio de la celda, que típicamente es 240 Km y la altura de cobertura que alcanza hasta los 13 Km (43.000 feet). Las estaciones móviles del sistema se encuentran a bordo de las aeronaves en vuelo o en tierra donde empiezan o terminan las fases de vuelo. La cobertura se considera aérea, no sobre tierra, en el sentido de que las estaciones móviles se encuentran en el aire.

De tal manera que se requieren tres tipos estaciones en tierra, un tipo de estación que cubre las zonas en ruta, otra para zonas intermedias a bajas alturas de vuelo en las vecindades de los aeropuertos y finalmente un tercer tipo de estación que cubre las zonas del aeropuerto.

En el caso particular que nos ocupa se requerirán estaciones de aeropuerto en las principales ciudades como son Quito, Guayaquil y Cuenca, si la demanda

del servicio justifica el empleo de estas estaciones en los aeropuertos, con la correspondiente estación intermedia para cubrir las zonas aledañas a los aeropuertos y las estaciones que cubrirían las rutas desde y hacia cada una de estas ciudades.

El sistema tendrá la capacidad de atender el tráfico considerado inicialmente, así como el que se vaya incrementando en el transcurso del tiempo, pero tomando en cuenta fundamentalmente el uso racional del espectro radioeléctrico, es decir un uso del mismo dentro de la banda de frecuencias asignadas para este servicio.

La densidad y distribución del tráfico determina la capacidad del sistema para atender las zonas antes indicadas, con la movilidad de las aeronaves y con el grado y calidad de servicio considerando.

Como ya se indicó en el capítulo anterior, el mayor tráfico aéreo se tiene en la ruta de Quito a Guayaquil y la mitad de este tráfico corresponde a las rutas de Cuenca hacia Quito y Guayaquil.

3. Arquitectura del sistema

La figura número 1, muestra una descripción ilustrativa de los servicios de telecomunicaciones a ser proveídos a la aeronave.

En la figura 2 se muestra en diagrama de bloques los elementos que constituyen el Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública Terrestre.

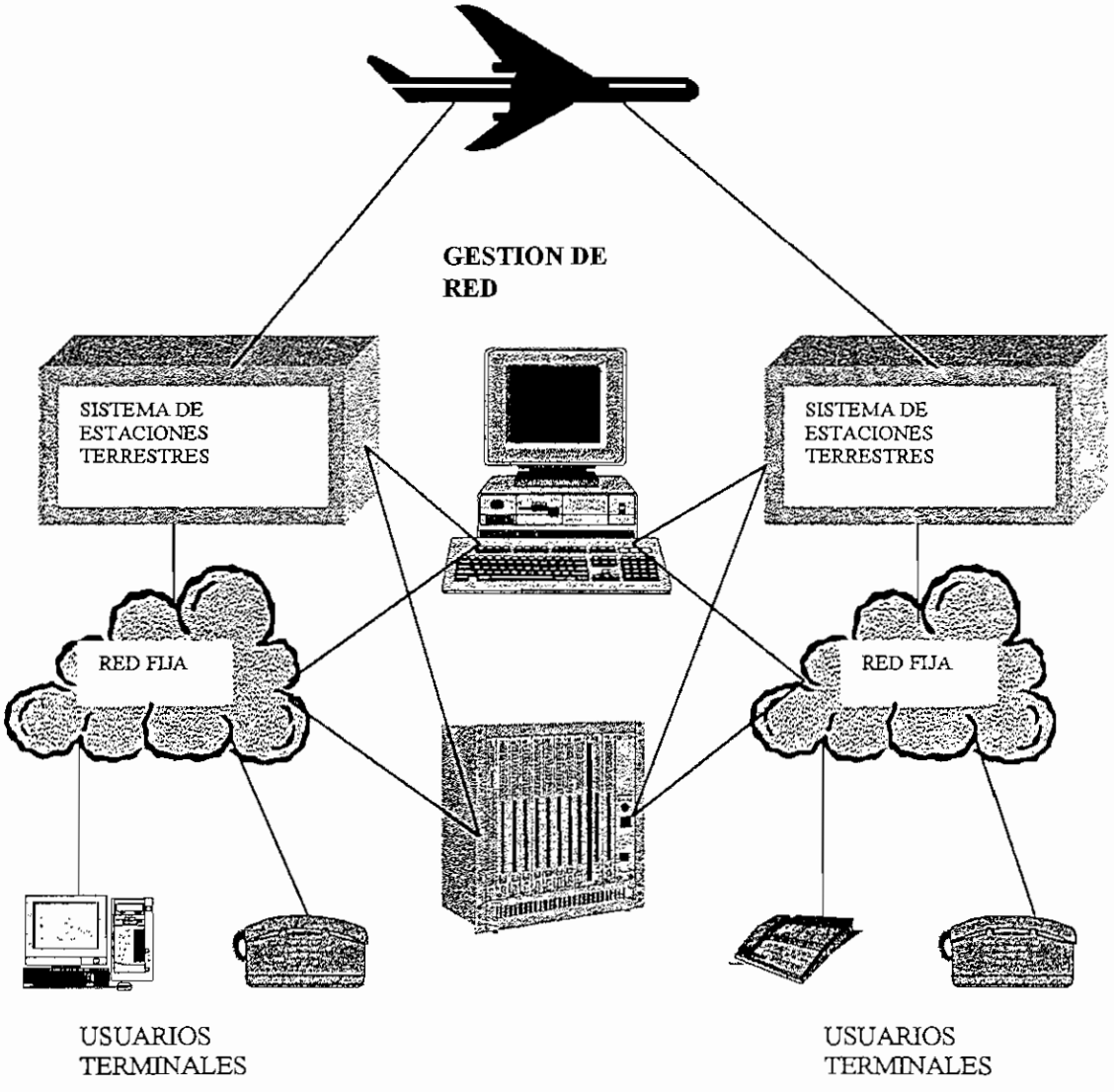


FIGURA 4.1. SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN AERONÁUTICA

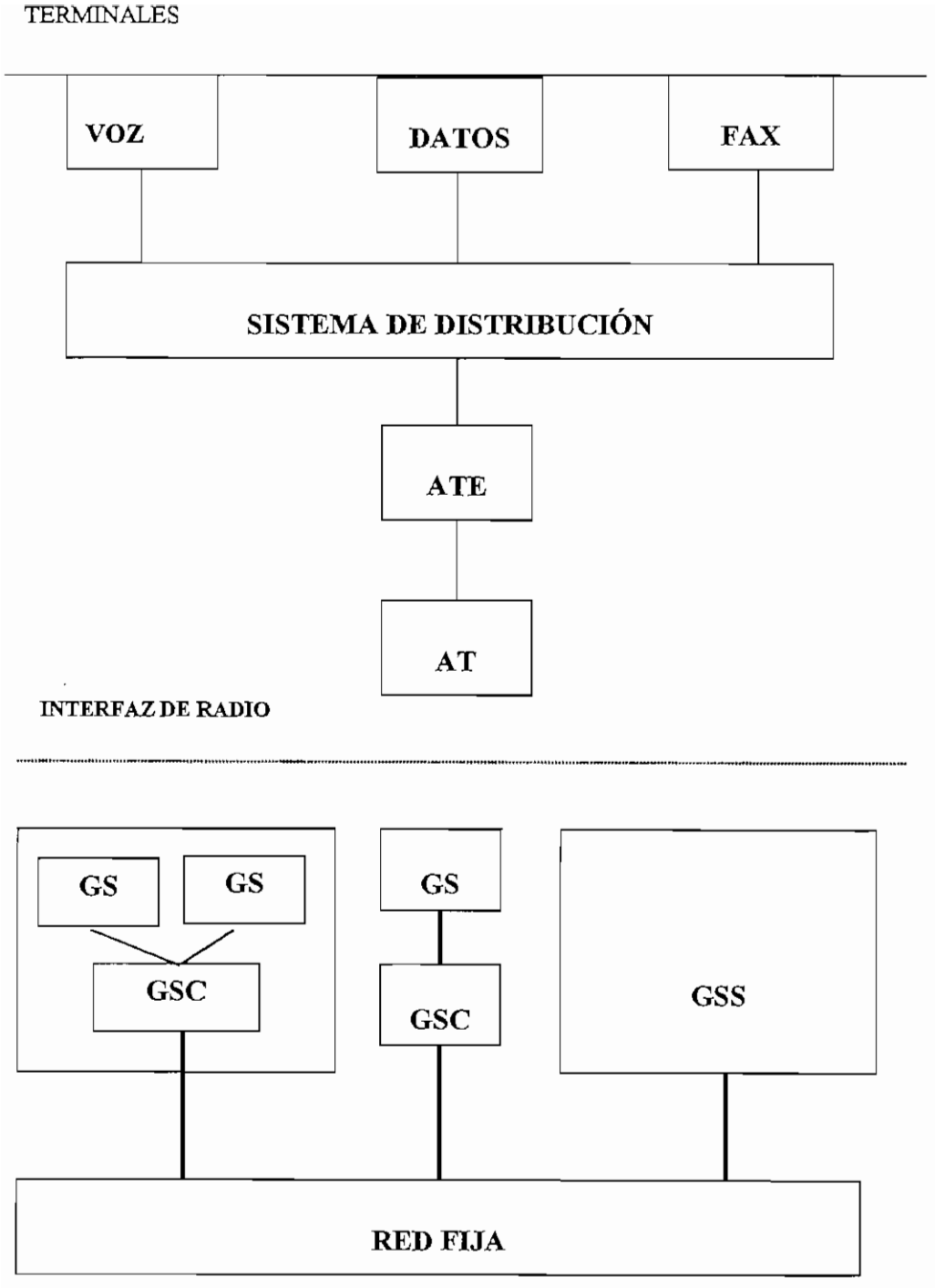


FIGURA 4.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SMACP

ATE: Equipo de Telecomunicaiones de la Aeronave
AT: Terminal de Avión
GS: Estasción Terrestre
GSC: Centro de Conmutación Terrestre
GSS: Sistema de Estaciones Terrestres

Arquitectura de la red a diseñarse.

Como se indicó anteriormente el sistema prevé la existencia de tres tipos de celdas que cubrirán el área de servicio, considerando fundamentalmente el tráfico previsto.

Se requiere la existencia de celdas que cubran las rutas Quito-Guayaquil, Quito-Cuenca, Guayaquil-Cuenca, inicialmente y de acuerdo al crecimiento de las necesidades, se instalarían para cubrir otras rutas nacionales, como a Galápagos, hacia el Oriente, al norte y al sur del país.

De acuerdo al estudio realizado y a la información que se dispone en relación con la implementación de éste tipo de sistemas, la presencia de las celdas ubicadas en los aeropuertos, está justificada por la demanda existente de los servicios que ofrece el sistema. Por lo regular en los terminales de aeropuerto se dispone del servicio telefónico público, que permite satisfacer las necesidades de comunicación, de los usuarios antes de abordar las aeronaves, de tal manera que el tráfico generado en esta ubicación sería inicialmente muy bajo o nulo.

Además se conoce que en el futuro los aeropuertos de las ciudades de Quito y Guayaquil serán reubicados, a fin de satisfacer el crecimiento tanto del tráfico aéreo como de los pasajeros, que en la actualidad se estima crecen a un promedio del 10 % anual el primero y el segundo en un 2.5% anual[3].

[3] BOLETÍN ESTADÍSTICO DE TRÁFICO AÉREO, DAC

Seguramente en 5 años aproximadamente se construirán los nuevos aeropuertos por lo que hay que prever tanto técnicamente como económicamente la ampliación de la red.

Por lo anteriormente indicado y en conformidad a la demanda prevista el sistema contempla el diseño de las estaciones en ruta y las estaciones intermedias, para atender la demanda de comunicaciones de correspondencia pública en vuelo. Entonces la red a diseñarse quedaría como se muestra en la figura # 4.3

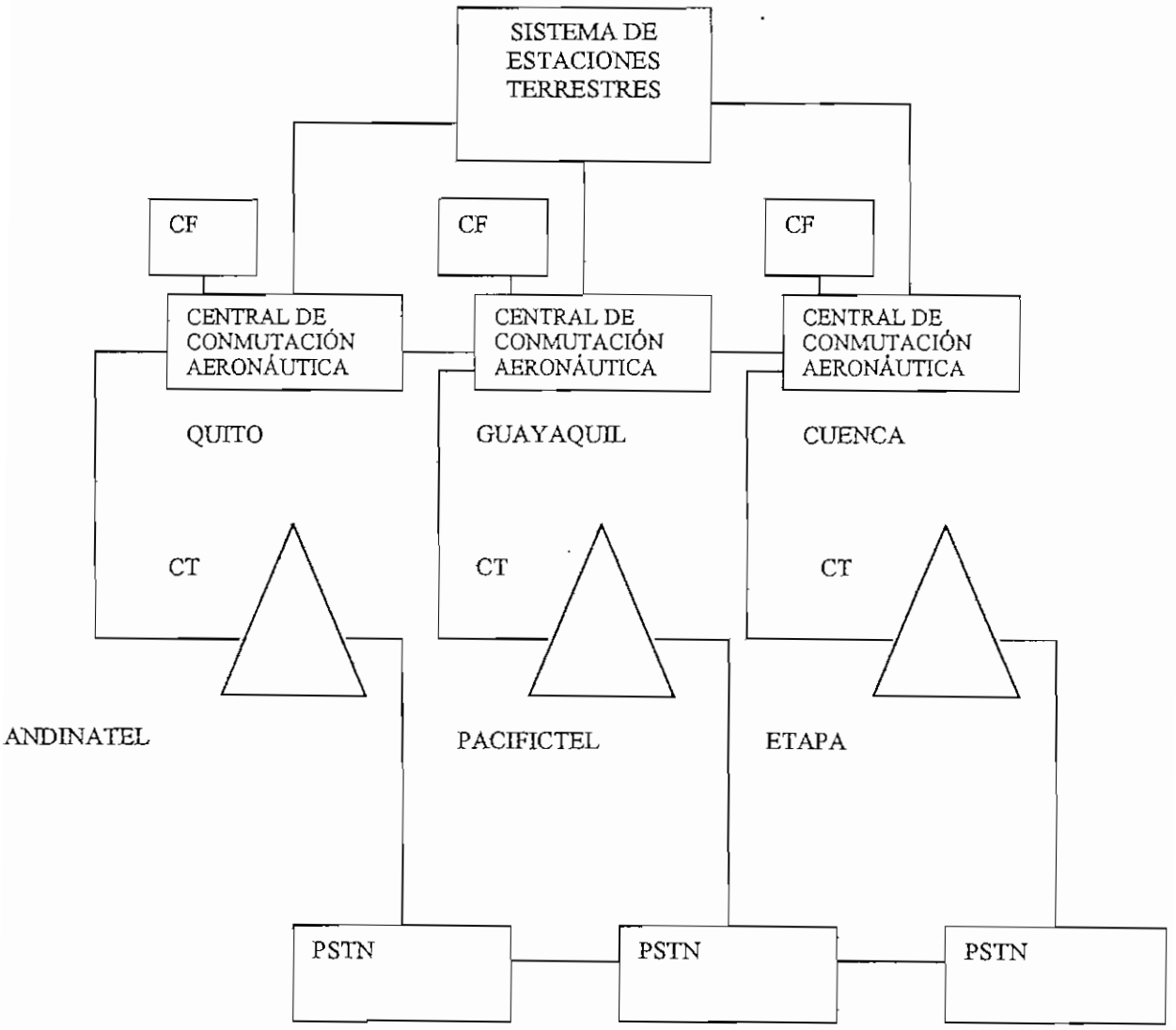


Figura # 4. 3

PSTN: RED TELEFÓNICA PÚBLICA CONMUTADA
CF: CENTRO DE FACTURACIÓN
CT: CENTRAL DE TRÁNSITO
El sistema de estaciones terrestres comprende todas las estaciones bases

La red por tramos quedaría como se indica a continuación en las figuras # 4.4,4.5,4.6.

RUTA QUITO-GUAYAQUIL

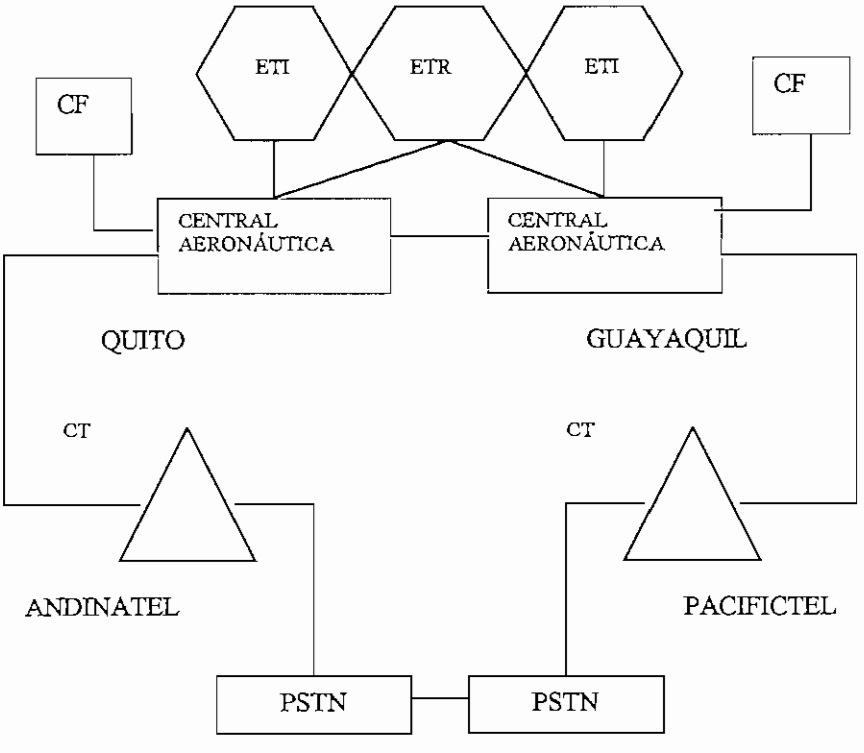


FIGURA # 4.4

ETI: Estación Terrestre Intermedia
ETR: Estción Terrestre en Ruta
PSTN: Red Telefónica Pública Conmutada
CT: Central de Tránsito

RUTA QUITO-CUENCA

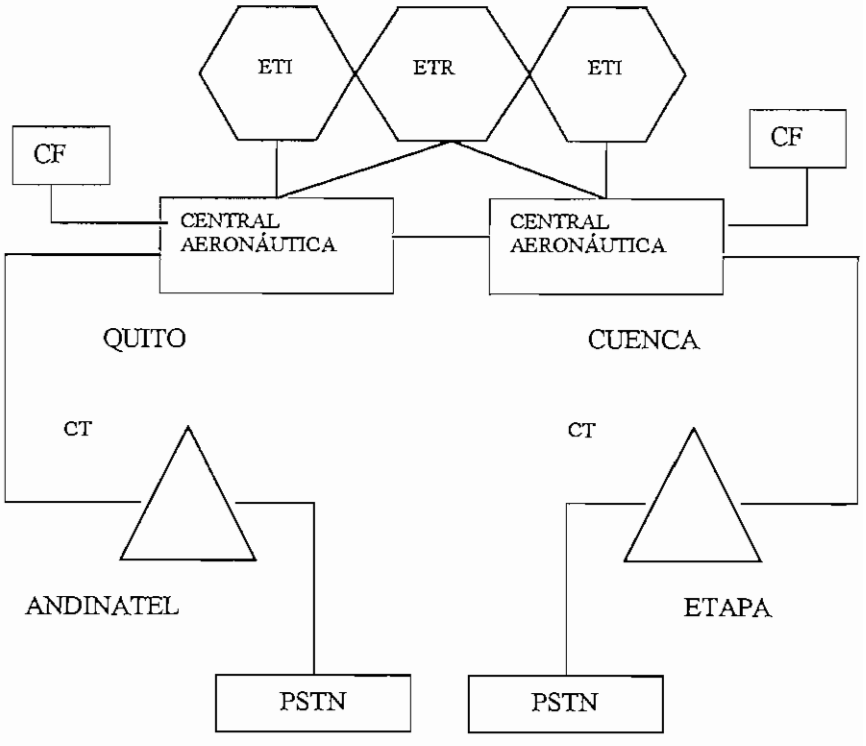


FIGURA # 4.5

ETI: Estación Terrestre Intermedia
ETR: Estación Terrestre en Ruta
PSTN: Red Telefónica Pública Conmutada
CT: Central de Tránsito

RUTA GUAYAQUIL-CUENCA

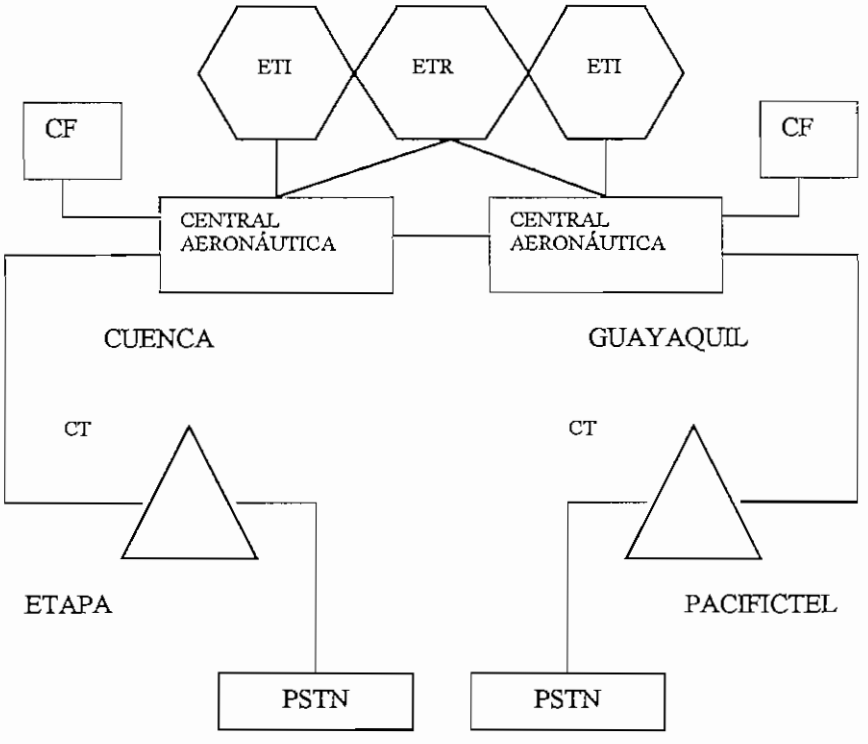


FIGURA # 4.6

ETI: Estación Terrestre Intermedia
ETR: Estción Terrestre en Ruta
PSTN: Red Telefónica Pública Conmutada
CT: Central de Tránsito

4.2.2 DISEÑO DE LA RED TERRESTRE DEL SISTEMA

4.2.2.1 Parámetros de Calidad que ofrece el sistema

La calidad percibida por el usuario del SMACP, es el resultado de todos los parámetros de las redes y elementos del sistema involucrados en el todo el proceso para terminar una conexión, de tal manera que la red móvil celular terrestre funcione como una prolongación de la red telefónica fija.

Dado los requerimientos del Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública, deben considerarse los siguientes aspectos:

a. Requerimientos de Aviación

Todos los equipos aerotransportados deben ser diseñados, instalados operados y mantenidos en conformidad a los estándares de seguridad especificados por los Organismos de Regulación de la Aviación.

b. Suspención del servicio por la tripulación

La tripulación de una aeronave tendrá la capacidad de suspender los servicios del SMACP.

c. Suspención del servicio desde tierra

Facilidad que se provee al personal en tierra para suspender los servicios del SMACP de un avión en particular y en cualquier tiempo.

d. Equipo en tierra

El diseño de las estaciones en tierra debe asegurar el cumplimiento de todos los estándares de seguridad.

e. Llamadas con éxito.

Un intento de llamada exitosa desde una estación de aeronave dentro del área de cobertura del sistema debe ofrecer a la red fija una probabilidad mejor que el 99%.

f. Tiempo de conexión de la llamada (time to connect call)

El tiempo máximo de respuesta desde el AT, a una llamada pedida, que se origina en la red fija debe ser de 5 segundos.

Se considera que este tiempo empieza cuando el sistema tiene toda la información para procesar y enrutar la llamada.

Este tiempo no se toma en cuenta para realizar el cargo o validación de la tarjeta de crédito, cuyas funciones realiza otro sistema.

g. Tiempo para liberar una llamada

El máximo tiempo para liberar una llamada o un mensaje similar recibido por el AT del ATE a ser señalizado a la red fija el interfaz será 2 segundos.

h. Tiempo de conexión permanente (Connection time remaining)

Es la estimación de tiempo que transcurre antes de que la aeronave alcance el límite de uso normal de la célula en la cual está operando.

Cuando este tiempo es menor a los 2 minutos el AS no debería establecer una nueva llamada con la estación actual terrestre.

i. Duración de interrupción debido al Handover[4]

La interrupción máxima a una llamada debido a un solo handover será como se indica en la tabla # 4.2

TIPO DE HANDOVER	MAXIMA INTERRUPCIÓN
GS a cualquier otra GS	150 ms
Cambio de frecuencia sobre GS actuales	150 ms
Cambio de Timeslot sobre la frecuencia actual	50 ms

Tabla 4.2 Tiempos de interrupción de Handover

j. Probabilidad de éxito del Handover

La probabilidad de éxito del handover a cada tipo de GS será como se establece en la tabla # 4.3. Estos parámetros asumen que la nueva estación de tierra dispone de la capacidad suficiente.

[4] Ver Anexo # 10 GESTION DE MOVILIDAD

Tipo de Estación de Tierra (GS)	Probabilidad de éxito del Handover
En ruta	> 99%
Intermedia	> 99%
De aeropuerto	> 99%

Tabla # 4.3. Probabilidad de éxito de Handover

k. Probabilidad de inteligibilidad telefónica

La probabilidad de que una llamada telefónica sea inteligible debería ser mayor que el 99%.

4.2.2.2 Parámetros de Tráfico

El tráfico total del sistema que debería manejar durante la hora pico es: 7.8 Erl (15 circuitos), pero proyectado a 10 Años resultan ser 20 circuitos, es decir 12.03 Erl, distribuidos como se indica en la tabla # 4.4

RUTA	% DE TRÁFICO	TRAFICO (ERLANG)	NÚMERO DE CANALES NECESARIOS (1% PÉRDIDAS)
QUITO-GUAYAQUIL	80	9.6	16
QUITO-CUENCA	10	1.2	5
GUAYAQUIL-CUENCA	10	1.2	5

Tabla # 4.4 Distribución del tráfico esperado por ruta aérea

4.2.2.2.1Grupo Troncal de Telefonía de la red fija.

Es necesario determinar el número de troncales telefónicas requeridas para la interconexión entre la Central Aeronáutica y la Red telefónica pública conmutada.

El modelo de tráfico básicamente considera el porcentaje de llamadas originadas entre los sistemas a interconectarse, así:

1. El porcentaje de las llamadas de las estaciones a bordo de las aeronaves, hacia la red telefónica pública conmutada.
2. El porcentaje de llamadas de los abonados de la red telefónica pública conmutada a las estaciones aeronáuticas.
3. Llamadas de estaciones fijas del sistema hacia la red telefónica pública conmutada

Se debe considerar que las llamadas en el sentido aire-tierra desde la RTPC, no están consideradas, debido a problemas de explotación, principalmente relacionados con las dificultades que se pueden originar al intentar encontrar en qué vuelo va un determinado pasajero, localizarlo dentro de la aeronave, así como también el problema de atender llamadas erróneas.

Es decir que todo el tráfico hacia la Red Telefónica fija Conmutada se origina en las estaciones móviles, teniéndose por tanto que el tráfico a las centrales locales es como se indica en la tabla # 2:

UBICACIÓN CENTRAL LOCAL	INTENSIDAD DE TRAFICO (ERLANG)	CANALES TRONCALES PARA TERMINAR EN LA CENTRAL LOCAL (1% PERDIDA)
QUITO	5.4	12
GUAYAQUIL	5.4	12
CUENCA	0.6	4

Tabla # 4.5 Tráfico esperado hacia las centrales locales

Se ha considerado que el tráfico por ruta se distribuye de manera equitativa entre los sitios de inicio y final del vuelo, es decir que el tráfico manejado por el sistema en cada ciudad corresponde al 50% del tráfico total originado en la ruta.

4.2.2.3 Area de Cobertura del Sistema

Parámetros Radioeléctricos de las entidades funcionales y Modelo de Propagación.

1. Entidades funcionales

Estación de aeronave

- Banda de frecuencia de Tx aire a tierra: 1.800 MHz – 1.805 MHz
- PIRE: -69 a 11 dBW
- Ganancia de la antena: 1 dBi[5]
- Polarización: vertical
- La antena opera de manera continua en un nivel de potencia de +46 dBm en el rango de frecuencias de transmisión.
- Apertura de la antena de 1 dBi a 1.670 Mhz : --25 dB relativo a 1 m^2
- VSWR: 1.5:1

Estación Terrestre

- Banda de frecuencia de transmisión tierra-aire: 1.670 MHz – 1.675 MHz
- PIRE.
  - Estaciones en ruta: -1 a 19 dBW

[5] Ver Anexo # 13 GANANCIA MÍNIMA DE LA ANTENA

- Estaciones intermedias: -11 a 9 dBW

- Estaciones en aeropuerto: -11 a 9 dBW

- Ganancia de la antena: 8 dBi.
- Polarización : Vertical.

Condiciones de Propagación estática:

Estación	Ganancia de la Antena	Polarización	Densidad de Flujo de Potencia
De Aeronave	1 dBi	Vertical	-113 dBW/m^2
Terrestre	8 dBi	Vertical	-112 dBW/m^2
Terrestre	0 dBi	Vertical	-113 dBW/m^2
	Los niveles de densidad de flujo de potencia indicados están basados en criterios de diseño del sistema:		
De aeronave	Ganancia de antena: 1 dB Pérdida de alimentador: 3 dB Pérdida en el Diplexor: 1 dB Potencia resultante en el receptor: -112 dBm		
Terrestre	Ganancia de antena: 8 dB Pérdida de alimentador: 1.5 dB Pérdida en el Diplexor: 1 dB Potencia resultante en el receptor: -112 dBm		

Cuadro # 4.6 Condiciones de propagación estática

2. Modelo de Propagación

En comunicaciones móviles la señal recibida por una estación móvil es usualmente afectada por el medio circundante, como por ejemplo obstáculos naturales o hechos por el hombre, colinas y edificios rara vez permiten una línea de vista entre el TX y el RX. Como consecuencia, en la estación móvil la señal frecuentemente consiste de componentes por multitrayecto debido a la difusión, difracción y esparcimiento.

La posición relativa aleatoria de la estación móvil con respecto a los obstáculos, no provee un modelo determinístico satisfactorio y por lo tanto un enfoque estadístico para determinar qué caracterización del canal debe usarse.

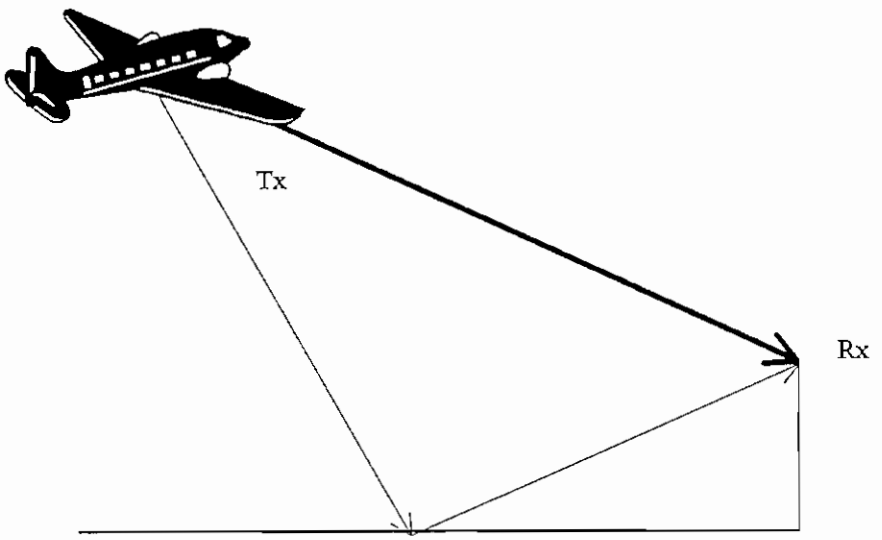


Figura # 4.7 Modelo de Propagación aire-tierra

El modelo de propagación utilizado considera los siguientes aspectos:

1. De conformidad a la banda de frecuencias que utiliza el sistema, no se considera la atenuación debida a los gases atmosféricos, absorción, dispersión y despolarización por hidrometeoros (gotas de agua y hielo en precipitación, nubes, etc.) que es completamente causada por la absorción ya que su importancia aumenta a frecuencias superiores a los 10 GHz.[6]
2. También debido al considerable bit rate, especificado para éste sistema, la contribución al modelo de propagación multitrayecto, caracterizado por demoras relativas menos de 5 segundos, puede considerarse despreciable.
3. El desplazamiento por efecto Doppler[7] para las diferentes velocidades del avión se indican en el siguiente cuadro[8].

Velocidad (kts)	**Doppler Spectrum**	
20	**fd = v/(c/f)**	**K= 10log(Pd/Ps)**
Area de maniobras (Aeropuerto)		
a) Escenario abierto	53 Hz	6 dB
b) Camino directo obstruido	53 Hz	-
Velocidad (kts)	**Doppler Spectrum**	
120	**fd = v/(c/f)**	**K= 10log(Pd/Ps)**
a) En la pista de aterrizaje	320 Hz	6 dB
200		
b) despegue	530 Hz	
540		
En vuelo	1.6 KHz	

Tabla # 4.7 Valores de Retardo por efecto Doppler

[6] Rec UIT-R.P.618-5, UIT-R P-682-1
[7] ETS 300 326-2 Agosto de 1998

Kts: 540 = 1000 km/h

Fd: efecto Doppler

Pd: Potencia del camino directo determinísitco

Ps: Potencia de la componente aleatoria multitrayecto

Sin embargo hay que considerar que el TFTS o SMACP no realiza ninguna corrección para tener en cuenta el desplazamiento por efecto Doppler[9], puesto que es reducido (un máximo de 1.8 KHz) en relación con la separación entre canales (separación entre canales full-duplex 130 MHz).

4. De tal manera que se considerará la propagación predominante por línea de vista directa y las pérdidas en el trayecto de propagación como la pérdida básica de propagación[10] que está definida por

$L_{bf} = 20\log(4\pi d / \lambda)$ Ecuación # 4.a

$L_{bf} = 32{,}5 + 20\log f_{MHz} + 20\log d_{Km}$ Ecuación # 4.b

Donde:

L_{bf} = pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

d = distancia en Km entre TX y Rx

λ = longitud de onda.

f = frecuencia en MHz

[8] ETS 300 326-2 Agosto de 1998
[9] Rec. UIT-R M.1040
[10] CCIR-Rec 525-1

4.2.2.3.1 Area de Cobertura de las Estaciones Terrestres

. Está determinada por la cobertura radioeléctrica de las estaciones de aeronave, la misma que se determina sobre la base del principio del Horizonte radioeléctrico, debido a la altura a la que se encuentran las antenas a bordo de las aeronaves, cuyo máximo valor sobre la superficie terrestre alcanza los 13 Km.

Es aplicable entonces el concepto de distancia de visibilidad radioeléctrica para dos antenas Transmisora y Receptora cuyo valor es la suma de sus distancias de horizonte.

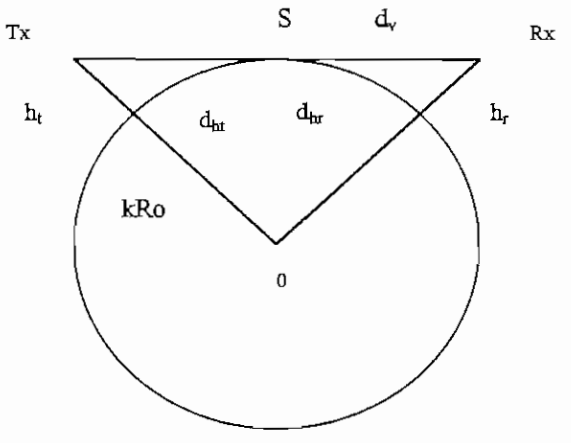


Figura # 4. 8 Distancia de visibilidad radioeléctrica

Tx: Transmisor
Rx: Receptor
S: punto de tangencia con l asuperficie terrestre
Ro: Radio de la Tierra (6.375 Km)
KRo: Radio ficticio de la tierra

se obtiene

$$d_{ht}(km) = 3.57\sqrt{kh_t}(m) \quad \text{Ecuación \# 4.c}$$

Para un factor de radio ficticio de la tierra k = 4/3, la distancia de horizonte queda:

$$d_{ht}(km) = 4.1\sqrt{h_t}(m) \quad \text{Ecuación \# 4.d}$$

Para las alturas de vuelo del avión, las máximas distancias de horizonte del transmisor son las que se indican en la tabla # 4.8.

Condición de la aeronave	**Altura de vuelo (Km)**	**Distancia de Horizonte del transmisor. (Km) (k=4/3)**
En ruta	4.5 a 13	275 a 467
Intermedia	0 a 4.5	0 a 275

Tabla # 4.8 Distancia de horizonte del transmisor

RUTA QUITO-GUAYAQUIL

Con este criterio, la cobertura en la ruta Quito-Guayaquil[11], está dentro de la distancia de horizonte del transmisor.

En una fase de vuelo origen-destino, se distinguen tres ubicaciones de la aeronave, respecto de la superficie terrestre:

1. En ruta, cuando la aeronave se encuentra a una altitud de crucero comprendida entre 4,5 y 13 Km de altura.

2. Posición intermedia, cuando la aeronave está a una altura comprendida entre 0 y 4.5 Km.
3. En tierra, cuando la distancia entre la superficie terrestre y la aeronave es nula, es decir cuando se encuentra en la pista o zonas de parqueo del aeropuerto.

Ubicación de la Estación terrestre para cubrir la fase de vuelo en Ruta.

Como se conoce que toda estación terrestre tendrá que ir enlazada al centro de Conmutación Móvil Aeronáutico, ya sea a través de un enlace de microonda o por fibra óptica, por facilidad y economía en primera instancia se considera factible utilizar un canal de la red troncal digital de Pacifictel[12], a fin de evitar en lo posible el gasto de una red de interconexión entre celdas, debido el tamaño previsto de la red de estaciones terrestres y el bajo número de canales troncales requeridos para terminar en la central local (máximo 12 canales troncales).

De tal manera, que la Estación Terrestre requerida para cubrir la ruta Quito-Guayaquil, para una altura de crucero de 8 Km, se ubica aproximadamente a la mitad del trayecto en esta fase de vuelo, que por las razones antes indicadas principalmente el de aprovechar la inserción a la red troncal digital, dicha Estación se ubicaría en la ciudad de Quevedo, donde se tiene la facilidad de insertar en un nodo de dicha red de Pacifictel, los canales de tráfico de la estación terrestre.

---

[11] La distancia en línea recta Quito-Guayaquil es aproximadamente 270 Km.
[12] Ver Anexo # 14 Red troncal Digital Andinatel / Pacifictel

Características de la Estación Terrestre en Ruta[13]

Ruta: QUITO – GUAYAQUIL	
Tipo de Estación: Estación Terrestre en Ruta	
Ubicación Geográfica:	
Sitio:	Ciudad de Quevedo
Coordenadas Geográficas:	79g 27' 30'' w / 01g 01' 40'' s
Longitud total de la trayectoria de vuelo entre Quito y Guayaquil	270 Km
Longitud total de la trayectoria a la altura de crucero: 200 Km	
Altura de la aeronave en el trayecto:	8 Km
Distancia mínima entre Tx y Rx	34, 928 Km
Distancia máxima entre Tx y Rx	105,62 Km
Altura de la antena sobre el suelo	30 m
Ganancia de la antena en tierra:	8 dBi
Ganancia de la antena a bordo	1 dBi
Polarización de las antenas:	Vertical
Diagrama de radiación:	Omnidireccional
Rango de potencia requerido	540 mW < P_{tx} < 6.17 W
Umbral de recepción:	-113,6 dBm

Para cubrir la ruta completa entre Quito y Guayaquil, se requiere finalmente ubicar las Estaciones Terrestres Intermedias que cubran la zona de aproximación al aeropuerto, que de acuerdo a la ubicación de la Estación Terrestre en ruta, ésta deberá cubrir la longitud restante de la ruta cuyo valor es de 70 Km, 35 Km en las vecindades del aeropuerto de la ciudad de Quito y los otros 35 Km en las vecindades del aeropuerto de la ciudad de Guayaquil.

La fase de aproximación de la aeronave al aeropuerto comprende un trayecto en el que la altura varía desde aproximadamente 4,5 Km a 0 Km.

[13] Ver cálculos en Anexo # 6 Area de cobertura RUTA QUITO-GUAYAQUIL

Con la idea de utilizar en lo posible la misma infraestructura de la red troncal digital de Pacifictel, para enlazar la Estación Terrestre Intermedia con el Centro de Conmutación Móvil Aeronáutico y este a su vez, con la central de tránsito de la Red Telefónica Pública Conmutada, se ubicará la Estación Terrestre Intermedia, en el Cerro del Carmen en Guayaquil, donde se tiene acceso directo a la Red Digital de Interconexión de Pacifictel. De esta manera, ubicando el Centro de Conmutación junto a la central de tránsito de Pacifictel, en la ciudad de Guayaquil, la red queda conectada a la Red Telefónica Pública Conmutada.

Características de la Estación Terrestre Intermedia / Guayaquil[14]

Ruta: QUITO – GUAYAQUIL	
Tipo de Estación:	Estación Terrestre Intermedia
Ubicación Geográfica:	
Sitio:	Cerro El Carmen (Guayaquil)
Coordenadas Geográficas:	79° 52' 51'' W / 02° 10' 31'' S
Altura sobre el nivel del mar:	70 m
Longitud total de la trayectoria en aproximación al aeropuerto: 35 Km	
Altura de la aeronave en el trayecto:	4,5 Km a 0 Km
Distancia mínima entre Tx y Rx	3,5 km
Distancia máxima entre Tx y Rx	38,76 km
Ganancia de la antena en tierra:	8 dBi
Ganancia de la antena a bordo	1 dBi
Polarización de las antenas:	Vertical
Diagrama de radiación:	Omnidireccional
Rango de potencia requerido	24,6 mW < P_{TxA} < 3,01 W
Umbral de recepción:	-113,6 dBm

[14] Ver cálculos en Anexo # 6 Area de cobertura RUTA QUITO-GUAYAQUIL

La Estación Terrestre Intermedia, para cubrir la zona de acercamiento al aeropuerto (35 Km) de la ciudad de Quito, se ubica en el Cerro Cruz Loma, donde tenemos una conexión a la Red Digital de Interconexión de Andinatel, facilitándose la conexión de la Estación Terrestre a través de esta red, a la Central de Tránsito ubicada en el centro de la ciudad de Quito.

Características de la Estación Terrestre Intermedia / Quito[15]

Ruta: QUITO – GUAYAQUIL	
Tipo de Estación:	Estación Terrestre Intermedia
Ubicación Geográfica:	
Sitio:	Cerro Cruz Loma (Quito)
Coordenadas Geográficas:	78° 38' 00'' W / 00° 15' 02'' S
Altura sobre el nivel del mar:	4.300 m
Longitud total de la trayectoria en aproximación al aeropuerto: 35 Km	
Altura de la aeronave en el trayecto:	4,5 Km a 0 Km
Distancia mínima entre Tx y Rx	7,5 km
Distancia máxima entre Tx y Rx	41,25 km
Ganancia de la antena en tierra:	8 dBi
Ganancia de la antena a bordo	1 dBi
Polarización de las antenas:	Vertical
Diagrama de radiación:	Omnidireccional
Rango de potencia requerido	> 857 mW
Umbral de recepción:	-113,6 dBm

Ruta Quito-Cuenca

La ruta Quito-Cuenca, en conformidad a la Carta de Navegación Aeronáutica, comprende dos tramos consecutivos el primero de 136 Km y el segundo de 180 Km[16], de los cuales 228 Km corresponden a la fase de vuelo en ruta a la altura de crucero (h > 4,5 Km). La ubicación de la Estación Terrestre en ruta, para

[15] Ver Anexo # 6 Area de Cobertura , Ruta Quito-Guayaquil
[16] Ver Anexo # 6 Area de Cobertura, Ruta Quito-Cuenca

cubrir esta trayectoria de vuelo se ubica en Ambato, con el fin de estar dentro del horizonte radioelèctrico del transmisor y poder además conectarnos a la red troncal digital de Andiantel.

Características de la Estación Terrestre en Ruta[17]

Ruta: QUITO – CUENCA	
Tipo de Estación: Estación Terrestre en Ruta	
Ubicación Geográfica:	
Sitio:	Cerro Pillisurco
Coordenadas Geográficas:	78° 39'44'' W / 00° 08' 09'' S
Altura sobre el nivel del mar:	4110 m
Longitud total de la trayectoria de vuelo entre Quito y Cuenca 316 km	
Longitud total de la trayectoria a la altura de crucero: 228 Km	
Altura de la aeronave en el trayecto:	9 Km
Distancia mínima entre Tx y Rx	44 Km
Distancia máxima entre Tx y Rx	125,93 Km
Ganancia de la antena en tierra:	8 dBi
Ganancia de la antena a bordo	1 dBi
Polarización de las antenas:	Vertical
Diagrama de radiación:	Omnidireccional
Rango de potencia requerido	974,989 mW < P_{TxA} < 8 W
Umbral de recepción:	-113,6 dBm

La Estación Intermedia en la Ruta Quito-Cuenca, para cubrir la zona de acercamiento al aeropuerto (35 Km) de la ciudad de Quito, está servida por la Estación Intermedia ubicada en el cerro Cruz Loma.

Ruta Guayaquil-Cuenca

La ruta Guayaquil-Cuenca , tiene una particularidad, en relación con las otras rutas ya tratadas anteriormente, las cuales son en general una línea recta que

[17] Ver Anexo # 6 Area de cobertura QUITO-CUENCA

une las dos ciudades destinos de los vuelos. Esta ruta comprende dos tramos aproximadamente perpendiculares entre sí formando una L, el mismo que tiene una longitud de 172 Km, divididos en un primer tramo de 62 Km y un segundo tramo de 110 km.

El primer tramo estaría cubierto por la Estación Terrestre Intermedia de la ciudad de Guayaquil, la mima que debería cumplir con las siguientes características:

Estación Terrestre Intermedia / Guayaquil[18]

Ruta: GUAYAQUIL - CUENCA	
Tipo de Estación: Estación Terrestre Intermedia	
Ubicación Geográfica:	
Sitio:	Cerro El Carmen (Guayaquil)
Coordenadas Geográficas:	79° 52' 51'' W / 02° 10' 31'' S
Altura sobre el nivel del mar:	70 m
Longitud total de la trayectoria hacia el sur: 62 Km	
Altura de la aeronave en el trayecto:	4,5 Km a 0 Km
Distancia mínima entre Tx y Rx	3,5 km
Distancia máxima entre Tx y Rx	62,16 Km
Ganancia de la antena en tierra:	8 dBi
Ganancia de la antena a bordo	1 dBi
Polarización de las antenas:	Vertical
Diagrama de radiación:	Omnidireccional
Rango de potencia requerido	$2{,}22\ W < P_{tx} < 3{,}01\ W$
Umbral de recepción:	-113,6 dBm

La Estación Terrestre para cubrir el segundo tramo de la ruta Guayaquil Cuenca, se ubica en el cerro Buerán, desde donde se insertarán los canales de comunicación a la red de interconexión de Andinatel. Esta estación cumple con las características siguientes:

Características de la Estación Terrestre en Ruta[19]

Ruta: Guayaquil – Cuenca	
Tipo de Estación: Estación Terrestre en Ruta	
Ubicación Geográfica:	
Sitio:	Cerro Buerán
Coordenadas Geográficas:	79° 55' 38'' W / 01° 49' 34'' S
Altura sobre el nivel del mar:	3600 m
Longitud total de la trayectoria de vuelo entre Guayaquil y Cuenca 172 km	
Longitud total de la trayectoria a la altura de crucero: 110 Km	
Altura de la aeronave en el trayecto:	8 Km
Distancia mínima entre Tx y Rx	46
Distancia máxima entre Tx y Rx	90 Km
Ganancia de la antena en tierra:	8 dBi
Ganancia de la antena a bordo	1 dBi
Polarización de las antenas:	Vertical
Diagrama de radiación:	Omnidireccional
Rango de potencia requerido	$1\ W < P_{TxA} < 4{,}08\ W$
Umbral de recepción:	-113,6 dBm

La estación Terrestre Intermedia para cubrir la zona de acercamiento al aeropuerto de la Ciudad de Cuenca, se ubica en la ciudad. Esta Estación dará servicio a los vuelos de las rutas de Quito-Cuenca y Guayaquil-Cuenca. Cumple con las siguientes características:

[18] Ver Anexo # 6 Area de cobertura RUTA GUAYAQUIL-CUENCA

Estación Terrestre Intermedia / Cuenca[20]

Ruta: GUAYAQUIL – CUENCA / QUITO – CUENCA	
Tipo de Estación: Estación Terrestre Intermedia	
Ubicación Geográfica:	
Sitio:	Ciudad de Cuenca
Coordenadas Geográficas:	78° 57' 02'' W / 02° 51' 31'' S
Altura de la antena sobre el suelo	30 m
Longitud total de la trayectoria de acercamiento Km	
Altura de la aeronave en el trayecto:	4,5 Km a 0 Km
Distancia mínima entre Tx y Rx	2,5 Km
Distancia máxima entre Tx y Rx	56 Km
Ganancia de la antena en tierra:	8 dBi
Ganancia de la antena a bordo	1 dBi
Polarización de las antenas:	Vertical
Diagrama de radiación:	Omnidireccional
Rango de potencia requerido	$12,58\ W < P_{TxA} < 6,29\ W$
Umbral de recepción:	-113,6 dBm

4.2.3. Interconexión de las Estaciones Terrestres con los Centros de Conmutación Móvil Aeronáuticos y Centrales de Tránsito de la Red Telefónica Pública Conmutada.

4.2.3.1.Aspectos de Red del Sistema

La función de interconexión (The Interworking Function IWF)

El IWF es una entidad asociada con el Centro de Conmutación Terrestre, que provee la funcionalidad necesaria para permitir el interfuncionamiento entre el SMACP y la Redes fijas, como la RTPC, ISDN o PSPDN.

[19] Ver Anexo # 6 Area de cobertura RUTA GUAYAQUIL-CUENCA
[20] Ver Anexo # 6 Area de cobertura RUTAS GUAYAQUIL-CUENCA/QUITO-CUENCA

El IWF convierte los protocolos usados en la red del SMACP a los usados en la red fija apropiada únicamente si los centros de conmutación móvil no cumplen con las mismas especificaciones del interfaz de señalización de la red fija.

El diseño del sistema asegura que no se debe hacer modificaciones en la red fija.

El medio de transmisión para conexión a la red fija se basa en los 64 kbits/s (Conectividad digital) A-LAW de presentación de información de usuario.

Las Estaciones Terrestres del Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública, pueden estar conectadas al Centro de Conmutación, a través de diferentes medios tales como cable coaxial, fibra óptica o sistemas de radio. La red de transmisión del sistema puede ser una red propia o la red de transmisión perteneciente a la Red Telefónica Pública Conmutada, todo depende del volumen de tráfico manejado, del área del servicio, la ubicación de las estaciones, así como del tamaño de la red y de las características tecnológicas de los sistemas involucrados.

Para el sistema diseñado, se considera que en comparación a las redes de telefonía fija móvil terrestres, existentes en el País, su tamaño es pequeño y no da servicio a un número de usuarios tan grande como aquellas, de tal manera que es viable utilizar la Red troncal Digital de Interconexión de las Compañías de Telefonía Pública Conmutada.

Así, las Estaciones Terrestres están ubicadas estratégicamente[21], de tal manera que siempre es posible realizar la interconexión con la red de transmisión de la Red Telefónica Pública Conmutada. En el cuadro # 4.9 siguiente se indican dichas ubicaciones.

Ruta	**Estación Terrestre**	**Ubicación**
Quito-Guayaquil	En Ruta	Ciudad de Quevedo
	Intermedia Guayaquil	Cerro del Carmen
	Intermedia Quito	Cruz Loma
Quito-Cuenca	En Ruta	Cerro Pillisurco
	Intermedia Quito	Cruz Loma
	Intermedia Cuenca	Ciudad de Cuenca
Guayaquil Cuenca	En Ruta	Cerro Buerán
	Intermedia Guayaquil	Cerro del Carmen
	Intermedia Cuenca	Ciudad de Cuenca

Cuadro 4.9. Ubicaciones de las Estaciones Terrestres

En todos estos sitios pueden conectarse las estaciones terrestres a la red digital de transmisión que enlaza las Centrales de Tránsito a nivel nacional de la Red telefónica Pública Conmutada.

Se ha considerado, que para la red del presente diseño es necesario ubicar dos Centros de Conmutación Terrestres Aeronáuticos, en virtud de la carga de tráfico existente en el área servida, uno en la ciudad de Quito y otro en la ciudad de Guayaquil, en el mismo lugar donde se encuentran las Centrales de Tránsito de la Red Telefónica Pública Conmutada.

[21] Información proporcionada por personal técnico de Andiantel

Debido a la carga de tráfico esperada para las rutas hacia Cuenca, se ha asignado al centro de conmutación de Guayaquil, el más cercano, para que maneje la carga de tráfico originada en dichas rutas, de tal forma que no es necesario instalar un Centro de Conmutación en la ciudad de Cuenca.

La red troncal digital tanto de Andinatel como la de Pacifictel, proveen capacidades de transmisión de 140 Mbit/s y de 34 Mbit/s, en conformidad a las recomendaciones de la serie G[22] del CCITT actual UIT-T. Jerarquía Digital e Interfaces Digitales Jerárquicos

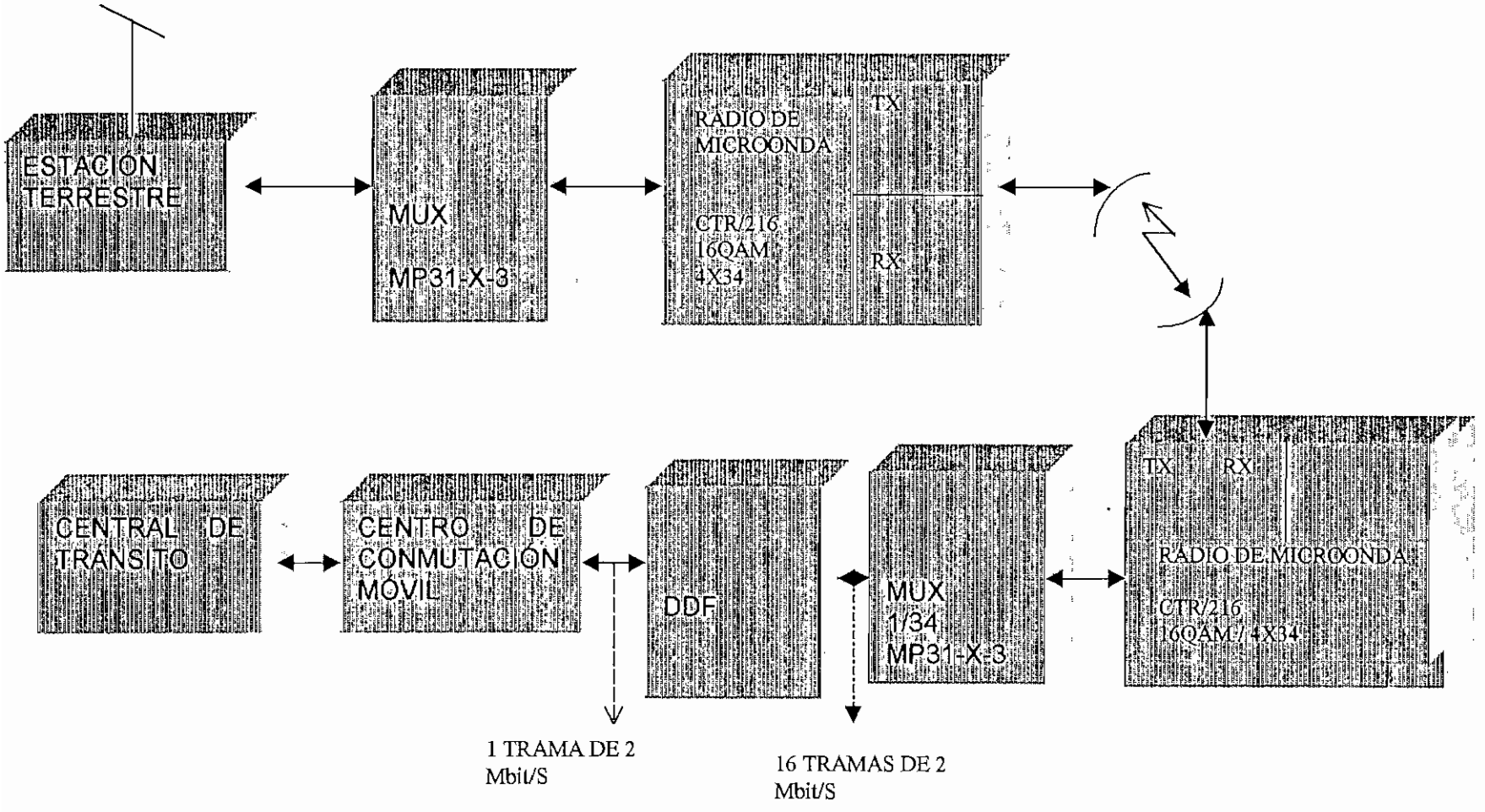
El Interfaz de las Estaciones Terrestres con el centro de Conmutación Terrestre cumple con la recomendación G.703 del UIT-T, Interfaz codireccional, en el cual la información y las señales de temporización asociadas se transmiten en el mismo sentido. En ambos sentidos de transmisión la señal de información y temporización están a 64 Kbit/s. Estas señales con velocidades binarias de n*64 kbit/s, básicamente se encaminan a través de multiplexación especificada para la jerarquía a 2048 kbits/s.

Así en los puntos de interconexión se provee los dos terminales de Tx y Rx de 2 Mbit/s, a través de un DDF (distribuidor de frecuencia), a los cuales se enlaza la salida de la Estación Terrestre, a través de un cable coaxial de 75 ohmios, con una longitud máxima de 60 metros.

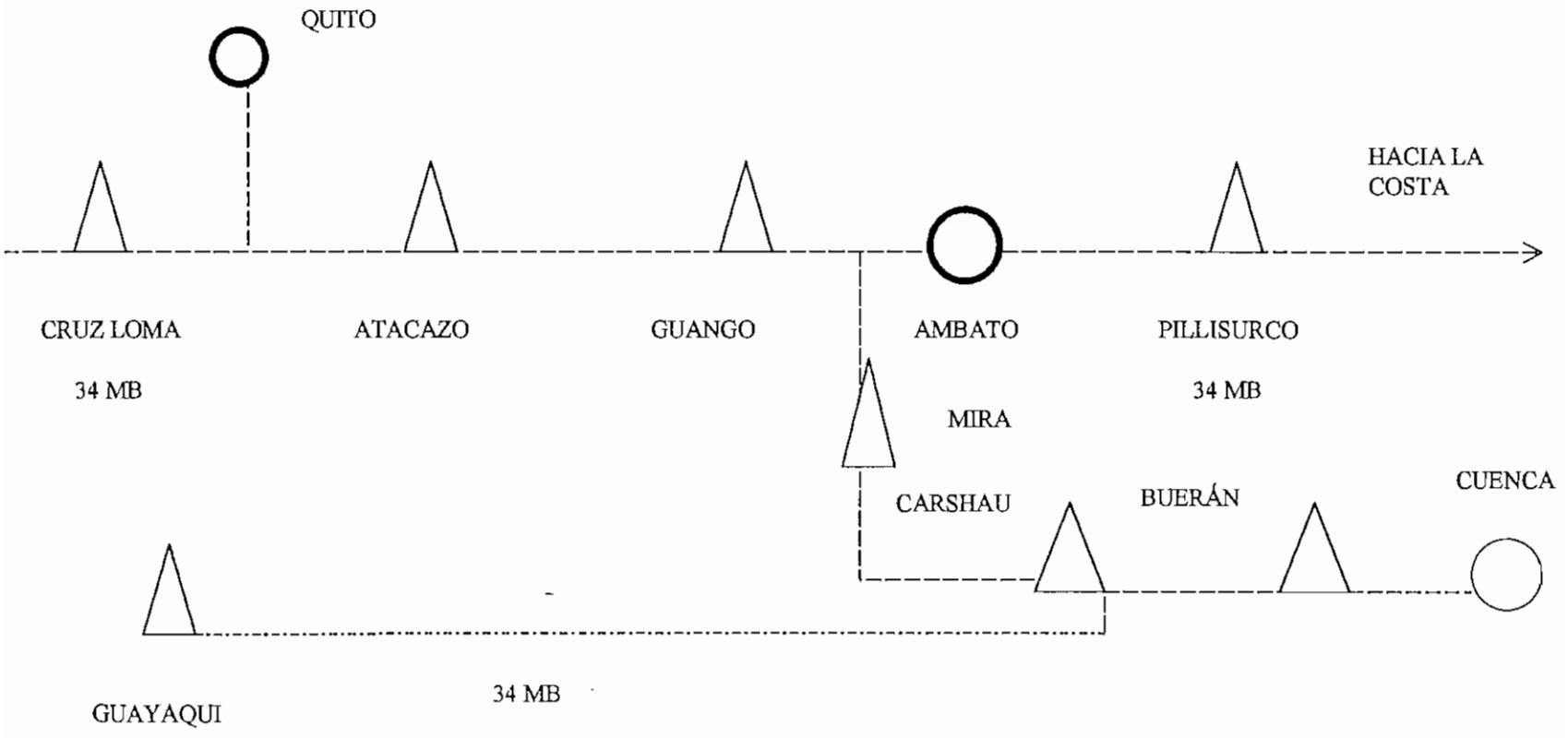
[22] Específicamente Rec. UIT-T G.703 Interfaces Digitales Jerárquicos

En la red digital de interconexión, la señal así enlazada se transmite a través de un Mux hacia el sistema de radio de microonda que enlaza las centrales de tránsito y locales de conmutación de la Red telefónica Pública Conmutada. En el otro lado de la conexión, nuevamente se tiene dos terminales uno de Tx y otro de Rx, que son conectados al centro de Conmutación Terrestre, desde el cual finalmente a través de un cable coaxial de 75 ohmios, se conecta a la Central de Tránsito, la misma que enruta, de acuerdo a la serie numérica recibida, las llamadas hacia los abonados fijos en un caso y hacia los abonados móviles si pertenecen a la red telefónica móvil celular. La central ofrece compatibilidad para señalización R2 analógica, R2 Digital y Número 7.

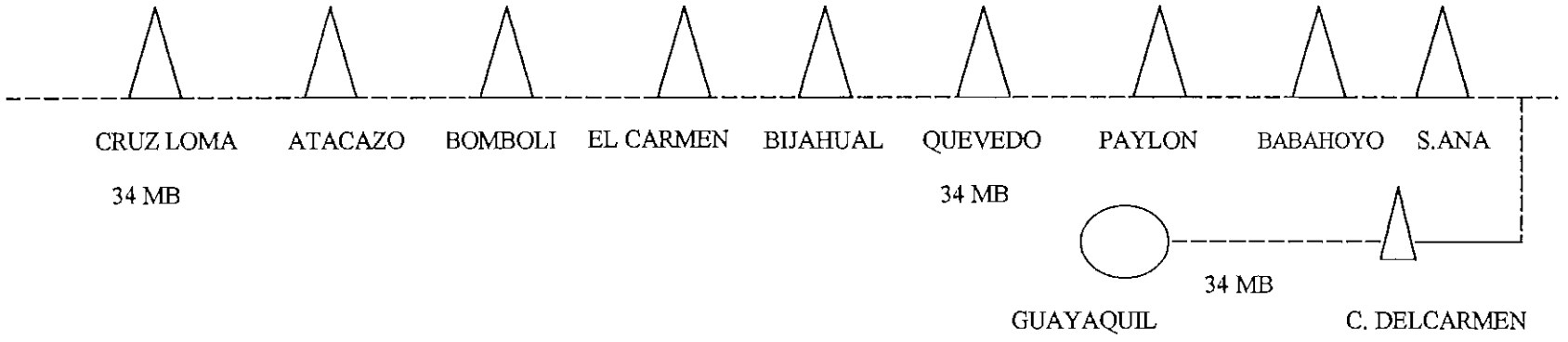
DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN



RED DE MICROONDA QUITO-CUENCA / GUAYAQUIL CUENCA



RED DE MICROONDA QUITO-GUAYAQUIL



4.2.4 Entidades funcionales del Sistema

El sistema básicamente está conformado por Estaciones Terrestres (ET), Estaciones de Aeronave (EA) y por los Centros de Conmutación Terrestre.

4.2.4.1. Estaciones de Aeronave

Consiste de tres principales componentes:

1. Terminal de avión (TA), que provee el radio, control y las funciones necesarias para el sistema móvil aeronáutico de correspondencia pública.
2. Equipo de telecomunicaciones de aeronave (ETA), que provee la conmutación a bordo y otras funciones para las facilidades de telecomunicaciones. Varias de estas facilidades a bordo son realizadas en la Unidad de Telecomunicaciones de la Cabina (UTC), definidas en ARINC Characteristic 746
3. El Sistema de Cabina (SC) que provee las facilidades de comunicación a los pasajeros.

En cada aeronave se requiere del siguiente equipo:

UNIDAD	CANTIDAD	
	4 CIRCUITOS	8 CIRCUITOS
ANTENA	1	2
DIPLEXER	1	2
Tx/Rx	1	2
Modem Processor Unit	1	2
Control panel	1	1
Cabin Telecomm. Unit	1	1
HANDSETS /TELEFONOS		Lo requerido

Cuadro # 4.10 Equipo de la Estación abordo

Antena: Dispositivo pequeño aerodinámico, que provee predominantemente una polarización vertical sobre un diagrama polar omnidireccional, con una máxima VSWR de 1.5:1, y un nivel de potencia dentro de las frecuencias de transmisión de + 46 dBm.

Ganancia : Ver Anexo # 14 Ganancia Mínima de la antena

4.2.4.2. Centro de Conmutación Terrestre

El Centro de Conmutación Terrestre, es parte del sistema de estaciones terrestres y constituye el interfaz entre las Estaciones Terrestres y la red pública.

Sus funciones principales son:

1. Establecer, mantener y liberar el enlace telefónico para el tráfico que viene de una estación de aeronave (EA) por medio de una estación terrestre y la red telefónica pública conmutada.
2. Mantener el enlace cuando el punto de entrada de una llamada se mueve (un avión debe conmutar su comunicación de una estación de tierra a otra o debe conmutar su comunicación de un canal a otro), en este caso el Centro de Conmutación Terrestre debe modificar el camino del tráfico entre la Estación Terrestre y la red telefónica o cambiando el punto de entrada de una ET o cambiando la trayectoria en el mismo Centro de Conmutación

Terrestre o cambiando la trayectoria de las ET a través de otro Centro de Conmutación.

3. Ofrecer facilidades de operación y mantenimiento para sí mismo y las Estaciones Terrestres que están conectadas a él.
4. Ofrecer facilidades de administración para las llamadas que procesa.
5. Manejo de los protocolos de señalización entre las Estaciones de Aeronave y las Estaciones Terrestres y entre otros Centros de Conmutación Terrestres.

4.2.4.2.1 Interfaces del Centro de Conmutación Terrestre

GSC[23]-AS[24]: Es un interfaz lógico en la capa 3, a nivel de control de llamada.

GSC-GS: Se compone de dos diferentes elementos:

-Interfaces de Tráfico.

-Interfaces de señalización

El interfase de tráfico para voz a 64 Kbits/s en cumplimiento a la Recomendación CCITT G-703. Opcionalmente un interfaz analógico puede ser usado.

Interfaz de señalización: Las características físicas /eléctricas cumplen con la el estándar V24/V11.

[23] Centro de Conmutación Terrestre
[24] Estación de Aeronave

GSC-GSC: El interfaz entre GSCs es solamente usado en caso de Handover entre celdas adyacentes conectadas a diferentes GSCs. El interfase es realizado de dos diferentes elementos: Interfaz de tráfico e interfaz de señalización.

El interfaz de tráfico, o usa el enlace de la red pública conmutada, cuyo inteface es dependiente de la red donde el GSC es conectado a o usa líneas dedicadas.

El interfaz de señalización usa un circuito virtual de red conmutado por paquetes.

La definición del enlace de señalización es como sigue:

1. Para la capa 1, las recomendaciones del CCITT-V24 y CCITT-V11.
2. Para las capas 2 y 3, la recomendación CCITT-X25

GSC-ISDN/PSTN[25] : El interfase entre el GSC y las Redes públicas como ISDN y PSTN es operador de red dependiente, lo que significa que para cada GSC tienen que ser establecidas las condiciones con las cuales el GSC puede conectarse a la red.

La conexión GSC-GSC usada para handover entre dos GSC necesita DDI (Direct Dialling Incoming), facilidad que debe ser proveída por la red pública.

El interfase entre una PABX y la red pública es dependiente del sistema específico de cada red.

[25] RED TELEFÓNICA PÚBLICA CONMUTADA /RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADA

GSC-NMC[26], GSC-OMC[27] o GSC-AC: El interfase entre el GSC y el centro de servicios de soporte como: el Centro de Gestión de Red (NMC), el Centro de Operación y Mantenimiento (OMC) y el Centro de Administración (AC), están definidos en los documentos Interfase de Gestión y Administración (GSS 502) y en el Interfase de Administración y Gestión Descripción de Procedimientos (GSS 503).

El interfase de señalización usa o línea dedicada o un circuito virtual de red de conmutación de paquetes, en los dos casos la definición de señalización se divide como sigue:

- Para la capa 1, las recomendaciones CCITT-V24 y CCITT-V11.
- Para las capas 2 y 3, la recomendación CCITT-25.

4.2.4.3. Estación Terrestre

Son funciones principales las siguientes:

1. Proveer enlace de radio entre tierra y las aeronaves.
2. Modular, transmitir, recibir y demodular señales en las bandas de frecuencias 1.670 a 1.675 MHz y 1.800 a 1.805 MHz.
3. Codificación y decodificación del canal
4. Construcción de la trama TDM
5. Procesamiento

[26] Centro de Administración de Red
[27] Centro de Operación y Mantenimiento

6. Administración de recursos
7. Control de potencia y tiempo
8. Detección de acceso aleatorio
9. Trasncodificación
10. Funciones de señalización
11. Handover
12. Operación y mantenimiento.

4.2.4.3.1. Características principales

Banda de frecuencias

- Transmisión: 1.670-1.675 MHz
- Recepción: 1.800-1.805 MHz
- Número de canales: 164
- Anchura de banda: 30.30 KHz
- Espacio entre canales de una sola Estación de Tierra: 60.60 KHz

Transmisor

- Estabilidad de frecuencia < 4E-8
- Máxima transmisión de potencia: 44 dBm
- Número de canales de RF por Estación Terrestre 1 a 4
- Pérdidas internas en el Rack: 1.5 dB
- Filtro de recepción: rechazo de la banda de recepción: >100 dB
-

Modulación - Demodulación

- Tipo de Modulación: $\pi/4$ QPSK TDM en la dirección tierra – aire. TDMA en la dirección aire a tierra.
- Frecuencia intermedia: 17.515 MHz / 7.735 MHz
- Demodulación: Diferencial
- Tasa de transmisión del codec: 9.6 kbit/s
- Tasa de transmisión de los canales RF: 44.2 kbit/s

4.2.5. Centro de facturación

Los terminales del sistema a bordo de las aeronaves son verdaderas cabinas móviles desde las cuales cualquier usuario puede efectuar las llamadas a la red pública. En este sistema la recomendación estandarizada para el pago es a través de tarjetas de crédito, cuya facturación es gestionada por el Centro de Facturación que recibe y almacena los datos de cobro desde las estaciones de aeronave. El procedimiento general implica elaborar la factura y efectuar la transferencia de datos hacia la entidad emisora de la tarjeta de crédito. La conexión X25 es requerida desde el centro de facturación a las entidades de tarjetas de crédito.

4.2.6. Plan de Numeración

El objetivo fundamental de este plan, es dotar a cada abonado de un número exclusivo para el establecimiento automático de comunicaciones. La preparación de este plan considerará fundamentalmente lo siguiente:

a. Facilidad de utilización y comprensión por todos los usuarios.
b. Compatibilidad con el equipo existente y futuro.
c. Compatibilidad con las normas internacionales.
d. Facilidad para establecer los el encaminamiento del tráfico y los planes de tarifación.

El sistema proporciona la marcación directa a la red pública, cuyo procedimiento de marcación es el mismo que para la marcación directa internacional, basado en la recomendación del CCITT - E164

4.2.7 Plan de frecuencias

En conformidad con el número 740 A del Reglamento de Radiocomunicaciones, y la Rec UIT-R M1040, las bandas de frecuencias asignadas a nivel mundial para el sistema son:

Banda de Transmisión de la Estación en tierra: 1.670-1.675 MHz

Banda de Transmisión de la Estación a bordo de la aeronave 1.800-1805 MHz

4.2.7.1 Canalización:

El Canal n transmitido por la estación en tierra se obtiene aplicando la siguiente relación:

$Fg(n)^1 = 1.670 + n/33$

Y el canal n trasmitido por la estación a bordo de la aeronave se obtiene de igual manera aplicando la siguiente relación:

$Fg(n) = 1800 + n/33$

O aplicando $Fa(n) = Fg(n)^1 + 130$ MHz

Anchura del canal: 30,30 KHz

Este arreglo de canales provee un total de 164 pares de canales RF (uno para cada dirección de transmisión). Ver Anexo # 5. Tabla de canales de transmisión y recepción del Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública.

4.2.7.2. Distribución de frecuencias

En el país aún no se ha establecido una norma técnica para la explotación del servicio propuesto, de tal manera que no se tiene un a regla para la distribución de frecuencias entre distintos operadores, no obstante para el sistema de telefonía celular terrestre la disponibilidad total de los canales se divide en dos grupos A y B, cada uno de estos destinado a ser asignado a un operador que cumpla con ciertos requisitos especiales.

En conformidad con las características del sistema, la asignación de un grupo de frecuencias a una estación en tierra se lo realiza de manera análoga a lo que se acostumbra en el sistema radiotelefónico celular, pero con un criterio de reutilización de frecuencias distinto.

En el sistema móvil celular terrestre la reutilización de frecuencias se fundamenta en el control de la interferencia limitado por la potencia, mientras que en este tipo de sistemas, debido a la disposición geométrica en el caso de transmisión aire a tierra y la variación comparativamente lenta de la pérdida del trayecto con respecto a la distancia, exige que la reutilización se apoye en un control de la interferencia limitado por el horizonte.

Bajo este criterio el tamaño y la separación de las células vienen impuestos por las alturas de vuelo mínima y máxima de la aeronave a la que se da servicio.

Un plan de frecuencias eficiente considerará de manera fundamental los siguientes parámetros:

1. Requisitos de tráfico
2. Cobertura y separación entre células, determinados por aspectos como: altura de las estaciones terrestres, altura de las antenas, márgenes de propagación, conocimiento de las posiciones de las aeronaves y las condiciones topográficas.

En consideración a las características del sistema diseñado, se concluye que no es necesario en éste caso particular realizar un estudio del esquema de reutilización de frecuencias si se compara el número de canales disponibles en la banda asignada con el número de canales necesarios para cursar el tráfico estimado. La información que se detalla a continuación ilustra esta idea:

RUTA	**Número de celdas**	**Pares de frecuencias requeridos**
QUITO - GUAYAQUIL	3	4
QUITO - CUENCA	3	2
GUAYAQUIL - CUENCA	3	2

Cuadro # 4.11 Pares de Frecuencias requeridos en el sistema

5.1 Introducción

La explotación de un sistema de Telecomunicaciones entraña considerables inversiones a largo plazo, que dependen de diversos factores incluidos los aspectos técnicos, mantenimiento, fiabilidad, servicio ofrecido, costo, competencia en el mercado, entre los principales.

En conformidad a la naturaleza del proyecto, el tipo de inversión de acuerdo a la finalidad operacional, el motivo de la misma y el grado de libertad de decisión, es una inversión inicial para establecer nuevos servicios y productos, de tal manera que en la valoración el criterio económico de la inversión así concebida puede ser necesario una rentabilidad máxima que será superior a un tipo de descuento especificado.

La valoración de la inversión estará pues destinada a estimar la rentabilidad, para lo cual se requiere cumplir con un proceso de estudio que de manera general considere lo siguiente:

1. Análisis del Problema
2. Cuantificación
3. Evaluación

1. Análisis de Problema

La valoración de la inversión tiene por objetivo estimar la rentabilidad de la misma en términos de eficiencia económica, es decir establecer la relación entre unidades económicas de resultados a unidades económicas de costo, que bajo el concepto de obtener el mejor resultado final por unidad de recurso gastado el porcentaje de esta relación sea mayor al 100%.

Dentro de este contexto el Estudio Económico alcanzará el detalle que permitan las condiciones impuestas por el alcance del proyecto, es decir en concordancia con el desarrollo de sus planes estratégicos y de realización.

En el plan estratégico se ha definido la estructura básica de la red y en el de realización la ubicación y cobertura de las entidades funcionales.

En este punto hay que establecer claramente las restricciones a las que está sujeto el estudio económico.

a. El Dimensionamiento de la red.- Es sobre la base del estudio de la demanda potencial que se dimensionan los elementos de la red, sin embargo hay que considerar que la demanda calculada en el caso particular que nos ocupa no obedece a una proyección obtenida del análisis de datos cronológicamente históricos, puesto que este es un sistema

completamente nuevo que no ha sido desarrollado en el medio y que el grado de crecimiento que tenga una vez implementado dependerá fundamentalmente del desarrollo económico del país. Actualmente es bastante difícil determinar claramente los índices de crecimiento económico a mediano y largo plazo en el país, debido a la crisis que atraviesa el medio financiero.

b. Otro aspecto muy importante a considerar es el hecho de la reubicación de los principales Aeropuertos de las ciudades de Quito y Guayaquil, cuyo objetivo principal es el de manejar con mayor seguridad el creciente tráfico aéreo. Actualmente no se dispone de un estudio a fondo de todos los efectos que tendrán lugar sobre la planificación de los sistemas en el medio aeronáutico, sobre todo una cuantificación que permita proyectar de manera real las inversiones progresivas en el sistema objeto de este trabajo. No obstante es bastante claro que las modificaciones fundamentales en la red estarían relacionadas con la implementación de nuevas Estaciones Terrestres de aeropuerto, en virtud del crecimiento de la demanda como consecuencia del aumento del tráfico aéreo. Pero no existe una fecha definida para su implementación.

c. Se incluye en el Estudio Económico los costos relacionados con la infraestructura de la red terrestre y no los costos de la infraestructura de las estaciones a bordo de las aeronaves, ya que el número de unidades

instaladas depende de las necesidades de las compañías aéreas, de la capacidad de las aeronaves y el servicio que estas presten, si transporte de pasajeros o de carga. De la investigación realizada se conoce, por ejemplo que en Europa la Compañía JETPHONE[1], es la que da el servicio de comunicaciones a los pasajeros a bordo de las aeronaves. Esta empresa tiene negocios conjuntos con compañías aéreas y empresas de telecomunicaciones públicas. Un ejemplo claro de esto es que la referida Compañía en coordinación con FRANCE TELECOM, da el servicio de telefonía desde aeronaves a los pasajeros a bordo de las aeronaves de AIR FRANCE.

d. El tiempo para el cual se proyectará el estudio es para un lapso de 10 años.

e. La vida útil sobre la cual se deprecia un activo, realmente puede no ser igual a su vida de servicio, su vida física, su vida económica, su vida de mercado, su permanencia tecnológica, etc. Debido al vertiginoso avance de la tecnología, sobre todo en los de las comunicaciones móviles, se estima una vida útil determinada por la tecnología, de tal manera que para el período de cálculo la vida útil al final del mismo será nulo.

[1] www.jetphone.ie

2. Cuantificación

Dentro del proceso del estudio económico, el paso más importante es cuantificar los costos de la inversión, así como los ingresos y las economías de costo que producirá el servicio.

Los costos de inversión se estimarán en consideración a:

- Gastos de inversión.
- Gastos de Explotación.

Dentro de los gastos de Inversión se consideraran:

- Costos del material y el equipo, incluidos el transporte, el almacenamiento, los impuestos sobre las ventas y los gastos de manipulación.
- Gastos de instalación, incluidos la mano de obra, la supervisión, los servicios proporcionados por contrata y la utilización de herramientas y equipo de medición.
- Gastos en ingeniería.
- Infraestructura civil.
- Varios, como: capacitación del personal, consultorías, etc.

Los gastos de explotación incluyen:

- Gastos de la operación del sistema.
- Costo de material y mano de obra asociados con el mantenimiento, se incluyen los gastos de la capacitación del personal y de la prueba de los equipos.
- Costos relacionados con el uso del espectro radioeléctrico.
- Costo de la mano de obra asociada con la explotación diaria del sistema.
- Gastos varios que incluyen reparaciones en taller, gastos en herramientas, y uso de servicios públicos.
- Costos de adquisición, transporte, almacenamiento de materiales y piezas de repuestos.
- Costos de supervisión.
- Otros gastos como alquileres e impuestos.

Finalmente deben establecerse los ingresos sobre la base del costo al usuario en la prestación de los servicios, que tiene relación directa con la demanda de aquellos. Se consideraran aspectos como: servicio, categorías de usuarios, competencia, crecimiento del mercado, entre otros.

3. Evaluación

Determinados los ingresos y las economías de costos, es necesario aplicar una técnica de estudio económico que permita manejar los valores involucrados a fin de establecer cuantitativamente, cuan rentable es el proyecto.

Se considerarán entonces para aplicar el método escogido los siguientes elementos:

a. Ingresos y economías de costo.
b. Factores de costo.
c. Valor residual y vida útil (de servicio)
d. Período de cálculo.
e. Tipo de descuento.
f. Inflación.

Los métodos o técnicas de evaluación más frecuentemente utilizados son:

1. Método de Actualización de Valores.(VPN)
2. Método de las Anualidades.
3. El método de la tasa de rentabilidad.

El método escogido posibilitará finalmente en este caso particular determinar la relación costo / beneficio.

5.2 Costos del Equipo.

Componentes de la red Terrestre.

Tipo de Estación Terrestre	Ubicación	Número de Estaciones
En Ruta	Quito-Guayaquil Quito-Cuenca Guayaquil-Cuenca	3
Intermedias	Quito, Guayaquil, Cuenca	3
Centros de Conmutación	Quito y Guayaquil	2

Cuadro # 5.1 Componentes de una Estación Terrestre

Componentes y costo de una estación terrestre instalada para 4 canales

Componente	Costo ($: USA)
Rack	60.000,00
Receptores de Canales	
Amplificador de alta potencia	
Transmisor / Unidad de Tráfico	
Antenas	
Interfaces	
Equipo de fuerza	15.0000,00
Rectificador AC/DC	
Set de baterías	
Aire acondicionado	375,00
Energía de emergencia	1.500
Torre autosoportada (30m)	12.000,00
Obra civil (shelter de 12 m^2)	8.000,00
TOTAL	**96.875,00**

Cuadro # 5.2 Costo de una Estación Terrestre

Componentes y Costos de un Centro de Conmutación Móvil Aeronáutico

Componente	Costo ($ USA)
Unidad Procesador	245.000,00
Multiplexor	
System operator	
Terminales	

Cuadro # 5.3 Costo de un Centro de Conmutación Móvil Aeronáutico

5.3 Costos de Operación y Mantenimiento

Gastos de Explotación del Sistema

- Operación y Mantenimiento

Se estima que los costos de mantenimiento más operación de un equipo de conmutación está alrededor del 5% de la inversión[2], un equipo de transmisión el 5%, una planta de energía 5%, construcciones civiles del 2% al 5%. (porcentajes anuales)

La tabla siguiente muestra para el caso particular los costos de operación y mantenimiento de la red por componente.

Componente	Costo de mantenimiento más operación. ($ USA) por año
Estación Terrestre	3.000,00
Centro de Conmutación	12.250,00
Alimentación de energía	825,00
Torre y Obra civil	400,00

Tabla # 5.4 Costo de Operación y Mantenimiento

- Costo por uso del Espectro radioeléctrico.

No existe en el país un reglamento de tasas y tarifas para la concesión de frecuencias, a ser utilizadas en este servicio en particular, sin embargo debido a la naturaleza de la configuración de la red terrestre que es de tipo celular, se puede tomar como referencia para el cálculo del costo del espectro radioeléctrico el reglamento existente para el Servicio de Telefonía Móvil Celular Terrestre, indicando que esto estaría sujeto a cualquier cambio en el momento en que se reglamente a través de una ley de tasas y tarifas la concesión de frecuencias para éste servicio.

En general para cualquier servicio, la concesión de frecuencias entraña el pago económico de dos derechos al estado, estas son la Tasa por concesión y la imposición mensual. En el caso particular del servicio de telefonía móvil celular estos valores indicados se calculan de la siguiente manera:

[2] Matemática del Dinero y Técnicas de Estudio Económico, UIT, PLANITU – Doc – 35 - S

a. **Imposición mensual (IM):**

IM = A + B + C[3]

A = 2 * SMVG * (NF/2)* NA

B = 5 * SMVG* NEL

C = 0.1 * SMVG * NTE

Donde:

SMVG: Salario Mínimo Vital Vigente

NF: Número de frecuencias.

NA: Número de áreas unitarias cubiertas.

NEL: Número de enlaces radioeléctricos

NTE: Número total de estaciones.

Para sistemas terrestres se considera como área unitaria aquella cuyo radio de cobertura es de 60 Km, textualmente, se define como: " El área equivalente a la de un círculo de radio de 60 Km".

Como en sistemas terrestres la definición de área equivalente es adecuada porque la propagación de las señales es en el medio circundante a la superficie

[3] Cálculo a realizarse en sucres.

terrestre, no así en el sistema móvil aeronáutico, en el que debido a la altura de vuelo de la aeronave, la distancia cubierta por la transmisión de una señal abarca un área mucho mayor, sin embargo hay que decidir el parámetro adecuado para ser considerado en el cálculo correspondiente. Se debe indicar además, que en los servicios del Sistema Móvil Aeronáutico en Ruta, categoría 302, la concesión de una frecuencia es a nivel nacional y no se considera el área cubierta por la misma, para el cálculo de la imposición mensual.

En ausencia de una norma establecida y para efectos de determinar el valor de la imposición mensual, se considerará la concesión de una frecuencia en este sistema a nivel nacional, es decir que el Factor NA será igual a la unidad.

El salario mínimo vital vigente a la fecha es de $100.000,00

El número total de estaciones de transmisión radioeléctrica (NTE) son: 6

El número de frecuencias requeridas serían: 7 pares de frecuencias (14).

A = 2*100.000*7*1 = S/. 1'400.000,00

B = 5*100.000*2 = S/. 1'000.000,00

C = 0,1*100.000*6 = S/. 60.000,00

IM = S/. 2'460.000,00

Transformando esta cantidad a la unidad monetaria en dólares norteamericanos, a un promedio de cambio de S/. 7.400 por dólar, la imposición mensual sería igual a:

IM = $ 332,43

b. Tasa de Concesión.

T = 1*SMVG*NC*NF

Donde: NC es el número de canales por frecuencia, NF el número de frecuencias y SMVG el Salario Mínimo Vital Vigente.

Sobre la base de la canalización de la banda de frecuencia para este servicio, corresponde un canal por frecuencia, entonces NF es igual a la unidad.

T = 1*100.000*1*14

T = S/. 1'400.000,00.

Transformado a dólares, al cambio de S/.7.400 por dólar, la tasa de concesión será:

T = $ 189,18, cabe indicar que la concesión dura 5 años, luego de lo cual hay que renovar la concesión.

En la siguiente tabla se resumen los costos por uso del espectro radioeléctrico:

Rubro	Costo ($ USA)
Tasa de concesión	189,18
Imposición Mensual	323,43

Tabla # 5.5 Costos por uso del Espectro

Finalmente, hay que considerar en los costos el uso de las tramas de 2Mbit/s, proveídas por las Empresas de la Red Telefónica Pública Conmutada, que de acuerdo a información proporcionada por los operadores, esté valor está en promedio 4000 dólares por trama de 2 Mbit/s y por trayecto entre puntos origen.-destino. Del diseño se aprecia que se necesitan 7 conexiones de tal manera que se origina un costo anual de $28.000,00 por año. Hay que considerar que este valor puede ser revalorizado un porcentaje cada año durante los 10 años considerados, si asumimos que el mismo en promedio es del 15%, el valor a pagar cada año por uso de las tramas en la red digital se indica en el cuadro siguiente:

AÑO	VALOR ANUAL POR USO DE LA RED DIGITAL ($USA)
1	28.000,00
2	30.800,00
3	33.880,00
4	37.268,00
5	40.994,80
6	45.094,28
7	49.603,70
8	54.564,07
9	60.020,47
10	66.022,51
TOTAL	**446.247,83**

Cuadro # 5.6 Costo anual por conexión a la red digital

5.4 BENEFICIOS

Se trata de estimar el costo del servicio que puede proveer la red terrestre a los usuarios, que en este caso resultan ser las Empresas Aéreas, quienes estarían en la posibilidad de brindar el servicio de telefonía pública a bordo de sus aeronaves.

Resulta bastante complejo dar un criterio respecto del costo del servicio sin realizar un análisis del problema. No es un parámetro que se toma al azar, pues su determinación se basa en la aplicación de varios métodos estimativos, con técnicas que van desde la intuición a un extremo hasta la aplicación de sofisticados métodos matemáticos, la aplicación de uno u otro método depende del tipo de servicio, de la calidad, del mercado, de las reglas de la competencia, etc.

Un análisis detallado del costo final del producto involucra una serie de parámetros muy complejos que requieren de sofisticadas técnicas de tratamiento que tienen que ver con procesos económicos de cálculo bastante grandes, motivo por el cual y en razón de que el objetivo fundamental de este trabajo de tesis no es el Análisis Económico para determinar el costo exacto del producto o de la prestación del servicio, se procederá a estimarlo sobre la base de un estudio muy generalizado de los costos del mismo en otros países, donde se presta este servicio.

Un método que es usado en un medio competitivo es el Comparativo, cuyo análisis se realiza sobre la base de las relaciones o características comunes con otros servicios ya explotados y que se encuentran vigentes en el mercado.

Dentro del ámbito de nuestro País no existe una Empresa que brinde este tipo de servicio, tampoco en el ámbito latinoamericano, sin embargo son una muy buena referencia los costos que se han establecido para este tipo de servicios en otros países como Estados Unidos y Canadá en Norte América y Francia en Europa.

Partiremos del costo al usuario final. En la tabla siguiente se muestran las tarifas tanto en Estados Unidos[4] como en Europa por uso del servicio telefónico a bordo de las aeronaves.

País	**Cargos por Conexión ($ USA)**	**Cargos por 30 segundos. Llamadas internas ($ USA)**	**Cargos por 30 segundos. Llamadas al exterior. ($ USA)**
Francia	1,5	2	2.7
USA	1	1.5	5

Tabla # 5.7 Tarifas de EEUU y de Europa por uso del SMACP

Esta son tarifas determinadas en promedio, ya que tanto en Europa como en Estados Unidos, las mismas son variables en función del tráfico generado a bordo de las aeronaves durante los días de la semana, de tal manera que generalmente hay una tarifa por día en unos casos y en otros una tarifa distinta los fines de semana, además se consideran en estos países la temporada respecto de las 4 estaciones, hay una tarifa especial en invierno y otoño y otra en verano y primavera.

No hay que perder de vista que estas tarifas son establecidas en Países desarrollados, cuyas economías son sólidas en comparación con la nuestra.

[4] AT&T Wireless Services 1 800 682-0006 and Jetpnone of France.

Sin embargo, se ha observado que en materia de telefonía pública la tendencia es estandarizar a nivel mundial las tarifas telefónicas, sobre todo las de tránsito internacional.

Bajo este argumento tendremos que elegir una tarifa referencial que podría establecerse para la prestación del servicio de la red en el País, no obstante se recalca el hecho de que una fijación del costo real en nuestro medio involucraría un análisis detallado de muchos otros parámetros económicos, sobre todo de la realidad económica nacional. Este es solamente un estimativo a priori a efectos de dar una idea referencial del costo que podría tener el servicio.

Si tomamos la tarifa Norteamérica, el usuario final pagará por uso del servicio telefónico público a bordo de la aeronave los siguientes valores:

Cargos por Conexión ($ USA)	Cargos por 30 segundos. Llamadas internas ($ USA)	Cargos por 30 segundos. Llamadas al exterior. ($ USA)
1	1.5	5
Total por llamada interna /30 seg		2,5
Total por llamada externa / 30 seg		6

Tabla # 5.8 Tarifa Norteamericana por uso del Servicio

Finalmente hay tres empresas involucradas en la prestación de este servicio, la primera que es la que brinda el servicio directamente al usuario a bordo de la

aeronave, la segunda que dispone de la red terrestre celular y la tercera que corresponde a la Red Fija Telefónica Pública Conmutada, que facilitará el acceso a cualquier terminal telefónico fijo en tierra.

Usualmente, la cantidad que le corresponde a cada uno de los involucrados es un porcentaje de la tarifa establecida, que queda determinado por mutuo acuerdo entre las partes, como ocurre por ejemplo en nuestro país el convenio que tienen Andinatel, y Pacifictel con las operadoras del Telefonía Móvil celular, quienes han llegado a un acuerdo respecto del cobro por llamada entrante y saliente entre sus redes.

Tal vez el criterio más acertado para definir el porcentaje que le correspondería a cada uno, es en función del tamaño de sus redes en cuanto a infraestructura física se refiere, si es que son comparables, otro aspecto es el relacionado al tráfico generado entre redes y otros de carácter técnico como ampliaciones de red, mejora en la tecnología y nuevos servicios ofrecidos.

Considerando estos aspectos:

1. En primer lugar apreciamos que cualquiera de las Empresas de Telefonía fija Pública Conmutada es más grande que la red Terrestre del Servicio Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública.

2. También, que dadas las características del sistema diseñado, únicamente en forma inicial el sistema originará tráfico sólo desde las aeronaves y en un volumen reducido comparado con el que maneja la red fija y que por tanto el uso de la infraestructura de dicha red es pequeño.
3. Finalmente las facilidades prestadas por la red troncal digital de las empresas de telefonía fija, a través de las cuales hay tramos en los que la red terrestre celular del SMACP, se conectan, a fin de enlazar sus canales de tráfico directamente a la red fija.

Se estima entonces que el mayor porcentaje les correspondería a las empresas de telefonía fija.

Tomaremos de esta manera el porcentaje que les pertenecería a las Empresas involucradas en la prestación del servicio como se indica a continuación:

Tipo de Empresa	**Porcentaje de la Tarifa (%)**
Telefonía Pública Conmutada	50
Red Celular Terrestre del SMACP	40
Empresa del servicio al usuario final	10

Cuadro # 5.9 Porcentaje de la tasa que les pertenece a las Compañías involucradas en la prestación del servicio

El porcentaje de menor valor para la empresa que brinda el servicio al usuario final, se lo hace en función del criterio que no se conoce exactamente el monto de la inversión que realizará para dar el servicio, ya que este será función de la demanda que se presente y de las condiciones de la Empresa que en términos generales varían de una a otra. No está por demás insistir el hecho de que esta

es una apreciación muy particular sujeta a un punto de vista que se ha basado en los planteamientos antes expuestos.

Entonces de las tarifas ya antes establecidas, en valores estos porcentajes quedan como se indican en el siguiente cuadro:

Tipo de Empresa	**Tipo de llamada**	**Valor de la tarifa que le corresponde. ($ USA)**
Telefonía Pública Conmutada	Interna / 30 segundos	1,25
	Externa / 30 segundos	3,00
Red Celular Terrestre del SMACP[5]	Interna / 30 segundos	1,00
	Externa / 30 segundos	2,4
Empresa del servicio al usuario final	Interna / 30 segundos	0,25
	Externa / 30 segundos	0,60

Cuadro # 5.10 Tarifas de llamadas internas y externas por Empresa

En este punto queda por concretar finalmente el ingreso total que generaría la prestación del servicio de la red terrestre, que sería enlazar las estaciones aeronáuticas con las red fija telefónica Pública Conmutada.

Para el efecto hay que cuantificar el número de usuarios posibles en una fase inicial, que no siempre son todos los usuarios potenciales.

[5] SMACP: Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública

En primer lugar si consideramos que es una Empresa la que se encarga de la prestación del servicio a bordo de las aeronaves, a nosotros no nos interesa directamente el número de empresas de aviación que realizan los vuelos entre ciudades dentro del país, si no más bien el número de vuelos diarios entre esas ciudades, es decir el número de vuelos bidireccional entre Quito y Guayaquil, entre Quito y Cuenca, y entre Guayaquil y Cuenca, independientemente de que empresa lo realice.

De acuerdo a información proporcionada en el Boletín de Tráfico Aéreo de la Dirección de Aviación Civil (DAC), el número de movimientos realizados en los aeropuertos de Quito, Guayaquil y Cuenca durante el año 1997 son los que se indican en el cuadro siguiente. Se entiende que el número total de vuelos corresponde al uso de la ruta en los dos sentidos y para tráfico doméstico únicamente.

Ciudades	# vuelos / año	Promedio mensual
Quito – Guayaquil	3.802	317
Quito – Cuenca	891	74
Guayaquil - Cuenca	293	24
# total en las tres rutas/año	4.986	413

Cuadro # 5.11 Número de vuelos por ruta y por año

Tomaremos la cifra del número de vuelos por año, a fin de establecer un ingreso promedio para ese período.

Ahora no significa que inicialmente todos los aviones estén equipados con las estaciones de aeronave para dar el servicio de telefonía pública, y en este momento hay que estimar el porcentaje del número total por año que empezarían utilizando el servicio. En nuestro país dan servicio aéreo regular 7 compañías aéreas nacionales[6], de las cuales 5 prestan un servicio de transporte de pasajeros y las otras servicio de transporte de carga.

Es decir que más o menos el 70% de estos vuelos son los que se transportan pasajeros, y los más probables de usar el servicio, a demás en varias ocasiones el mismo avión que arriba a su destino, realiza a continuación el viaje de retorno al origen del vuelo. Lo que implica que la mayoría de los aviones dentro de las rutas consideradas estarían equipados con las estaciones correspondientes.

No se dispone de un análisis estadístico real, que nos indique la tasa de crecimiento que experimentaría el tráfico aéreo doméstico con la puesta en servicio de los nuevos aeropuertos en las ciudades de Quito y Guayaquil, de tal manera que para incluir de alguna forma este incremento del tráfico aéreo, que se daría durante los próximos 10 años, periodo para el cual se hace el estudio, consideraremos que el 70% de las Empresas aéreas equipan sus aviones con estaciones móviles aeronáuticas, para dar el servicio de telefonía pública, lo

[6] Boletín Estadístico de Trafico Aéreo, Tráfico Doméstico.

que resultaría que en los 3490 vuelos por año se usa el servicio, tanto para llamadas internas como para llamadas externas.

Entonces los ingresos por el uso de la red ascenderían inicialmente como se indica en el siguiente cuadro:

# total de vuelos por año	# de llamadas a bordo en promedio y durante el vuelo	# total de llamadas por año	Duración de la llamada en promedio, en minutos.	Total ingreso en $ USA, por llamadas a bordo y por año
3.490	2	6.980	3	41.880

Cuadro # 5.12 Ingresos por llamadas internas a bordo

Hasta el momento no se ha considerado si se originarán llamadas al exterior durante el vuelo. La Compañía Air France registra en promedio un 5% del número de total de vuelos internos, en los que sus clientes realizan llamadas al exterior, sobre la base de lo cual, se estima que en el sistema, dada la cantidad del número de vuelos y el nivel económico medio de los usuarios, asumimos, que un porcentaje bastante reducido de pasajeros utilizaría el servicio para llamadas de este tipo, digamos que este porcentaje corresponde al 1% de número total de vuelos por año, lo que dará un ingreso de acuerdo a lo que se indica en el siguiente cuadro:

# total de vuelos por año	# de llamadas a bordo en promedio y durante el vuelo	# total de llamadas por año. (1% del total de vuelos)	Duración de la llamada en promedio, en minutos.	Total ingreso en $ USA, por llamadas a bordo y por año
3.490	1	35	3	504

Cuadro # 5.13 Ingresos por llamadas externas por año

Se prevé el uso de un canal de manera permanente, con fines de gestión del vuelo o para conectarse a un servidor en tierra a través de modem, entonces el costo por uso del mismo se estima en la misma cantidad en dólares por unidad de tiempo de una llamada interna, de tal manera que si se considera, que en los 3490 vuelos por año se usa el servicio, el ingreso por este concepto asciende a la cantidad de $USA 209.400 por año.

De igual manera, la empresa que administra la red terrestre puede solicitar un derecho de concesión de uso de la red, a la empresa que va a administrar el servicio a bordo de las aeronaves, que puede ser un pago al inicio de las operaciones, dicho pago generalmente se estima como un porcentaje del total invertido en la implementación de la red que fluctúa entre el 1 y el 3 %[7].

[7] AT&T, Economía de Ingeniría, Tercera Edición, Mc Graw Hill, 1977

Asumimos que el cobro será del 2% de la inversión total en equipos, cuyo valor resulta ser $26.950

La instalación de los equipos se considera en aproximadamente el 3% del valor total invertido en dichos equipos.

A continuación se presenta un cuadro resumido tanto de los gastos totales como de los ingresos estimados hasta el momento.

Gastos de Inversión			Observación
Elemento	**# de ET.**	**Costo ($USA)**	
Estaciones Terrestres	6	408.350,00	Cada estación terrestre tiene un valor de acuerdo a su capacidad.
Centros de Conmutación	2	490.000,00	Inversión inicial
Instalación		26.950,00	Inversión Inicial

Cuadro # 5.14 Gastos de Inversión

Gastos de Explotación			Observación
Operación y mantenimiento	-	22.713,00	Valor Anual
Uso del Espectro	IM	332,43	Valor mensual
	T	189,18	Valor que se paga al inicio y el mismo después de 5 años (Renovación)
Conexión a la red digital	-	28.000,00	Valor Anual (primer año)
Otros gastos	-	22.000,00	Corresponde a personal, consultorías, etc. considerado para el período de cálculo

Cuadro # 5.15 Gastos de Explotación

Ingresos	Valor ($ USA)	Observaciones
Por número total de llamadas, por año	42.384,00	Valor anual (primer año)
Por uso de canal para gestión de vuelo /conexión con servidor.	209.400,00	Valor anual (primer año)
Derecho de Concesión o de uso de la red	26.950,00	Pago realizado al inicio, por el operador a bordo

Cuadro # 5.16 Ingresos generados para el primer año por uso de la red

Los ingresos corresponden al primer año, pero se estima que durante los próximos 9 años estos valores anuales sean actualizados a una tasa del 10% cada año, como un reajuste de tarifas. En el siguiente cuadro se muestran estos valores

Año	Ingreso por llamadas ($ USA)	Ingreso uso del canal ($USA)
1	42.384,00	209.400,00
2	48.741,60	240.810,00
3	56.052,84	276.931,00
4	64.460,77	318.471,23
5	74.129,88	366.241,91
6	85.249,37	421.178,19
7	98.036,77	484.354,92
8	112.742,29	557.008,16
9	129.653,63	640.559,39
10	149.101,68	736.643,30
SUM	**860.552,83**	**4.251.598,10**

Tabla # 5.17 Ingresos generados por año durante los 10 años

El beneficio total que corresponde a los ingresos totales, debe ser potencializado, en virtud de las características inherentes en la prestación del servicio ofrecido por el sistema, como son el beneficio que causa este, tanto al desarrollo económico como social del país. Se considera un factor de potencialización del 1.2.

5.5 EVALUACIÓN

Con los datos obtenidos tanto de costos como de ingresos, procederemos a encontrar el Valor Presente Neto de la inversión, para finalmente estimar el índice costo / beneficio.

En primer lugar se expresarán los valores del costo de operación y mantenimiento, los valores del costo por uso del espectro y el valor de derecho de Concesión al operador final en valores equivalentes por año.

Se tiene que definir una tasa de interés para manejar el valor del dinero en el tiempo y como nuestro análisis se ha realizado sobre la base de las tarifas y moneda norteamericanas, que se mantienen más o menos estables en el mercado de valores, una tasa referencial de cálculo bajo el sistema norteamericano oscila entre el 6 y el 10%, nosotros tomaremos como referencia una tasa del 8% anual, que es además la más recomendada, para efectos de realizar los cálculos en el método económico escogido.

También se considerará una Vida útil igual a la del período de cálculo, tomando en cuenta que el desarrollo tecnológico en los últimos tiempos es vertiginoso y que bien pueden considerarse cambios bastante estimables en períodos de 5 años.

a. Valor equivalente anual de los Costos del espectro.

Período de Cálculo: 10 años

Tasa de interés 8 % anual

Imposición Mensual: $ 332,43

Imposición anual = $12*332,43*(1+.08)^1$ = $ 4.308,30

Tasa de Concesión: $189,18, que se paga al inicio y después de 5 años.

Tasa de concesión anual = 2*189,18*(A/P,8%,10) = $ 56,37

b. Valor equivalente anual de otros gastos.

Período de Cálculo: 10 años

Tasa de interés 8 % anual

Valor por uso de la red: $ 22.000,00.

Valor anual por uso de la red = 22.000,00*(A/P,7%,10) = $ 3.278,00

c. Valor Equivalente anual de los Ingresos

Período de Cálculo: 10 años

Tasa de interés 8 % anual

Ingresos totales (valor presente): Ingresos por uso de la Red + Ingreso por derecho de uso de la red (concesión).

$ 5'112.150,93 + $ 26.950,00 = $ 5'139.100,93

Potencialización: 5'139.100,93 * 1,2 = $6'166.921,12

Valor equivalente anual del ingreso:

6'166.921,12* (A/P,8%,10) = $ 918.871,25

d. Tasa de depreciación[8] y Depreciación de Activos

TD = (100% - % Valor residual Neto promedio[9]) / Vida media del servicio

TD = 100% / 10 años = 10 %

Con este método de depreciación se considera que el valor de un activo decrece a una tasa constante, entonces la tasa del 10%, es una tasa de depreciación anual.

A continuación se muestra la tabla de depreciación de los activos.

Año	Cargos por depreciación por año ($ USA)	Depreciación acumulada ($ USA)
1	89.835,00	89.835,00
2	89.835,00	179.670,00
3	89.835,00	269.905,00
4	89.835,00	359.340,00
5	89.835,00	449.175,00
6	89.835,00	539.010,00
7	89.835,00	628.845,00
8	89.835,00	718.680,00
9	89.835,00	808.515,00
10	89.835,00	898.350,00

Tabla # 5.17 Tabla de depreciación

[8] Planificación Económica en Telecomunicaciones, AHCIET, 2, 1990.
[9] Se supone un valor residual neto promedio de cero %

e. Valor equivalente anual por interconexión a la red digital

Valor anual por uso de la red digital = 446.247,83 (A/P,8%,10)

= 446.247.83 * 0.1490 = $ 66.490,92

Cálculo del Valor Presente Neto (VPN)

ÍTEM	VALOR ($ USA)
Inversión	925.300,00
Costos / año totales	186.681,59
Ingreso total por año	918.871,25

Flujo efectivo anual neto (FEAN):

Ingresos anuales totales–Costo total anual = **$ 918.871,25 - $ 186.681,59**

FEAN = $ 732.189,66

VPN = - Inversión + FEAN (P/A,8%,10)

VPN = - 925.300,00 + 770.680,58 (6,6117)

VPN = $ 3'915.718,37

El valor presente neto es positivo, puesto que el valor total de los ingresos es mayor que la cantidad invertida en dinero del año 0, por tanto la inversión

propuesta, a una tasa del 8% anual en los 10 años es suficiente para generar rendimientos.

Período de Recuperación

El período de recuperación (PR), es el tiempo que se necesita para recuperar una inversión inicial. Matemáticamente se expresa como:

PR = (FEo) / Ingreso anual.

FEo es la inversión inicial.

Ingreso anual: Ingreso anual promedio.

En nuestro caso el Ingreso anual promedio es: $ 918.871,25 y la inversión inicial: $ 925.300, de tal manera que el período de recuperación será aproximadamente: **PR =1 año.**

El Período de recuperación ignora el valor del dinero en el tiempo, por tanto es un parámetro de análisis secundario, no obstante nos da el tiempo referencial en el que se recuperará la inversión inicial. En nuestro caso, se estima que en aproximadamente 1 año se dará la recuperación de la inversión inicial.

5.6 ÍNDICE COSTO / BENEFICIO

La relación costo a beneficio es una medida de eficiencia general.

Bien puede expresarse está relación sobre la base del flujo de caja neto, en el que se obtienen los flujos netos positivos y los flujos netos negativos. El beneficio puede ser definido en este caso como el flujo neto positivo de caja y el coste como el valor presente de los flujos netos negativos. Entonces la relación costo a beneficio puede expresarse de la siguiente manera:

Coste/Beneficio = (flujos netos negativos de caja (FN)) / (flujos netos positivos de caja(FP))

Un flujo de caja neto es atractivo si su VPN es positivo, puesto que es el valor presente de los flujos positivos (VPFP) menos el valor presente de los flujos negativos (VPFN).

De esta manera se tiene que:

VPN = VPFP – VPFN,

VPFP y VPFN corresponden a flujos de caja netos.

VPFP = VPN + VPFN

Por tanto:

Costo / Beneficio = (VPFN) / (VPFP) = 1 – (VPN) / (VPFP)

En nuestro caso: VPN = **$ 3'915.718,37** y el VPFP = **$ 6'166.921,12**

Costo/Beneficio = 1- (3'915.718,37 / 6'166.912,12)

Costo/Beneficio = 0,365

Significa este resultado que el flujo de caja está generando suficientes recursos de caja como para recuperar los fondos invertidos con el retorno requerido.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Uno de los componentes fundamentales del crecimiento económico son las comunicaciones, las mismas que han ganado terreno en los más diversos aspectos y facetas de la sociedad, marcando sin lugar a dudas el final de éste siglo con los parámetros claros hacia la evolución de un nuevo concepto como es la Sociedad Mundial de la Información. La vida cotidiana misma del ciudadano común está soportada en la actualidad de una u otra manera por la disponibilidad de servicios que le permiten atender sus múltiples necesidades, en prácticamente todos los campos del que hacer humano, telefonía fija, telefonía móvil, facsímil, dinero electrónico, tarjetas de crédito, consultas en mudos remotos a través de Internet, etc, son solo una pequeña muestra del amplio abanico de posibilidades, de ahí que la responsabilidad de los nuevos profesionales es luchar incansablemente, por conseguir que nuestro entorno logre insertarse lo más cerca posible a la Aldea Global de las Telecomunicaciones.

2. El Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública, permite acceder a redes públicas, como red telefónica pública conmutada RTPC, a una red pública de conmutación de paquetes RPCP, o a una red digital de servicios integrados RDSI, etc, el mismo que puede ser de dos tipos, terrenal o por satélite. La implementación de uno u otro tipo de sistema está básicamente determinada por las facilidades y necesidades de cobertura, así un sistema por satélite estaría destinado a cubrir extensas zonas de la superficie terrestre, mientras que un sistema terrenal cubre áreas más pequeñas, cuya extensión depende de las necesidades de la región o país que lo utilice, se consideran muy determinantes los aspectos relacionados con la capacidad de tráfico, así como la incidencia en la determinación del menor coste del servicio. Actualmente se trabaja en buscar la solución para hacer compatibles los dos sistemas, con el propósito de que en la aeronave se instale un solo tipo de equipo, que permita usar uno u otro sistema indistintamente, el mayor inconveniente radica en la utilización de antenas diferentes.

3. El Sistema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública Terrestre se originó en Europa, con la estandarización por parte del ETSI, del Terrestrial Fligth Telecommunication System (el TFTS), que fue definido por dicho organismo para aplicaciones en los países Europeos. La Conferencia Mundial Administrativa de Radiocomunicaciones (WARC), en 1992 asignó al TFTS las bandas de frecuencias 1670-1675 MHz (tierra-aire) y 1800-1805 MHz (aire-tierra), finalmente la Uinión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), recomendó la utilización de la norma TFTS,

definida por el ETSI, para realizar los servicios de comunicación con los pasajeros de los aviones. Hoy constituye la Recomendación UIT-R M.1040

4. Los componentes del sistema permiten proveer los servicios relacionados a las comunicaciones aire-tierra, tales como telefonía, fax, transmisión de datos, paging y servicios de valor agregado, los servicios tienen un número de requerimientos que son definidos en el diseño del sistema y en conformidad con los propósitos particulares. Así en virtud de que su arquitectura y diseño son concebidos en comparación a los sistemas de comunicaciones terrestres, la calidad del servicio es similar y puede adaptar altas densidades de usuarios, aparte de esto permite la prestación de nuevos servicios, tales como la transmisión de parámetros técnicos para aerolíneas u organizaciones de control de tráfico aéreo.

5. La arquitectura general del Sistema, consiste de estaciones a bordo, estaciones terrestres, centros de conmutación y servicio que se comunican a través de interfaces estandarizados. Cada estación de tierra utiliza un grupo de frecuencias y mediante su área de cobertura define una célula del sistema total. Esta célula se encuentra rodeada por células adyacentes, que usan grupos diferentes de frecuencias con áreas de cobertura ligeramente superpuestas.

6. La estación aerotransportada incluye el equipo del sistema TFTS, que consiste del equipo de radio y del equipo que debe ser común a los diferentes sistemas (equipo de cabina y equipo terminal, tales como teléfonos con lector de tarjeta de crédito, terminales de fax y terminales de datos. La estación en tierra está diseñada para proveer tanto la cobertura de radio dentro de una área geográfica o celda bien definida como las comunicaciones con las estaciones aerotransportadas localizadas dentro de ésta área. Tres tipos de estaciones terrestres son usadas dependiendo de la posición del avión durante las fases de vuelo, así, hay un tipo de estación terrestre que se denomina estación terrestre en ruta o de alta potencia, que da servicio a las aeronaves que se encuentran volando a alturas comprendidas entre los 4,5 Km y 13 Km, otro tipo de estación terrestre constituyen las Estaciones Terrestres Intermedias, que manejan una potencia menor que las estaciones en ruta y dan servicio a las aeronaves que vuelan a alturas comprendidas entre 0 y 4.5 Km, finalmente un tercer tipo de estación terrestre es usada en el SMACP, de baja potencia, que da servicio en el área del aeropuerto, específicamente a las zonas de parqueo de los aviones. En el caso particular de las estaciones de baja potencia, su implementación depende de los requerimientos de los usuarios, en definitiva de la demanda existente. Generalmente en los aeropuertos se dispone del servicio de telefonía pública o de telefonía móvil celular, lo que reduce de alguna manera la posibilidad de que el pasajero use el terminal del avión apenas ingresa a la cabina de pasajeros, motivo por el cual la

instalación de estas estaciones no es muy frecuente sobre todo en ciudades pequeñas.

7. Cada estación tiene un número de transmisores y receptores que varía de acuerdo a la carga de tráfico esperado y que predefine las frecuencias que se destinan.

8. Los Centros de Conmutación Terrestres constituyen el interface entre las estaciones terrestres y la red fija, cada centro de conmutación controla una o más estaciones terrestres. Sus principales funciones son las de establecer y mantener las llamadas entre las aeronaves y la red terrestre, el traspaso de llamadas cuando los aviones están en movimiento, la identificación de llamadas del avión, el control de la estación y el almacenaje de datos de las llamadas. Cada centro también controla la operación de equipos y los interfaces con los centros de servicio.

9. El diseño del sistema objeto del presente trabajo, se ha cumplido bajo lo establecido tanto en los objetivos como en el alcance definidos al inicio, esto es principalmente el diseño de la red terrestre, cuya área de cobertura son las rutas aéreas entre las principales ciudades del País como son Quito, Guayaquil y Cuenca, cada una de las rutas entre ciudades tienen sus propias características, determinadas fundamentalmente por las zonas geográficas que atraviesan, sin embargo no hay que perder de vista que en el sistema la comunicación entre estaciones se da desde aire a tierra y viceversa, de tal manera que en el caso de las estaciones de aeronave, necesitan tener una línea de vista desde el aire con la estación terrestre correspondiente y de la misma manera la estación terrestre, fundamentalmente debe tener la capacidad de dar servicio a las aeronaves en vuelo, lo que implica que debe cubrir radioeléctricamente el espacio aéreo ocupado por la ruta y a la altura a la que vuelan las mismas.

10. El modelo de propagación para el cálculo del área de cobertura considera básicamente las pérdidas en el medio de transmisión entre el emisor y el receptor, de tal forma que la propagación de línea de vista directa es la fundamental, las pérdidas originadas por propagación multitrayecto se consideran despreciables, en virtud del considerable bit rate especificado para éste sistema. (Velocidad binaria bruta de cada portadora 44,2 kbits/s, duración del bit: 22,62 us, longitud del intervalo de tiempo 208 bits, intervalo de tiempo 4,706 ms, longitud de la trama 17 intervalos, duración de la trama 80 ms, número de bits de tráfico / intervalo 192 bits. De tal manera que retardos menores a 5 us resultan ser despreciables)

11. Una vez que se ha identificado la ruta de vuelo, es importante determinar la geometría de la trayectoria, a fin de establecer las distancias máximas y mínimas a las que se encontrará el avión de la estación terrestre

correspondiente durante la fase de vuelo, para establecer fundamentalmente la potencia que requerirán tanto la estación de aeronave como la estación terrestre, en el establecimiento de la comunicación entre ellas. No hay que perder de vista que las estaciones de aeronave determinan el área de cobertura, en razón de la altura a la que se encuentran en vuelo, por eso es que el parámetro fundamental del alcance del transmisor aéreo se determina por su correspondiente horizonte radioeléctrico, que depende de la raíz cuadrada de la altura sobre la superficie terrestre.

12. Dadas las condiciones geográficas del medio por una parte, por otra las distancias entre las ciudades consideradas, que de paso se estiman pequeñas comparadas con las distancias de horizonte del transmisor en el aire, se estima que la red es pequeña comparada con cualquier otra red terrestre de telefonía móvil. El sistema diseñado para cubrir la ruta completa entre Quito y Guayaquil por ejemplo, requiere de una estación terrestre para cubrir la ruta a la altura de crucero (aproximadamente 8 Km) y de dos estaciones terrestres para cubrir las zonas de aproximación a los aeropuertos correspondientes, de tal manera que la ruta completa queda cubierta con tres estaciones terrestres, lógicamente que el número de celdas requeridas para cubrir una zona particular en un sistema de telefonía móvil terrestre depende fundamentalmente de la densidad de tráfico presente en esa zona, y de otros parámetros como las características de propagación de las señales, sin embargo es evidente que por los motivos precedentes, las redes terrestres del sistema móvil aeronáutico de correspondencia pública resultan ser más pequeñas (en componentes de red). En esta misma línea de comparación, cabe mencionar además que el sistema de telefonía móvil aeronáutico maneja un menor tráfico que el sistema de telefonía móvil celular terrestre.

13. La presencia de celdas o células entraña el concepto de reutilización de frecuencias, en otras áreas distintas, determinadas fundamentalmente por el parámetro de la relación señal a ruido de las señales. En estos sistemas celulares la interferencia múltiple cocanal es una situación normal aunque controlada y constituye el factor primordial para determinar el área de servicio (área de cobertura de la celda), cada celda entonces se encuentra separada a una distancia cocanal o de reutilización que es función del valor de la relación de protección de RF admisible, a fin de reutilizarse las mismas frecuencias. Para el sistema móvil aeronáutico, más bien el criterio de reutilización es la distancia de horizonte del transmisor a bordo de la aeronave, por la altura a la que se encuentra en movimiento. Parece ser que al aplicar el sistema en nuestro medio se pierde un poco el criterio de reutilización, en razón de las cortas distancias que cubre en las rutas por un lado y por otro el reducido número de frecuencias que necesita el sistema para manejar la carga de tráfico prevista. Hay disponibles en toda la banda

asignada para el sistema 164 pares de frecuencias, de cuales el sistema necesita 14 pares.

14. A este respecto, una buena administración del espectro requiere que una banda asignada para cualquier servicio se lo utilice de manera eficiente, lo que implica no en primera instancia que toda la banda sea ocupada totalmente, si no más bien que su gestión permita ir acomodando convenientemente el crecimiento de la densidad de tráfico en el tiempo, estimándose entonces, que idealmente el sistema pueda crecer indefinidamente pero dentro de la banda asignada. Lo contrario es que el sistema durante su permanencia subutilice la banda asignada, es decir que no sea aprovechada de manera equilibrada, entonces surge la inquietud de qué hacer con el resto de la banda que se estima no va a ser ocupada en un alto porcentaje. En efecto hay tres posibilidades: 1) Que la banda llegue a ser utilizada como producto de un crecimiento progresivo de la demanda. 2) Que como producto de la tendencia de las telecomunicaciones a nivel mundial de utilizar sistemas compatibles y estándares mundiales, no es una utopía que en un futuro cercano, por ejemplo el área subregional andina implemente este sistema para su región, con miras a pertenecer a una red más grande como Sudamérica o a todo el Continente Americano, que como ya hemos visto en un punto anterior el sistema obedece actualmente a una Recomendación de carácter general. 3) Que se considere la compartición de servicios dentro de la banda asignada, para lo cual deben darse tanto las condiciones tecnológicas como los requerimientos mínimos de necesidades. Hemos asistido a un escenario en el que la tecnología experimenta día a día cambios asombrosos, y es nuestra responsabilidad como profesionales del ramo insertarnos cada vez más a fondo las soluciones que se podrían dar a conflictos de carácter técnico que finalmente nos lleven a un uso más eficiente del espectro radioeléctrico en bien de la sociedad en general.

15. Hay varias maneras de optimizar recursos a la hora de tomar decisiones en el proceso de planificación y diseño de sistemas de telecomunicaciones. La alternativa más conveniente escogida es el resultado de haber analizado varias posibilidades, tomando en consideración múltiples variables de carácter técmico, económico, social, geográfico, etc. de tal manera que el resultado final redunde en el uso eficiente de los recursos en general. Dado el tamaño de la red diseñada y la densidad de tráfico prevista, se estima que es una buena alternativa usar la red troncal digital de Andinatel y Pacifictel, en algunos tramos donde es posible insertar los canales de tráfico del sistema, para transportarlos hacia los centros de conmutación en un caso y en otro para interconectar estos con las centrales de conmutación de la red telefónica fija, con esto se evita realizar gastos por los sistemas propios de enlace entre estaciones en tierra, fundamentalmente por las distancias que cubrirían estos, tomando en cuenta además que lo que se requiere en cada

tramo utilizado únicamente es un canal dedicado. Para una implementación del sistema si habrá que realizar esta consideración, con el fin de determinar la alternativa más rentable. Este punto no es objeto del presente trabajo.

16. Todo sistema de telecomunicaciones bien diseñado, bajo parámetros reales de tecnología y de economía, en primer lugar satisfacen un amplio abanico de necesidades de comunicaciones e información de la sociedad y en segundo lugar producen una rentabilidad que sostiene el crecimiento económico en general, lo fundamental radica por tanto, involucrar en cualquier proceso de esta naturaleza la veracidad de los parámetros de diseño y dimensionamiento de los sistemas, para que cumplan finalmente con su cometido. Hay maneras de evaluar el rendimiento económico de la prestación de un servicio, que sin lugar a dudas un resultado positivo fundamentará la permanencia y optimización del uso de recursos, por el contrario un resultado negativo será el indicador de una acción ineficiente. El estudio económico realizado presenta resultados positivos, bajo los condicionamientos que se determinaron al inicio del mismo, en la etapa del análisis del problema, la idea fundamental es exponer de manera muy general una evaluación económica que indique una referencia del costo del sistema como se ha planteado y luego los ingresos referenciales que produciría la explotación del mismo, juega un papel muy importante el conocimiento de otros sistemas similares en explotación.

17. Con la idea, de que de alguna manera nuestro país se vaya insertando en la aldea global de las telecomunicaciones y con el propósito de acercarnos en lo posible al desarrollo tecnológico presente en este final de siglo, se recomienda realizar un sondeo permanente de los nuevos sistemas que se introducen progresivamente a nivel mundial, con el propósito de ir generando la reglamentación necesaria y la normativa técnica pertinente, para que tengamos una posibilidad mayor en tiempo real de aprovechar los beneficios que ofrece la tecnología actual. No existe en el país una norma técnica aplicable al sistema diseñado, tampoco existen los estudios correspondientes de ingeniería del espectro en esta banda de frecuencias utilizada y peor aún el reglamento y la Ley de tasas y tarifas que regule la concesión de este servicio. Con seguridad inmersos en el proceso de globalización que exige la comunidad internacional, estaremos muy próximos a ser partícipes de beneficios que ofrece este tipo de sistemas y para lo cual tenemos que estar preparados.

18. Finalmente queda por indicar que el diseño del sistema, dada la ausencia de una norma particular, ha sido realizado siguiendo los lineamientos muy generales de las Recomendación de la UIT, la especificación del estándar del ETSI para este tipo de sistemas y otros criterios técnicos del diseño

BIBLIOGRAFÍA

1 RADIOSISTEMAS DEL AVIÓN, J. Powell, Paraninfo, Madrid 1984

2 Informes del CCIR, Anexo 3 al Volumen VIII, SERVICIOS MÓVILES POR SATÉLITE (AERONÁUTICO, TERRESTRE, MARÍTIMO, MÓVIL Y RADIODETERMINACIÓN), SERVICIO MÓVIL AERONÁUTICO, UIT, CCIR, Ginebra, 1990.

3 BOLETÍN DE LA UIT, Edición dedicada al Servicio Móvil Terrestre, Junio 1987.

4 Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, TELECOMUNICACIONES AERONÁUTICAS, Volumen I, parte II, OACI, cuarta edición, abril 1985.

5 NORMAS Y MÉTODOS RECOMENDADOS PARA EL SERVICIO MÓVIL AERONÁUTICO POR SATÉLITE (SARPS DEL SMAS), Proyecto OACI, Montreal, Canadá, abril 1994.

6 PROPAGACIÓN, Apéndice a la sección B.IV.3 del Manual: Aspectos Económicos y Técnicos de la elección de sistemas de transmisión, UIT, 1971.

7 MOBILE CELLULAR TELECOMMUNICATIONS, Analog and Digital Systems, William C. Y. Lee, McGraw- Hill, second edition, 1995

8 TRANSMISIÓN POR RADIO, José María Hernando Rábanos, Editorial Centro de Estudios ramón Areces, S.A., Segunda edición, 1995.

9 TERRESTRIAL FLIGHT TELEPHONE SYSTEM (TFTS) AIRBORNE RADIO SUBSYSTEM, ARINC CHARACTERISTIC 752.

10 SIGNAL TRANSMISSION TECHNOLOGY FOR DIGITAL CELLULAR SYSTEM, NTT REVIEW, Vol.4 No 1 January 1992.

11 AN OUTLINE OF DIGITAL CELLULAR COMMUNICATION SYSTEMS. NTT REVIEW, Vol.4 No 1 January 1992.

12 MOBILE RADI COMMUNICATIONS, Raymond Steele, Pentech Press, 1992.

13 Recomendaciones UIT-R: I. 338-4, P.618-5, P.1144, 528-2, PN.1057, PN 525-2, M-1040.

14 MANUAL ON MOBILE COMMUNICATION DEVELOPMENT, UIT, BDT, Geneva, June 1997.

15 CCITT, LIBRO AZUL, TOMO III-FASCÍCULO III.4, UIT, Ginebra 1984.

16 COMPUTER AIDED SPECTRUM MANAGEMENT COURSE, Haim Mazar, Tadiran Abril 1998.

17 ETSI, ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY AND RADIO SPECTRUM MATTERS (EMR) TERRESTRIAL FLIGHT TELECOMMUNICATIONS SYSTEM (TFTS), part: 1, Agosto de 1998.

18 ETSI, ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY AND RADIO SPECTRUM MATTERS (EMR) TERRESTRIAL FLIGHT TELECOMMUNICATIONS SYSTEM (TFTS), part 2, Agosto de 1998.

19 ETSI, ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY AND RADIO SPECTRUM MATTERS (EMR) TERRESTRIAL FLIGHT TELECOMMUNICATIONS SYSTEM (TFTS), part 3, Agosto de 1998.
20 PLANIFICACIÓN GENERAL DE LA RED, UIT, CCITT, Ginebra 1983.
21 PLANIFICACIÓN ECONÓMICA EN TELECOMUNICACIONES, AHCIET, Edición, Carlos Hermida Barral, Madrid 1990.
22 INGENIERÍA ECONÓMICA, José A. Sepúlveda, William E. Souder, Byron S. Gottfried, Serie Schaum, Mc Graw Hill, México 1985.

ANEXO I

DEFINICIONES DE LOS SERVICIOS Y ESTACIONES DE RADIOCOMUNICACIONES AERONÁUTICAS

REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES

ARTÍCULO S1

Términos y definiciones

Sección III – Servicios radioeléctricos

S1.32 *servicio móvil aeronáutico: Servicio móvil* entre *estaciones aeronáuticas* y *estaciones de aeronave*, o entre *estaciones de aeronave*, en el que también pueden participar las *estaciones de embarcación o dispositivo de salvamento*; también pueden considerarse incluidas en este servicio las *estaciones de radiobaliza de localización de siniestros* que operen en las frecuencias de socorro y de urgencia designadas.

S1.33 *servicio móvil aeronáutico (R)*: Servicio móvil aeronáutico* reservado a las comunicaciones aeronáuticas relativas a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente en las rutas nacionales o internacionales de la aviación civil.

S1.34 *servicio móvil aeronáutico (OR)**: Servicio móvil aeronáutico* destinado a asegurar las comunicaciones, incluyendo las relativas a la coordinación de los vuelos, principalmente fuera de las rutas nacionales e internacionales de la aviación civil.

S1.35 *servicio móvil aeronáutico por satélite: Servicio móvil por satélite* en el que las *estaciones terrenas móviles* están situadas a bordo de aeronaves; también pueden considerarse incluidas en este servicio las *estaciones de embarcación o dispositivo de salvamento* y las *estaciones de radiobaliza de localización de siniestros.*

S1.36 *servicio móvil aeronáutico (R)* por satélite: Servicio móvil aeronáutico por satélite* reservado a las comunicaciones relativas a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente en las rutas nacionales o internacionales de la aviación civil.

S1.37 *servicio móvil aeronáutico (OR)** por satélite: Servicio móvil aeronáutico por satélite* destinado a asegurar las comunicaciones, incluyendo las relativas a la coordinación de los vuelos, principalmente fuera de las rutas nacionales e internacionales de la aviación civil.

---

* (R): en rutas.

** (OR): fuera de rutas.

S1.46 *servicio de radionavegación aeronáutica: Servicio de radionavegación* destinado a las aeronaves y a su explotación en condiciones de seguridad.

S1.47 *servicio de radionavegación aeronáutica por satélite: Servicio de radionavegación por satélite* en el que las *estaciones terrenas* están situadas a bordo de aeronaves.

Sección IV – Estaciones y sistemas radioeléctricos

S1.80 *estación portuaria: Estación costera* del *servicio de operaciones portuarias.*

S1.81 *estación aeronáutica: Estación terrestre* del *servicio móvil aeronáutico.*

En ciertos casos, una estación aeronáutica puede estar instalada, por ejemplo, a bordo de un barco o de una plataforma sobre el mar.

S1.82 *estación terrena aeronáutica: Estación terrena* del *servicio fijo por satélite*, o, en algunos casos, del *servicio móvil aeronáutico por satélite* instalada en tierra en un punto determinado, con el fin de establecer un *enlace de conexión* en el *servicio móvil aeronáutico por satélite.*

S1.83 *estación de aeronave: Estación móvil* del *servicio móvil aeronáutico* instalada a bordo de una aeronave, que no sea una *estación de embarcación o dispositivo de salvamento.*

S1.84 *estación terrena de aeronave: Estación terrena móvil* del *servicio móvil aeronáutico por satélite* instalada a bordo de una aeronave.

Sección V – Términos referentes a la explotación

S1.116 *correspondencia pública:* Toda *telecomunicación* que deban aceptar para su transmisión las oficinas y *estaciones* por el simple hecho de hallarse a disposición del público (CS).

ANEXO II

CUESTIONARIO PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES AERONAUTICAS DE CORRESPONDENCIA PUBLICA

CUESTIONARIO PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES AERONAUTICAS DE CORRESPONDENCIA PUBLICA

PARTE I: Información general de la Empresa de Aviación

Nombre de la Empresa:.....

Representante Legal:.....

Dirección: .....Teléfono: .....

Actividad:.....

Indique los países y/o ciudades donde están ubicadas sus oficinas

a) En el Ecuador: .....

b) En el exterior: .....

c) Expansión Futura: .....

d) Número de Empleados:.....

PARTE II: Servicios de Telecomunicaciones que dispone la Empresa

a) ¿ Cuántas líneas telefónicas tiene la Empresa?
b) ¿ Está previsto un aumento del número de líneas telefónicas?

SI.....NO.....En caso afirmativo ¿Cuántas líneas?.....

c) ¿Utiliza PABX ? SI.....NO.....

En caso afirmativo:

¿ Qué tipo de Sistema Utiliza?.....

Número de líneas de central.....
Número de extensiones .....

¿ Utiliza otros servicios?

TELEX SI.....NO.....Número líneas.....

TELEFAX: SI.....NO.....Número de líneas.....

EI TELEFAX ESTA CONECTADO A UNA LINEA EXCLUSIVA

SI.....NO.....

¿ Está previsto instalar uno? SI.....NO...

TELEFONIA MOVIL CELULAR SI.....NO.....Numero de Teléfonos.....

BUSCAPERSONAS SI.....NO.....Número de Terminales.....

FIJO-MOVIL SI.....NO.....Número de Estaciones: Repetidoras.....

Fijas.....

Móviles.....

Portátiles.....

¿ Utiliza servicio público de datos ? SI.....NO.....

En caso afirmativo: Intercambio de correspondencia.....

Intercambio de datos.....

Otros especifique.....

En caso negativo: ¿ Tiene previsto pedir una conexión?

Si.....NO.....

Indique cuales de los servicios a continuación enumerados tiene su Empresa:

1. BUZON DE DATOS
2. VIDEOCONFERENCIA
3. TRANSMISION DE IMAGENES FIJAS
4. COMUNICACION DE DATOS ENTRE SERVICIOS
5. SERVICIO DE DATOS BIDIRECCIONAL POR SATELITE (VSAT)
6. CORREO ELECTRONICO
7. INDIQUE OTROS SERVICIOS NO ENUNCIADOS.....

REDES DE TELEINFORMÁTICA

¿ Utiliza su Empresa un tratamiento de texto electrónico ?

SI.....NO.....

En caso afirmativo: Número de estaciones de trabajo:.....

¿Qué soporte lógico emplea? .....

¿Qué tipo de computadores utiliza?

- PC.....Número de PC's.....
- Minicomputadores.....Número.....
- Computadores centrales.....Número.....
- LAN.....Número.....
- Otros,especifique.....

¿ Qué tipo de sistemas de comunicaciones utiliza para el control operacional de sus aeronaves?

- Tipo de sistema Analógico.....Digital.....
- Frecuencias de operación.....
- Indique los servicios ofrecidos por la red.....

PARTE III: SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE REQUIERE SU EMPRESA

Indique cuáles de los servicios enumerados a continuación requiere su Empresa para un desenvolvimiento eficiente, oportuno y económico.

1. TELEFONIA DE CORRESPONDENCIA PÚBLICA DESDE AERONAVES.
2. TELETEX.
3. VIDEOTEX.
4. FAX.
5. SERVICIO DE TRATAMIENTO ELECTRONICO DE MENSAJES.
6. CONFERENCIA AUDIOGRAFICA

7. VIDEOCONFERENCIA.
8. TRANSMISION / RECEPCION DE IMAGENES FIJAS.
9. SERVICIOS MOVILES BIDIRECCIONALES
10. BUSCAPERSONAS.
11. INTERCAMBIO BIDIRECCIONAL DE DATOS TMPA (VSAT).
12. OTROS,

INDIQUE.....

Indique cuáles de los servicios enumerados a continuación apreciarían los pasajeros a bordo de sus aeronaves.

1. TELEFONIA DE CORRESPONDENCIA PUBLICA DESDE AERONAVES.
2. VIDEOTEX.
3. VIDEOCONFERENCIA
4. TRANSMISION DE DATOS
5. MANEJO DE IMAGENES FIJAS.
6. TELEFAX.
7. OTROS

PARTE IV: OPERACION REGULAR DE LAS AERONAVES

Numero de vuelos diarios:
Nacionales.....Internacionales.....
.....

Número de pasajeros diario en promedio.....
.....

Indique el porcentaje aproximado de pasajeros que diariamente realizan el viaje por los siguientes motivos:

a) NEGOCIOS.....
.....
b) TURISMO.....
.....
c) OTROS.....
.....

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1040

SERVICIO PÚBLICO DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES CON AERONAVES UTILIZANDO LAS BANDAS 1 670-1 675 MHz Y 1 800-1 805 MHz

(Cuestión UIT-R 74/8)

(1994)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que ha aparecido la demanda de un sistema de correspondencia pública automática de voz/datos a bordo de aeronaves que pueda ofrecer la capacidad necesaria en todas las regiones de explotación;

b) que en un cierto número de países hay (o va a haber) servicios públicos de telecomunicaciones móviles, es decir, servicios para la correspondencia pública aeronáutica por medio de estaciones de radiocomunicación conectadas a la red telefónica pública con conmutación;

c) que las bandas 1 670-1 675 MHz y 1 800-1 805 MHz están destinadas a ser utilizadas, a nivel mundial, por las administraciones que deseen introducir la correspondencia pública aeronáutica (véase el número 740A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR));

d) que es fundamental que este sistema sea completamente compatible con otros sistemas utilizados a bordo de aeronaves, especialmente los servicios aeronáuticos de seguridad;

e) que es conveniente lograr una compatibilidad/interfuncionamiento del sistema a nivel mundial para maximizar las posibilidades de explotación de los sistemas,

recomienda

1. que las características del sistema de servicio público de telecomunicaciones móviles con aeronaves a nivel mundial sean las indicadas en el anexo a la presente Recomendación;

2. que se preste la debida atención a la necesidad de que los sistemas terrenales de telecomunicación en vuelo (TFTS – Terrestrial Flight Telecommunication System) sean completamente compatibles con otros sistemas a bordo de la aeronave, especialmente los que proporcionan servicios de seguridad. Ello puede exigir la realización de pruebas de funcionamiento antes de poner en explotación dichos TFTS, para confirmar la posibilidad de funcionamiento sin interferencias.

ANEXO 1

1. Introducción

El servicio público de telecomunicaciones móviles con aeronaves lo proporcionará un sistema celular digital conocido con el nombre de Sistema terrenal de telecomunicación en vuelo.

El TFTS cumple las normas de la AEEC (Airlines Electronic Engineering Committee) y de la EAEC (European Airlines Electronics Committee) en lo que respecta al equipo de a bordo.

Este sistema permite una utilización eficaz del espectro de frecuencias, proporciona una cobertura completa de la zona de servicio basada en una red celular, facilita la máxima continuidad en la llamada y ofrece acceso, al menos, a cuatro circuitos vocales, de datos o de facsímil desde cada terminal de aeronave, manteniendo al mínimo el peso, la potencia y la generación de calor de los equipos de a bordo.

2. Servicios

2.1 *Consideraciones generales*

El TFTS proporciona los siguientes tipos de comunicaciones:

- telefonía aire-tierra, incluidos los procedimientos de señalización por doble tono multifrecuencia;
- facsímil, datos y radiobúsqueda;
- servicios adicionales, tales como llamadas tierra-aire mediante radiobúsqueda.

Los servicios no vocales pueden funcionar con velocidades de transmisión de datos de usuario de hasta 4,8 kbit/s.

El TFTS permite a los pasajeros de a bordo establecer comunicaciones durante todas las fases del vuelo (siempre que la red en tierra asegure la cobertura).

La tarificación se efectúa a través de tarjetas de crédito.

2.2 *Acceso*

El sistema proporciona comunicaciones digitales, automáticas, dúplex y de alta calidad con acceso por marcación directa a las redes públicas de datos o telefónicas existentes, incluida la red digital de servicios integrados (RDSI).

No impone más limitaciones al destino de la llamada que las que establecen las redes fijas.

El procedimiento de marcación es el mismo que para la marcación directa internacional (Recomendación UIT-T E.164). (Es decir, comenzando por el indicativo de país.)

El diseño del sistema asegura que no es necesario introducir modificación alguna en las RTPC/RDSI nacionales (es decir, la red pública a partir de la terminación de la estación en tierra).

El sistema utiliza la misma interfaz radioeléctrica aire-superficie en toda la zona de cobertura. La selección de la estación en tierra que va a utilizar una aeronave determinada se basa en criterios de eficacia del sistema y no en la utilización preferencial de una estación en tierra.

El sistema proporciona la capacidad de traspaso entre estaciones en tierra de todo tipo.

3. Descripción técnica

En el cuadro 1 figura un resumen de los principales parámetros técnicos del TFTS.

3.1 *Plan de frecuencias*

De acuerdo con el número 740A del RR, se han identificado las siguientes bandas de frecuencias para los sentidos indicados:

1 670-1 675 MHz, transmisiones tierra-aire;

1 800-1 805 MHz, transmisiones aire-tierra.

3.2 *Tipo de acceso y estructura de trama*

El sistema utiliza múltiplex por división en el tiempo (MDT) en combinación con múltiplex por división en frecuencia (MDF) para el enlace tierra-aire y acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT) para el enlace aire-tierra.

La velocidad binaria bruta de cada portadora es de 44,2 kbit/s, lo que permite acomodar de 4 a 16 canales de tráfico en una misma portadora.

El sistema está destinado a transmitir señales vocales utilizando códecs de voz de 9,6 kbit/s. Sin embargo, en el diseño se contempla la posibilidad de acoplamiento a otros tipos de acceso para códecs de datos y de señales vocales con velocidad binaria inferior.

La estructura de trama se diseña de tal forma que permite la utilización simultánea de códecs de distintas velocidades.

CUADRO 1

Parámetros principales del TFTS

1.	Frecuencia	
1.1	Banda de transmisión de la estación en tierra	1 670-1 675 MHz
1.2	Banda de transmisión de la estación a bordo de aeronave	1 800-1 805 MHz
2.	Canalización	
2.1	Canal *n* transmitido por la estación en tierra	1 670 + *n*/33 MHz
2.2	Canal *n* transmitido por la estación a bordo de aeronave	1 800 + *n*/33 MHz
2.3	Números de canales (*n* = 1 a 164)	30,30 kHz
2.4	Anchura de canal	2 partes en 10^7
2.5	Tolerancia de frecuencia	
3.	Estación en tierra en ruta (ejemplo típico)	
3.1	Separación entre estaciones en tierra adyacentes	380 km
3.2	Cobertura de una estación	125 000 km^2
3.3	Criterio de distancia para el traspaso	240 km
4.	Alturas de funcionamiento	
4.1	Estaciones en ruta	4,5 a 13 km (15 000 a 43 000 pies)
4.2	Estaciones intermedias	0 a 4,5 km (0 a 15 000 pies)
4.3	Estaciones en aeropuerto	0 km
5.	Codificación de la señal vocal	
5.1	Velocidad del códec de salida	9,6 kbit/s
5.2	Duración de la trama del códec	20 ms
6.	Potencia de salida – p.i.r.e.	
6.1	Estaciones en ruta	–1 a 19 dBW
6.2	Estaciones intermedias	–11 a 9 dBW
6.3	Estaciones en aeropuerto	–11 a 9 dBW
6.4	Estaciones a bordo de aeronave (ganancia de antena: 1 dB)	–69 a 11 dBW
7.	Modulación	
7.1	Método: Modulación por desplazamiento de fase diferencial en cuadratura (π/4 MDPD-4)	
7.2	Anchura de banda a 3 dB del espectro de transmisión	22,1 kHz
7.3	Velocidad binaria	44,2 kbit/s
8.	Estructura de la señal	
8.1	Duración del bit	22,62 µs
8.2	Longitud del intervalo de tiempo	208 bits
8.3	Intervalo de tiempo	4,706 ms
8.4	Longitud de trama	17 intervalos
8.5	Duración de trama	80 ms
8.6	Número de bits de tráfico/intervalo	192 bits

Las tramas están constituidas por 17 intervalos de tiempo de 4,706 ms, lo que supone una duración total de 80 ms. 16 intervalos se utilizan para el tráfico (4 para el canal de tráfico de 9,6 kbit/s) y 1 se emplea para el control. Las tramas están organizadas en supertramas de 20 tramas.

Los canales de tráfico contenidos en una trama de una portadora específica en una estación en tierra pueden atribuirse a aeronaves distintas.

La estación de aeronave explora periódicamente las portadoras de la estación en tierra y extrae la información de control mediante un receptor de exploración especializado. Ello permite a la estación de aeronave seleccionar la estación en tierra y la portadora óptimas cuando se inicia o traspasa una llamada.

3.3 *Características de modulación*

La portadora se modula con una velocidad de 44,2 kbit/s mediante modulación por desplazamiento de fase diferencial en cuadratura $\pi/4$ ($\pi/4$ MDPD-4).

En el cuadro 2 se indican los parámetros de la plantilla del espectro de radiofrecuencia dentro de banda.

CUADRO 2

Valores de la plantilla del espectro de radiofrecuencia dentro de banda en el TFTS

Frecuencia (kHz)	Nivel (dB)
± 11,31	+1
± 14,05	–20
± 15,6	–43
± 30,0	–45
± 60,0	–49
± 120,0	–65
± 5 000,0	–65

Nota 1 – El espectro dentro de banda de salida debe estar comprendido dentro de la plantilla definida uniendo con líneas rectas los puntos indicados en el cuadro 2. La frecuencia se medirá a partir del valor nominal y la amplitud a partir del nivel en la frecuencia nominal.

3.4 *Características de las estaciones en tierra y de aeronave*

3.4.1 *Estaciones en tierra*

Existen tres tipos de estaciones en tierra en la red del TFTS:

– *Estaciones en tierra en ruta*

Las estaciones en tierra en ruta (ET/ER) se utilizan cuando la aeronave se encuentra en altitud de crucero; es decir, con una altura comprendida entre 4,5 y 13 km (15 000 y 43 000 pies). Se prevé que las ET/ER se instalen dentro de la zona de cobertura con intervalos de separación de unos 380 km y formando aproximadamente un polígono hexagonal.

La distancia cubierta por las ET/ER es aproximadamente de 240 km (valor nominal). Las células adyacentes se superponen entre sí para facilitar el traspaso.

En el plano horizontal, las ET/ER tienen una p.i.r.e. comprendida entre +29 y +49 dBm por canal, ajustable de forma manual.

– *Estación en tierra intermedia*

Las estaciones en tierra intermedias (ET/INT) se utilizan cuando la aeronave está en fase de despegue o aterrizaje; es decir, con una altura comprendida entre 0 y 4,5 km (0 y 15 000 pies) y distancias de hasta unos 50 km. Las ET/INT deben estar situadas en las proximidades de los aeropuertos.

En el plano horizontal, las ET/INT tienen una p.i.r.e. comprendida entre +19 y +39 dBm por canal, ajustable de forma manual.

– *Estación en tierra situada en aeropuerto*

Las estaciones en tierra situadas en aeropuertos (ET/AP) se utilizan cuando las aeronaves se encuentran en la superficie. Las ET/AP deben estar situadas en la zona del aeropuerto o en las proximidades, coubicadas con la ET/INT. La distancia cubierta por una ET/AP es de unos 5 km.

En el plano horizontal, las ET/AP tienen una p.i.r.e. comprendida entre +19 y +39 dBm por canal, ajustable de forma manual.

3.4.2 Organización y emplazamiento de las estaciones en tierra

Las estaciones en tierra se conectan a un controlador del centro de conmutación en tierra (GSC – Ground Switching Centre Controller) que proporciona el interfaz con las redes fijas y gestionan las comunicaciones de la ET. Un grupo de estaciones en tierra conectadas al mismo GSC constituye un sistema de estaciones en tierra.

3.4.3 Estaciones de aeronave

La estación de aeronave es capaz de transmitir con una p.i.r.e. máxima de +41 dBm en el plano horizontal. Dicha estación ajusta periódicamente la potencia de RF transmitida bajo el control de la estación en tierra.

3.4.4 Desplazamiento por efecto Doppler

El TFTS no realiza ninguna corrección para tener en cuenta el desplazamiento por efecto Doppler puesto que es reducido (un máximo de 1,8 kHz) en proporción con la separación entre canales.

3.5 Características de antena

La antena a bordo de aeronave es casi toroidal con una ganancia de más de 0 dBi, sin rebasar el valor de 2,5 dBi en el plano horizontal.

Las antenas de las ET/ER y ET/INT son omnidireccional en el plano acimutal y tienen una ganancia mínima de 8 dBi para ángulos de elevación de casi 0°.

No se ha definido ningún diagrama de radiación para las antenas de ET/AP puesto que deben ser directivas o tener un diagrama de radiación especial de acuerdo con su ubicación.

Se utiliza polarización vertical.

3.6 Balance del enlace

En el cuadro 3 figura un balance del enlace típico para una transmisión tierra-aire entre una aeronave situada en límite de una célula (240 km) y una estación en tierra en ruta.

CUADRO 3

Bal

a)	
Potencia de salida del transmisor de la aeronave	+44 dBm
Pérdidas en el diplexor y en el cable	–4 dB
Ganancia de la antena de la estación a bordo de aeronaves	+1 dBi
Pérdidas en el trayecto (240 km)	–144 dB
Ganancia de la antena de la estación en tierra	+8 dBi
Pérdidas en el receptor de la estación en tierra	–4 dB
Potencia neta de la señal recibida (entrada al amplificador de bajo nivel de ruido)	–99 dBm
b)	
Ruido por hertzio (para $T = 290$ K)	–174 dBm
Velocidad binaria (44,2 kbit/s)	+46,4 dBm
Factor de ruido del receptor	+3 dB
E_b/N_0 para una BER de 10^{-3}	+11 dB
Sensibilidad del receptor necesaria	–113,6 dBm
Margen	+14,6 dB

ance del enlace típico de un enlace aire-tierra en un TFTS

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI) ha elaborado una norma TFTS para especificar este sistema relativa a las partes de radioenlaces y red en tierra.

En Europa, se proporcionará una cobertura continua en el caso de aeronaves que vuelen en altitudes comprendidas entre 4,5 y 13 km (15 000 y 43 000 pies).

Las estaciones en tierra en ruta que proporcionan esta cobertura están ubicadas de tal forma que aseguran igualmente una cobertura a menor altitud en las proximidades de los principales aeropuertos europeos, limitando, por consiguiente, la necesidad de instalar estaciones en tierra intermedias.

El plan de frecuencias se establece de tal forma que las estaciones en tierra que funcionan en los mismos canales radioeléctricos están separadas al menos 900 km (distancia de visibilidad a la altitud de 13 km) y las estaciones en tierra que funcionan en canales adyacentes (separados 30,3 kHz), están espaciadas al menos 700 km.

Las estaciones en tierra funcionan con canales radioeléctricos separados 60,6 kHz para reducir los problemas de interferencia con las aeronaves situadas dentro de la misma célula.

ANEXO V

CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS ASIGNADAS AL TERRESTRIAL FLIGHT TELECOMMUNICATIONS SYSTEM (TFTS)

BANDA DE TRANSMISIÓN DE LA ESTACIÓN DE TIERRA: 1670-1675 MHz

CANAL n TRANSMITIDO POR LA ESTACIÓN EN TIERRA: 1670 + n/33

NUMERO DE CANALES: n = 1 a 164

REFERENCIA : Rec: UIT-R-M-1040

n	Frec. (MHz)	n	Frec. (MHz)	n	Frec. (MHz)	n	Frec. (MHz)
1	1670.0303	43	1671.30303	85	1672.57576	127	1673.84848
2	1670.06061	44	1671.33333	86	1672.60606	128	1673.87879
3	1670.09091	45	1671.36364	87	1672.63636	129	1673.90909
4	1670.12121	46	1671.39394	88	1672.66667	130	1673.93939
5	1670.15152	47	1671.42424	89	1672.69697	131	1673.9697
6	1670.18182	48	1671.45455	90	1672.72727	132	1674
7	1670.21212	49	1671.48485	91	1672.75758	133	1674.0303
8	1670.24242	50	1671.51515	92	1672.78788	134	1674.06061
9	1670.27273	51	1671.54545	93	1672.81818	135	1674.09091
10	1670.30303	52	1671.57576	94	1672.84848	136	1674.12121
11	1670.33333	53	1671.60606	95	1672.87879	137	1674.15152
12	1670.36364	54	1671.63636	96	1672.90909	138	1674.18182
13	1670.39394	55	1671.66667	97	1672.93939	139	1674.21212
14	1670.42424	56	1671.69697	98	1672.9697	140	1674.24242
15	1670.45455	57	1671.72727	99	1673	141	1674.27273
16	1670.48485	58	1671.75758	100	1673.0303	142	1674.30303
17	1670.51515	59	1671.78788	101	1673.06061	143	1674.33333
18	1670.54545	60	1671.81818	102	1673.09091	144	1674.36364
19	1670.57576	61	1671.84848	103	1673.12121	145	1674.39394
20	1670.60606	62	1671.87879	104	1673.15152	146	1674.42424
21	1670.63636	63	1671.90909	105	1673.18182	147	1674.45455
22	1670.66667	64	1671.93939	106	1673.21212	148	1674.48485
23	1670.69697	65	1671.9697	107	1673.24242	149	1674.51515
24	1670.72727	66	1672	108	1673.27273	150	1674.54545
25	1670.75758	67	1672.0303	109	1673.30303	151	1674.57576
26	1670.78788	68	1672.06061	110	1673.33333	152	1674.60606
27	1670.81818	69	1672.09091	111	1673.36364	153	1674.63636
28	1670.84848	70	1672.12121	112	1673.39394	154	1674.66667
29	1670.87879	71	1672.15152	113	1673.42424	155	1674.69697
30	1670.90909	72	1672.18182	114	1673.45455	156	1674.72727
31	1670.93939	73	1672.21212	115	1673.48485	157	1674.75758
32	1670.9697	74	1672.24242	116	1673.51515	158	1674.78788
33	1671	75	1672.27273	117	1673.54545	159	1674.81818
34	1671.0303	76	1672.30303	118	1673.57576	160	1674.84848
35	1671.06061	77	1672.33333	119	1673.60606	161	1674.87879
36	1671.09091	78	1672.36364	120	1673.63636	162	1674.90909
37	1671.12121	79	1672.39394	121	1673.66667	163	1674.93939
38	1671.15152	80	1672.42424	122	1673.69697	164	1674.9697
39	1671.18182	81	1672.45455	123	1673.72727		
40	1671.21212	82	1672.48485	124	1673.75758		
41	1671.24242	83	1672.51515	125	1673.78788		
42	1671.27273	84	1672.54545	126	1673.81818		

BANDA DE TRANSMISIÓN DE LA ESTACIÓN A BORDO DE LA AERONAVE: 1800-1805 MHz

CANAL n TRANSMITIDO POR LA ESTACIÓN A BORDO DE LA AERONAVE: 1800 + n/33

NUMERO DE CANALES: n = 1 a 164

REFERENCIA : Rec: UIT-R-M-1040

n	FREC.(MHz)	n	FREC.(MHz)	n	FREC.(MHz)	n	FREC.(MHz)
1	1800.0303	43	1801.30303	85	1802.57576	127	1803.84848
2	1800.06061	44	1801.33333	86	1802.60606	128	1803.87879
3	1800.09091	45	1801.36364	87	1802.63636	129	1803.90909
4	1800.12121	46	1801.39394	88	1802.66667	130	1803.93939
5	1800.15152	47	1801.42424	89	1802.69697	131	1803.9697
6	1800.18182	48	1801.45455	90	1802.72727	132	1804
7	1800.21212	49	1801.48485	91	1802.75758	133	1804.0303
8	1800.24242	50	1801.51515	92	1802.78788	134	1804.06061
9	1800.27273	51	1801.54545	93	1802.81818	135	1804.09091
10	1800.30303	52	1801.57576	94	1802.84848	136	1804.12121
11	1800.33333	53	1801.60606	95	1802.87879	137	1804.15152
12	1800.36364	54	1801.63636	96	1802.90909	138	1804.18182
13	1800.39394	55	1801.66667	97	1802.93939	139	1804.21212
14	1800.42424	56	1801.69697	98	1802.9697	140	1804.24242
15	1800.45455	57	1801.72727	99	1803	141	1804.27273
16	1800.48485	58	1801.75758	100	1803.0303	142	1804.30303
17	1800.51515	59	1801.78788	101	1803.06061	143	1804.33333
18	1800.54545	60	1801.81818	102	1803.09091	144	1804.36364
19	1800.57576	61	1801.84848	103	1803.12121	145	1804.39394
20	1800.60606	62	1801.87879	104	1803.15152	146	1804.42424
21	1800.63636	63	1801.90909	105	1803.18182	147	1804.45455
22	1800.66667	64	1801.93939	106	1803.21212	148	1804.48485
23	1800.69697	65	1801.9697	107	1803.24242	149	1804.51515
24	1800.72727	66	1802	108	1803.27273	150	1804.54545
25	1800.75758	67	1802.0303	109	1803.30303	151	1804.57576
26	1800.78788	68	1802.06061	110	1803.33333	152	1804.60606
27	1800.81818	69	1802.09091	111	1803.36364	153	1804.63636
28	1800.84848	70	1802.12121	112	1803.39394	154	1804.66667
29	1800.87879	71	1802.15152	113	1803.42424	155	1804.69697
30	1800.90909	72	1802.18182	114	1803.45455	156	1804.72727
31	1800.93939	73	1802.21212	115	1803.48485	157	1804.75758
32	1800.9697	74	1802.24242	116	1803.51515	158	1804.78788
33	1801	75	1802.27273	117	1803.54545	159	1804.81818
34	1801.0303	76	1802.30303	118	1803.57576	160	1804.84848
35	1801.06061	77	1802.33333	119	1803.60606	161	1804.87879
36	1801.09091	78	1802.36364	120	1803.63636	162	1804.90909
37	1801.12121	79	1802.39394	121	1803.66667	163	1804.93939
38	1801.15152	80	1802.42424	122	1803.69697	164	1804.9697
39	1801.18182	81	1802.45455	123	1803.72727		
40	1801.21212	82	1802.48485	124	1803.75758		
41	1801.24242	83	1802.51515	125	1803.78788		
42	1801.27273	84	1802.54545	126	1803.81818		

AREA DE COBERTURA:

RUTA: QUITO – GUAYAQUIL

ESTACIÓN TERRESTRE EN RUTA

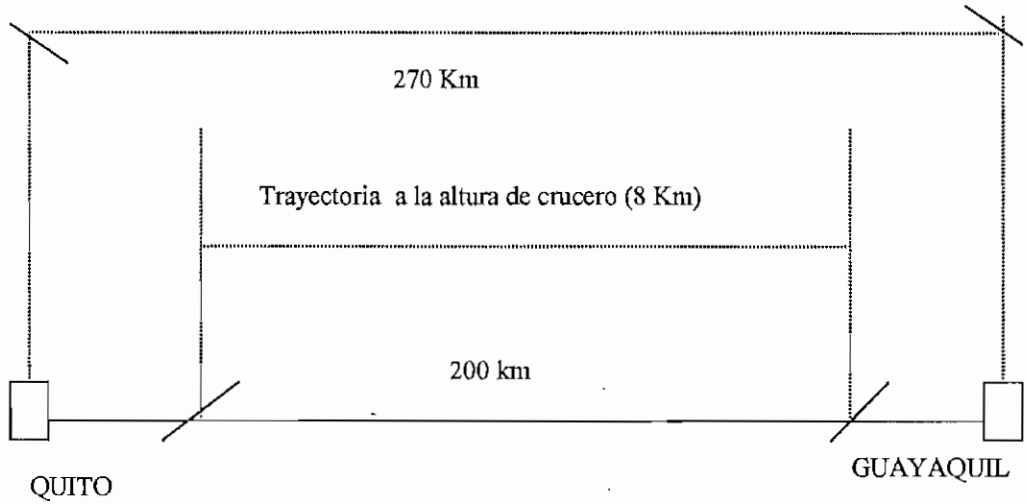
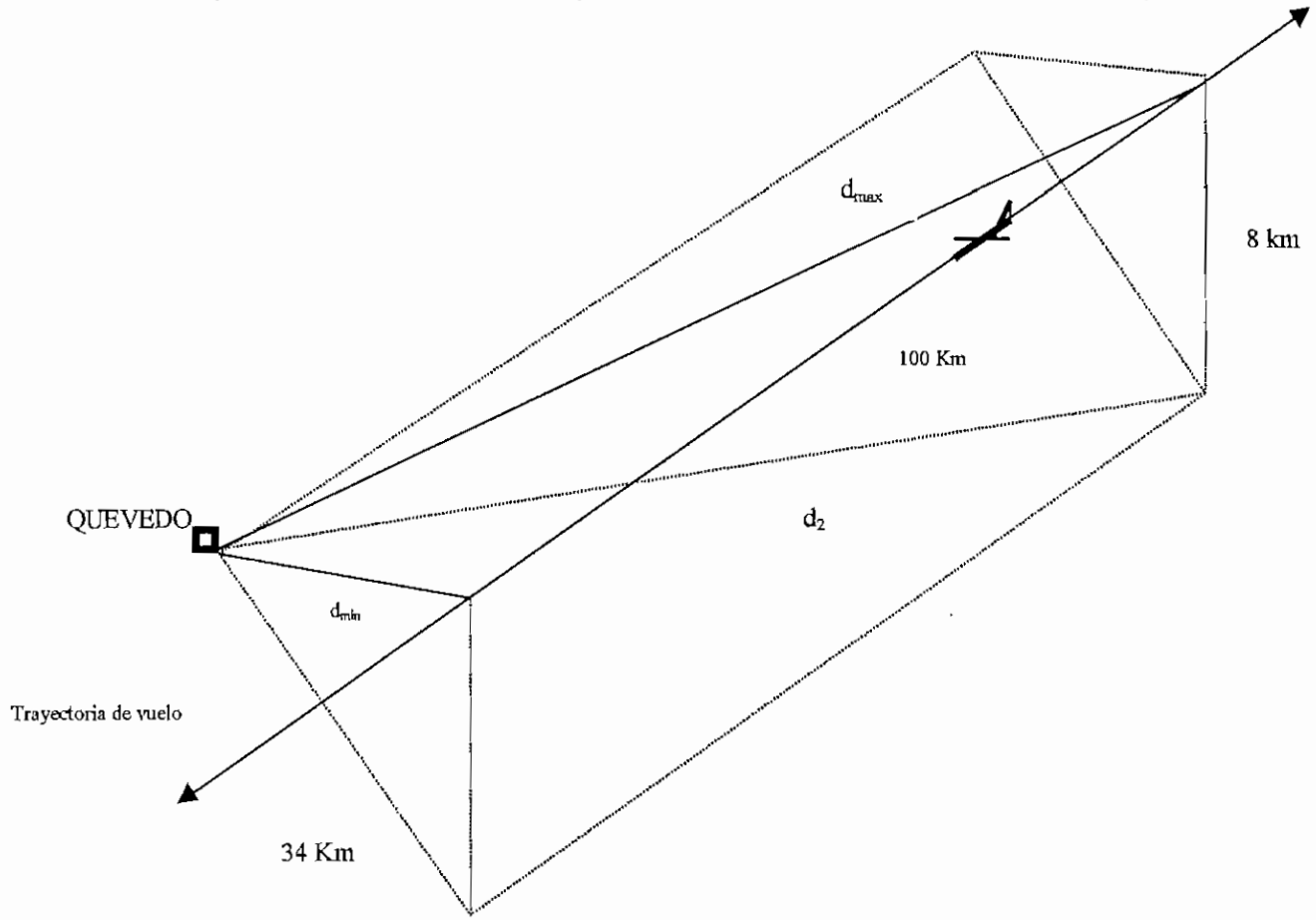


Figura # 1 Cobertura de la Estación Terrestre en Ruta / Quito-Guayaquil

La Estación Terrestre, se ubica en la mitad del trayecto de 200 Km, como se muesta en el la figura # 2.



Figua # 2 Geometría del trayecto de la aeronave durante la fase de vuelo a la altura de crucero y distancia mínima y máxima hacia la estación terrestre

$d_{min} = \sqrt{34^2 + 8^2} = 34{,}928$ Km

$d_2 = \sqrt{100^2 + 34^2} = 105{,}62$ Km

$d_{max} = \sqrt{8^2 + 105{,}62^2} = 105{,}92$ Km

Pérdida básica de Transmisión para la distancia mínima entre el Tx y Rx:

$L_{bf} = 32{,}5 + 20\log f_{MHz} + 20\log d_{km}$

Tomemos f = 1.800 MHz y $d_{min} = 34{,}928$ Km

L_{bf} = 128 dB

Para la máxima distancia entre Tx y Rx,

$d_{max} = 105{,}92$ Km

L_{bf} = 138,105 dB

Ahora, se tiene que determinar la potencia requerida para proteger el umbral de recepción a la máxima y mínima distancia entre el Tx y el Rx.

Potencia neta de Recepción = P_{Rx} = P_{TxA} –+ Ganancia de la antena a bordo – Pérdidas en el Trayecto + Ganancia de la antena de la Estación Terrestre – Pérdidas en el receptor de la estación en tierra.

P_{TxA} = Potencia de salida del Tx de la aeronave

Umbral de recepción = -113 dBm

Margen = + 14 dB

Ganancia de la antena a bordo: +1 dBi

Pérdidas en el Trayecto: a 34,928 Km = -128 dB y a 105,92 Km = -138,105 dB

Ganancia de la antena de la Estación Terrestre:+ 8 dBi

Pérdidas en el receptor de la estación en tierra: - 4 dB

Reemplazando en la relación de la Potencia neta de recepción, queda:

$P_{TxA} = L_{bf}$ - 100,6 dBm

Para d_{min} = 34,928 Km, P_{TxA} = 27,4 dBm o lo que es lo mismo -2,3 dBw, que finalmente da una potencia de 549 mW.

Para d_{max} = 105,92 Km, P_{TxA} = 37,9 dBm o lo que es lo mismo 7,9 dBw, que finalmente da una potencia de 6,17 w

$$549 \text{ mW} < P_{TxA} < 6{,}17 \text{ W}$$

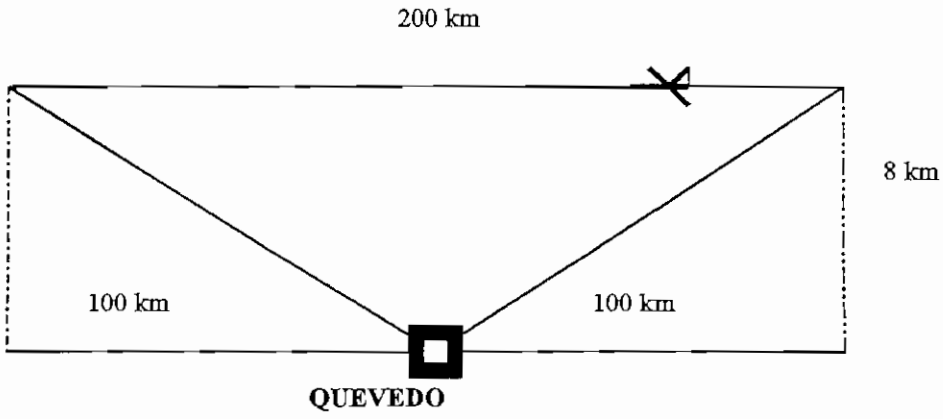


Figura # 3 Diagrama de la trayectoria de vuelo en ruta

AREA DE COBERTURA:

RUTA: QUITO – GUAYAQUIL

Estación Terrestre Intermedia / Guayaquil

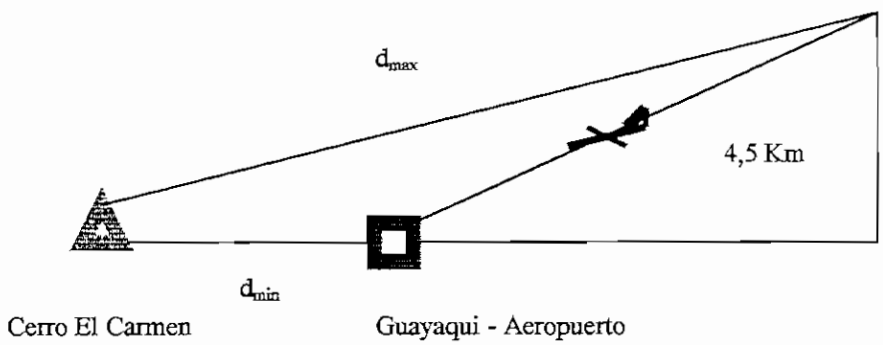


Figura # 4 Diagrama de la trayectoria de vuelo en aproximación al aeropuerto de Guayaquil

d_{min} : La distancia mínima corresponde a la distancia entre el cerro del Carmen y el aeropuerto, que aproximadamente en línea recta corresponde a 3,5 Km.

$d_{max} = \sqrt{38,5^2 + 4,5^2} = 38,76$ Km

Pérdida básica de Transmisión para la distancia mínima entre el Tx y Rx:

$L_{bf} = 32,5 + 20\log f_{MHz} + 20\log d_{km}$

Tomemos f = 1.805 MHz y d_{min} = 3,5 Km

L_{bf} = 108,51 dB

Para la máxima distancia entre Tx y Rx,

d_{max} = 38,76 Km

L_{bf} = 129,39 dB

Ahora, se tiene que determinar la potencia requerida para proteger el umbral de recepción a la máxima y mínima distancia entre el Tx y el Rx. En este caso también debe considerarse las pérdidas por efecto Doppler, indicadas en la tabla # 4 del Capítulo 4.

Potencia neta de Recepción = P_{Rx} = P_{TxA} + Ganancia de la antena a bordo + Pérdidas en el Trayecto + Ganancia de la antena de la Estación Terrestre + Pérdidas en el receptor de la estación en tierra + otras pérdidas.

P_{TxA} = Potencia de salida del Tx de la aeronave

Umbral de recepción = -113 dBm
Margen = + 14 dB

Ganancia de la antena a bordo: +1 dBi
Pérdidas en el Trayecto: a 38,76 Km = -129,39 dB y a 3,5 Km = - 108,51 dB
Ganancia de la antena de la Estación Terrestre :+ 8 dBi
Pérdidas en el receptor de la estación en tierra: - 4 dB
Otras pérdidas: -6 dB (efecto Doppler)

Reemplazando en la relación de la Potencia neta de recepción, queda:

$P_{TxA} = L_{bf}$ - 100,6 dBm

Para d_{min} = 3,5 Km, P_{TxA} = 13,91 dBm o lo que es lo mismo – 16,09 dBw, que finalmente da una potencia de 24,6 mW.

Para d_{max} = 35 Km, P_{TxA} = 34,79 dBm o lo que es lo mismo 4,79 dBw, que finalmente da una potencia de 3,01 w

$$24{,}6 \text{ mW} < P_{TxA} < 3{,}01 \text{ W}$$

Estación Terrestre Intermedia QUITO

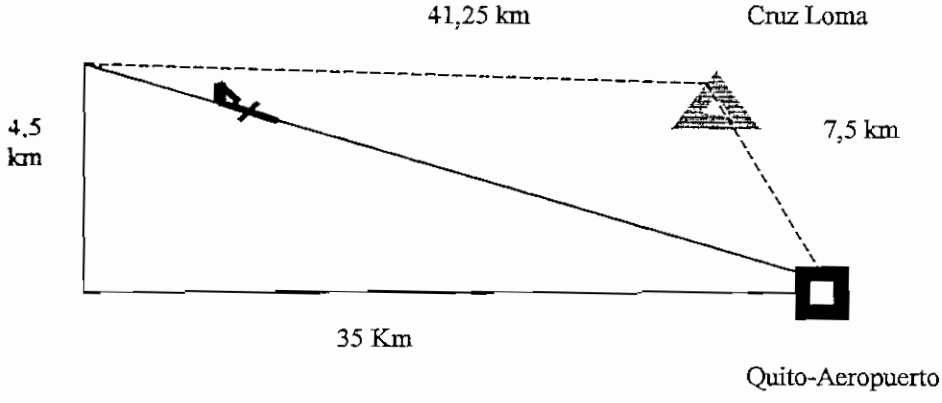


Figura # 5 Diagrama de la trayectoria de vuelo en aproximación al aeropuerto de Quito.

Distancia Máxima: d_{max} = 41,25 Km

Distamcia Mínima: d_{min}= 7,5 Km

d_{min} : La distancia mínima corresponde a la distancia entre el cerro Cruz Loma y el aeropuerto, que aproximadamente en línea recta corresponde a 7,5 Km.

Pérdida básica de Transmisión para la distancia mínima entre el Tx y Rx:

$L_{bf} = 32,5 + 20\log f_{MHz} + 20\log d_{km}$

Tomemos f = 1.805 MHz y d_{min} = 7,5 Km

L_{bf} = 115,13 dB

Para la máxima distancia entre Tx y Rx,

d_{max} = 41,25 Km

L_{bf} = 129,93 dB

Ahora, se tiene que determinar la potencia requerida para proteger el umbral de recepción a la máxima y mínima distancia entre el Tx y el Rx. En este caso también debe considerarse las pérdidas por efecto Doppler, indicadas en la tabla # 4 del Capítulo 4.

Potencia neta de Recepción = P_{Rx} = P_{TxA} + Ganancia de la antena a bordo + Pérdidas en el Trayecto + Ganancia de la antena de la Estación Terrestre + Pérdidas en el receptor de la estación en tierra + otras pérdidas.

P_{TxA} = Potencia de salida del Tx de la aeronave

Umbral de recepción = -113 dBm

Margen = + 14 dB

Ganancia de la antena a bordo: +1 dBi

Pérdidas en el Trayecto: a 7,5 Km = -115,13 dB y a 41,25 Km = -129,93 dB

Ganancia de la antena de la Estación Terrestre: + 8 dBi

Pérdidas en el receptor de la estación en tierra: - 4 dB

Otras pérdidas: -6 dB (efecto Doppler)

Reemplazando en la relación de la Potencia neta de recepción, queda:

$P_{TxA} = L_{bf}$ - 100,6 dBm

Para d_{min} = 7,5 Km, P_{TxA} = 20,53 dBm o lo que es lo mismo – 9,47 dBw, que finalmente da una potencia de 112,97 mW.

Para d_{max} = 41,25 Km, P_{TxA} = 35,33 dBm o lo que es lo mismo 5,33 dBW, que finalmente da una potencia de 3,41 W

112,97 mW < P_{TxA} < 3,41 W

AREA DE COBERTURA:

RUTA: QUITO – CUENCA

Diagrama de la Trayectoria de la ruta Quito – Cuenca.

De la Carta de Navegación se tiene que desde la ciudad de Quito hasta la ciudad de Cuenca, la ruta se divide en dos tramos consecutivos, el primero con una longitud de

136 m, y el segundo con una longitud de 180 Km. Debido a la topografía que presenta el terreno a lo largo de toda la ruta, en la carta se indican las alturas mínimas a las que debe sobrevolar el avión, a fin de guardar seguridad ante la presencia de cerros de considerable altura. Un diagrama resumido de la ruta indicando las alturas mínimas de vuelo, se indican en la siguiente figura # 6.

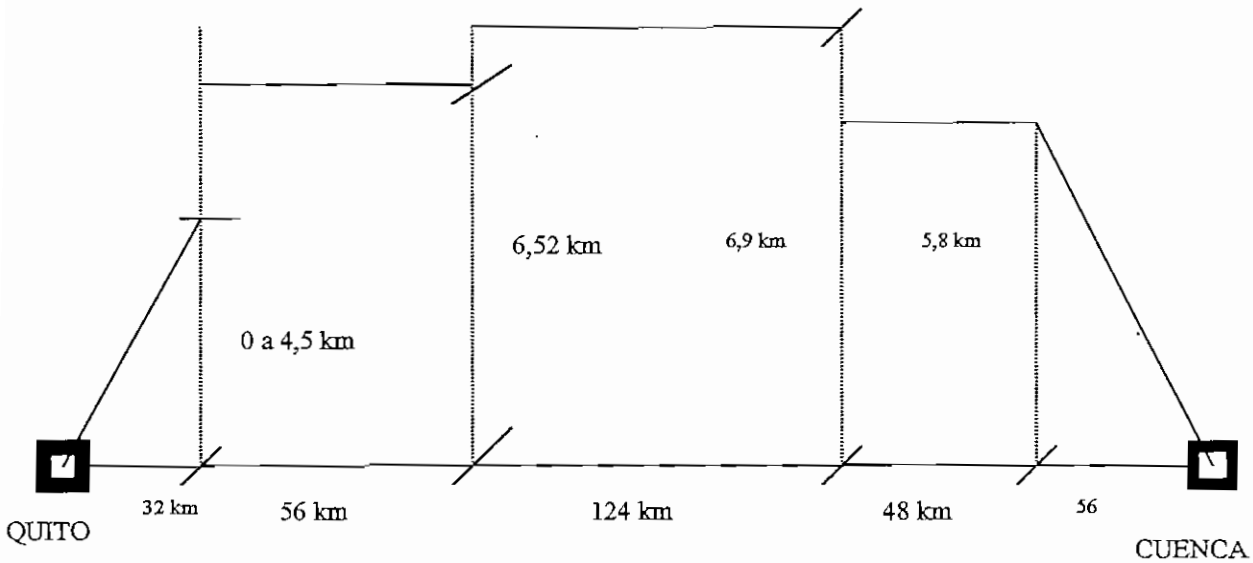


Figura # 6 Diagrama de Ruta Quito-Cuenca y alturas mínimas de vuelo

Del análisis del diagrama presentado en la figura anterior, se puede observar que la fase de vuelo en ruta corresponde a las alturas mínimas mayores que 5 Km dentro de una longitud total de la trayectoria de vuelo de 228 Km.

El nivel medio del terreno a lo largo de esta ruta se estima en 3800 m sobre el nivel del mar, de tal manera que la distancia de visibilidad del horizonte radioeléctrico sería aproximadamente 252,74 km.[1].

Puede ubicarse la Estación Terrestre en Ruta en un sitio que corresponda en lo posible a la mitad del trayecto dentro de los 228 Km, a fin de que el enlace entre Tx y Rx esté a una distancia menor que la del horizonte radioeléctrico, como se muestra en la figura # 7.

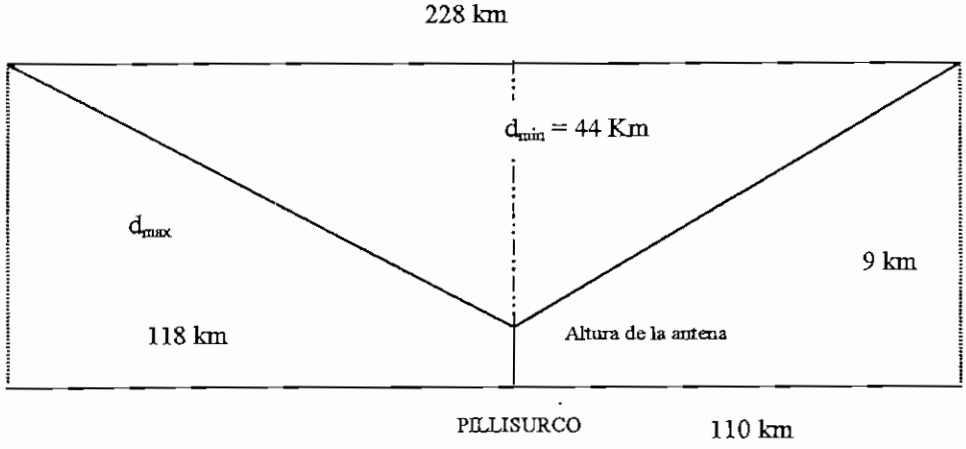


Figura # 7 Trayectoria de vuelo en ruta a la altura de crucero y ubicación de la Estación Terrestre en Ruta.

[1] Ver capítulo 4 Figura # 8

$d_{min} = 44$ km

$d_{max} = \sqrt{44^2 + 118^2} = 125{,}93$ km

Pérdida básica de transmisión entre Tx y el Rx para la distancia mínima:

$L_{bf} = 32{,}5 + 20\log f_{MHz} + 20\log d_{km}$

Si tomamos f = 1805 MHz, entonces L_{bf} = **-130,49 dB**

Para la distancia máxima la pérdida básica entre el Tx y el Rx da: **-139,63 dB**

La potencia requerida para proteger el umbral de recepción a la distancia mínima es:

Se usa las mismas fórmulas y valores de pérdidas considerados en los cáculos anteriores.

L_{bf} para la mínima distancia: 130,49 dBm

P_{TxA} = -100,6 + 130,49 dB = 29,89 dBm, lo que da –0,11 dBw, o lo que es lo mismo 974,989 mW.

La potencia requerida para proteger el umbral de recepción a la distancia máxima es:

L_{bf} para la máxima distancia: 139,63 dBm

P_{TxA} = -100,6 + 139,63 dB = 39,00 dBm, lo que da 9 dBw, o lo que es lo mismo 8 W

$$974{,}989 \text{ mW} < P_{TxA} < 8 \text{ W}$$

AREA DE COBERTURA:

RUTA: GUAYAQUIL – CUENCA

En la Carta de Navegación Aeronáutica se observa que la trayectoria de vuelo de las aeronaves desde Guayaquil hacia Cuenca, comprende dos tramos, el primero hacia el sur con una longitud total de 62 Km y el segundo hacia el oriente con una logitud de 110 Km. Figura # 7.

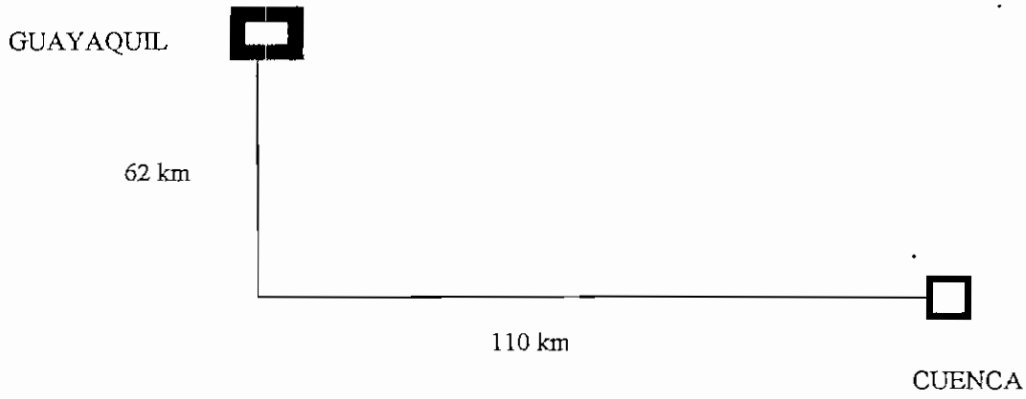


Figura # 8 Diagrama de la Trayectoria de vuelo entre las ciudades de Guayaquil y Cuenca

El primer tramo de la ruta estaría cubierto por la Estación Terrestre Intermedia ubicada en la ciudad de Guayaquil.

Se necesita conocer la pérdida básica de tansmisión entre el trayecto de 62 km de longitud y la Estación Terrestre Intermedia, a fin de determinar la potencia de transmisón requerida para las estaciones. Figura # 8

Pérdida básica en el trayecto de propagación para la máxima distancia entre Tx y Rx.

$L_{bf} = 32,5 + 20\log f_{MHz} + 20\log d_{Km}$

$d_{max} = \sqrt{58,5^2 + 4,5^2} = 58,67$ Km

$L_{bf} = 32,5 + 20\log(1800) + 20\log(58,67)$

$L_{bf} = -132,99$ dB

Otras pérdidas: -6 dB
Umbral de recepción: -113,6 dBm
Margen = + 14 dB

Pérdida total: 138,99 dB

$P_{TxA} = -100,6 + 138,99 = 38,39$ dBm, que da: 8,39 dBw, o lo que es lo mismo: 6,9 W

$$2,22 \text{ W} < P_{TxA} < 6,9 \text{ W}$$

Estación Terrestre en Ruta Guayaquil – Cuenca

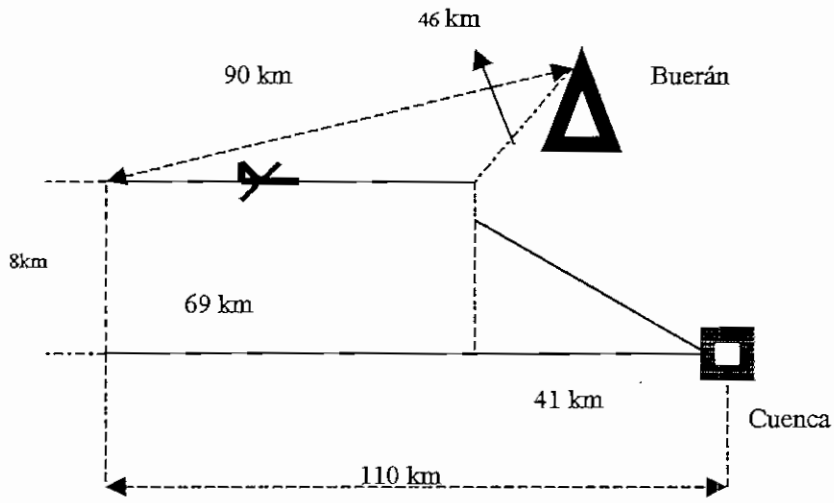


Figura # 10 Diagrama de la la trayectoria de vuelo, en ruta, Guayaquil-Cuenca.

Distancia Máxima entre Tx y Rx: 90 Km

Distancia Mínima entre Tx y Rx: 46 Km

Pérdida básica de Transmisión para la distancia mínima entre el Tx y Rx:

$L_{bf} = 32{,}5 + 20\log f_{MHz} + 20\log d_{km}$

Tomemos f = 1.805 MHz y d_{min} = 46 Km

L_{bf} = 130,88 dB

Para la máxima distancia entre Tx y Rx,

d_{max} = 90 Km

L_{bf} = 136,71 dB

Ahora, se tiene que determinar la potencia requerida para proteger el umbral de recepción a la máxima y mínima distancia entre el Tx y el Rx.

Potencia neta de Recepción = P_{Rx} = P_{TxA} + Ganancia de la antena a bordo + Pérdidas en el Trayecto + Ganancia de la antena de la Estación Terrestre + Pérdidas en el receptor de la estación en tierra + otras pérdidas.

P_{TxA} = Potencia de salida del Tx de la aeronave

Umbral de recepción = -113 dBm
Margen = + 14 dB

Ganancia de la antena a bordo: +1 dBi
Pérdidas en el Trayecto: a 46 Km = - 130.88 dB y a 90 Km = -136,71dB
Ganancia de la antena de la Estación Terrestre: + 8 dBi
Pérdidas en el receptor de la estación en tierra: - 4 dB

Reemplazando en la relación de la Potencia neta de recepción, queda:

P_{TxA} = L_{bf} - 100,6 dBm
Para d_{min} = 46 Km, P_{TxA} = 30,28 dBm o lo que es lo mismo 0,28 dBw, que finalmente da una potencia de 1W.

Para d_{max} = 90 Km, P_{TxA} = 36,11 dBm o lo que es lo mismo 6,11 dBW, que finalmente da una potencia de 4,08 W

$1\ W < P_{TxA} < 4{,}08\ W$

Estación Terrestre Intermedia / Cuenca. Rutas Quito-Cuenca y Guayaquil-Cuenca.

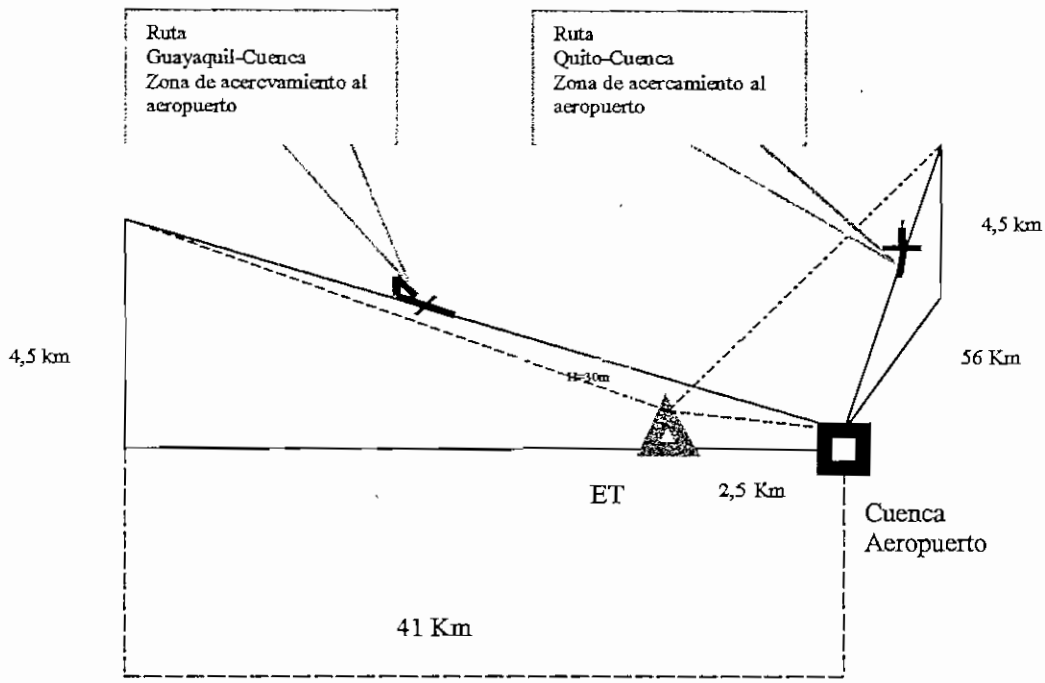


Figura # 11 Diagrama de las trayectorias de vuelo en acercamiento al aeropuerto de Cuenca. Rutas Guayaquil-Cuenca y Quito-Cuenca.

Cálculos para la ruta Guayaquil-Cuenca, en aproximación al aeropuerto de Cuenca.

Distancia Máxima emtre Tx y Rx:

$d_{max} = \sqrt{(38{,}5^2 + 4{,}5^2)} = 38{,}76\ Km$

Distancia mínima entre Tx y Rx:

$d_{min} = \sqrt{(2500^2 + 30^2)} = 2{,}5001$ Km

Pérdida básica de Transmisión para la distancia mínima entre el Tx y Rx:

$L_{bf} = 32{,}5 + 20\log f_{MHz} + 20\log d_{km}$

Tomemos f = 1.805 MHz y $d_{min} = 2{,}5$ Km

L_{bf} = 105,58 dB

Para la máxima distancia entre Tx y Rx,

$d_{max} = 38{,}76$ Km

L_{bf} = 129,39 dB

Ahora, se tiene que determinar la potencia requerida para proteger el umbral de recepción a la máxima y mínima distancia entre el Tx y el Rx. En este caso también debe considerarse las pérdidas por efecto Doppler, indicadas en la tabla # 4 del Capítulo 4.

Potencia neta de Recepción = P_{Rx} = P_{TxA} + Ganancia de la antena a bordo + Pérdidas en el Trayecto + Ganancia de la antena de la Estación Terrestre + Pérdidas en el receptor de la estación en tierra + otras pérdidas.

P_{TxA} = Potencia de salida del Tx de la aeronave

Umbral de recepción = -113 dBm

Margen = + 14 dB

Ganancia de la antena a bordo: +1 dBi

Pérdidas en el Trayecto: a 2,5 Km = - 111,58 dB y a 38,76 Km = -135,39 dB

Ganancia de la antena de la Estación Terrestre: + 8 dBi

Pérdidas en el receptor de la estación en tierra: - 4 dB

Reemplazando en la relación de la Potencia neta de recepción, queda:

$P_{TxA} = L_{bf}$ - 100,6 dBm

Para d_{min} = 2,5 Km, P_{TxA} = 10,98 dBm o lo que es lo mismo -19,02 dBw, que finalmente da una potencia de 12,58 mW

Para d_{max} = 38,76 Km, P_{TxA} = 34,79 dBm o lo que es lo mismo 4,79 dBW, que finalmente da una potencia de 3,01 W

$12{,}58\ W < P_{TxA} < 3{,}01\ W$

Cálculos para la ruta Quito -Cuenca, en aproximación al aeropuerto de Cuenca.

Distancia Máxima emtre Tx y Rx:

$d_{max} = \sqrt{(56^2 + 2{,}5^2)} = 56{,}05$ Km

Distancia mínima entre Tx y Rx:

$d_{min} = \sqrt{(2500^2 + 30^2)} = 2{,}5001$ Km

Pérdida básica de Transmisión para la distancia mínima entre el Tx y Rx:

$L_{bf} = 32{,}5 + 20\log f_{MHz} + 20\log d_{km}$

Tomemos f = 1.805 MHz y $d_{min} = 2{,}5$ Km

L_{bf} = 105,58 dB

Para la máxima distancia entre Tx y Rx,

$d_{max} = 56{,}05$ Km

L_{bf} = 132,59 dB

Ahora, se tiene que determinar la potencia requerida para proteger el umbral de recepción a la máxima y mínima distancia entre el Tx y el Rx. En este caso también debe considerarse las pérdidas por efecto Doppler, indicadas en la tabla # 4 del Capítulo 4.

Potencia neta de Recepción = P_{Rx} = P_{TxA} + Ganancia de la antena a bordo + Pérdidas en el Trayecto + Ganancia de la antena de la Estación Terrestre + Pérdidas en el receptor de la estación en tierra + otras pérdidas.

P_{TxA} = Potencia de salida del Tx de la aeronave

Umbral de recepción = -113 dBm
Margen = + 14 dB

Ganancia de la antena a bordo: +1 dBi

Pérdidas en el Trayecto: a 2,5 Km = - 111,58 dB y a 56,05 Km = -138,59 dB

Ganancia de la antena de la Estación Terrestre: + 8 dBi

Pérdidas en el receptor de la estación en tierra: - 4 dB

Reemplazando en la relación de la Potencia neta de recepción, queda:

$P_{TxA} = L_{bf}$ - 100,6 dBm

Para d_{min} = 2,5 Km, P_{TxA} = 10,98 dBm o lo que es lo mismo -19,02 dBw, que finalmente da una potencia de 12,58 mW

Para d_{max} = 56,05 Km, P_{TxA} = 37,99 dBm o lo que es lo mismo 7,99 dBW, que finalmente da una potencia de 6,29 W

$12{,}58\ W < P_{TxA} < 6{,}29\ W$

ANEXO VII

CARACTERÍSTICAS DEL ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA)

CARACTERÍSTICAS DEL ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA).

El Acceso Múltiple por División en el Tiempo, es un método qu epermite a n usuarios accesar a un ancho de banda asignado y en un tiempo básico.Cada usuario accesa al ancho de banda completo, pero por solamente una fracción del tiempo en un perído básico, cada usuario gana acceso a la portadora por 1/n del tiempo y generalmente en una secuencia ordenada.

El Sistema Móvil Aernáutico de Correspondencia pública usa tres tipo de formatos de segmentos de tiempo (slots) en oepración normal y dos tipos de formatos de segmentos de tiempo para sincronización.

En el sistema la estructura de transmisión usa Múltiplex por División en el Tiempo (TDM) para la transmisión tierra-aire y Acceso Múltiplex por División en el Tiempo (TDMA) para la transmisión aire-tierra.

La señal TDM es organizada dentro de una trama o segmento de tiempo (slot) y las tramas son organizadas dentro de una super trama. El enlace descendente TDMA es organizado de la misma manera que el enlace ascendente.

El enlace ascendente y descendente es sincronizados de tal forma que el enlace descendente aparece un número fijo de segmentos de tiempo luego del enlace ascendente cuando inspeccionó en la GS.

Cada segmento de tiempo de aproximadamente 4,706 ms comprime 208 bits. 17 segmentos de tiempo se combinan en una trama de 80 ms. 20 tramas se combinan dentro de una super trama de 1,6 segundos.

La velocidad binaria bruta de cada portadora es de 44,2 kbit/s, lo que permite acomodar de 4 a 16 canales de tráfico en una misma portadora.

Estructura del segmento

Los tres tipos de segmentos de uso general se conocen como G1, G2 y G3 y los dos tipos de segmentos de sincronización se conocen como S1 y S2 .

El sistema transmite señales vocales utilizando códecs de voz de 9, 6 kbit/s

La figura # 1 muestra la estructura básica del segmento (slot).

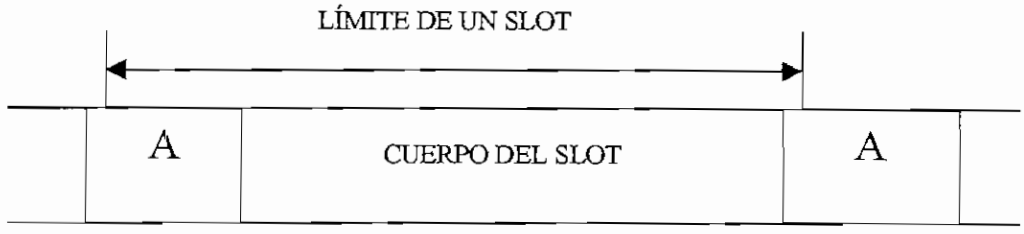


Figura # 1

El campo A es un tiempo de guarda para todos los slots, que permite que la transmisión de potencia de la estación de aeronave (EA) sea controlada y reduce la interferencia de canal adyascente.

Tipos generales de segmentos de tiempo (General slot types)

La figura # 2 muestra la esteructura general de los slots y la tabla #1 muesta la localización de los bits dentro del slot.

Figura # 2. Estructura General de los Slots

Tipo de Slot	**Ubicación de los Bits**		
	A	B	C
G1	0 – 4 Guarda	5 – 15 Sincronismo	16 – 207 Datos de tráfico
G2	0 – 4 Guarda	5 – 15 Sincronismo	16 – 207 Datos de Control
G3	0 – 4 Guarda	5 – 15 Sincronismo	16 – 207 Datos Específicos

Tabla # 1 Localización de los bits dentro del slot.

Tipos de slots de Sincronización (Synchronization Slot types)

La figura # 3 muestra la esteructura general de los slots y la tabla #2 muesta la localización de los bits dentro del slot.

A	B	C	D

Figura #2. Estructura de los Slots de Sincronización

	A	B	C	D
S1	0 – 4 Guarda	5-75 Sincronización de la palabra	76 – 207 Datos	
S2	0 – 4 Guarda	5-75 Sincronización de la palabra	76 – 87 Datos	

Tabla # 2 Localización de los bits dentro del slot.

Nota: el slot tipo S2 solamente contiene 88 bits.

Como se aprecia la estructura de trama del TDMA, típicamente a un usuario es dado un slot en una Trama de duración de un intervalo de tiempo, teniendo n solts. Si un usuario genera continuamente datos a una tasa de R bits/s, esto será trasmitido, debe transmitir en una explosión en el valor más alto de por lo menos nR durante cada trama, cuando tiene el usuario el turno para transmitir.

En la práctica el valor transmitido de R de un usuario es apreciablemente alto, porque los datos se transmiten en cada trama en un formato paquetizado, con bits extras (bits de guarda) para ayudar la recepción.

En general, la alta tasa de transmisión del TDMA comprado con FMDA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia), significa que el canal frecuentemente llega a ser dispersivo, añadiendo complejidad considerable en la señal que procesa el receptor. Sin embargo hay apreciables ventajas al usar la técnica TDMA:

1. Hay dos bandas de frecuencias una para la transmisión y otra para la recepción.
2. Cuando las Estaciones Terrestres transmiten, las estaciones móviles se cambian a recepción y cuando la estación móvil transmite las Estaciones terrestres reciben sus señales, lo cual simplifica significativamente el diseño del tranceiver comparado con FDMA, donde la transmisión y la recepción se desempeñan simultáneamente. Además las estaciones terrestres necesitan solamente un tranceiver para acomodar sus n usuarios TDMA como proceso único y de uno en uno en instantes según la ubicación del slot.
3. No se presenta interferencia co-canal.
4. No usa activación voz a menos que se emplee una distribución dinámica de canal.

ANEXO VIII

RADIO INTERFACE Y PRINCIPIOS DEL MODELO DE PROTOCOLO

RADIO INTERFACE Y PRINCIPIOS DEL MODELO DE PROTOCOLO

El Sisema Móvil Aeronáutico de Correspondencia Pública soporta un amplio rango de servicios que pueden acceder los usuarios a través de un conjunto de interfaces estandar y otros bloques funcionales en una Estción de Aeronave (AS). El terminal de Avión de una Estación de Aeronave, está conectado al sistema de estciones terrestres como se indica en la figura # 1.

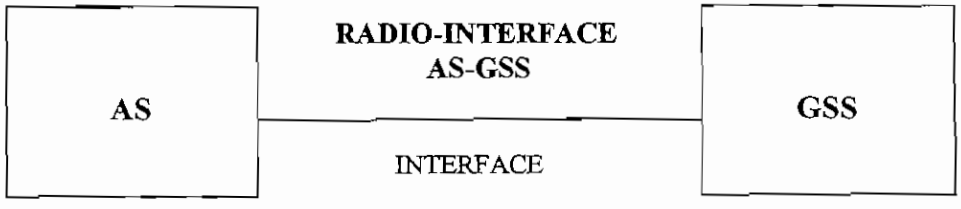


Figura # 1 Interface Básico del SMACP

Características del Interface

El Interface AS-GSS está especificado por un conjunto comprensivo de características que incluyen:

- Estructura del canal y capacidades de acceso asociadas.
- Protocolos Usuario a Red (AS-GSS)
- Características de operación y mantenimiento.

- Características de desempeño.
- Características de los servicios.

Principios del Modelo de Protocolo

Los protocolos de señalización en el interface AS-GSS están especificados usando los conceptos del modelo de referencia Open System Interconection (OSI), dados en las recomendaciones del CCITT X.200 y X.210. Ver figura # 2.

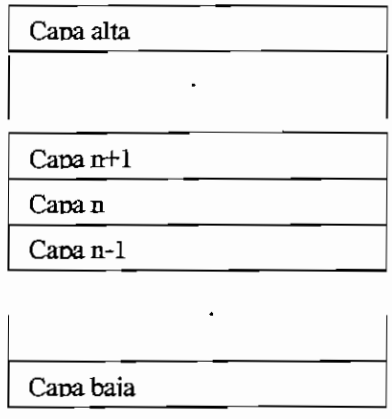


Figura # 2 Modelo OSI

Para señalización entre AS y GSS son requeridas tres capas. Las capas, las entidades principales y los puntos de acceso a los servicios para comunicación entre capas y entidades iguales, se muestran en la figura # 3.

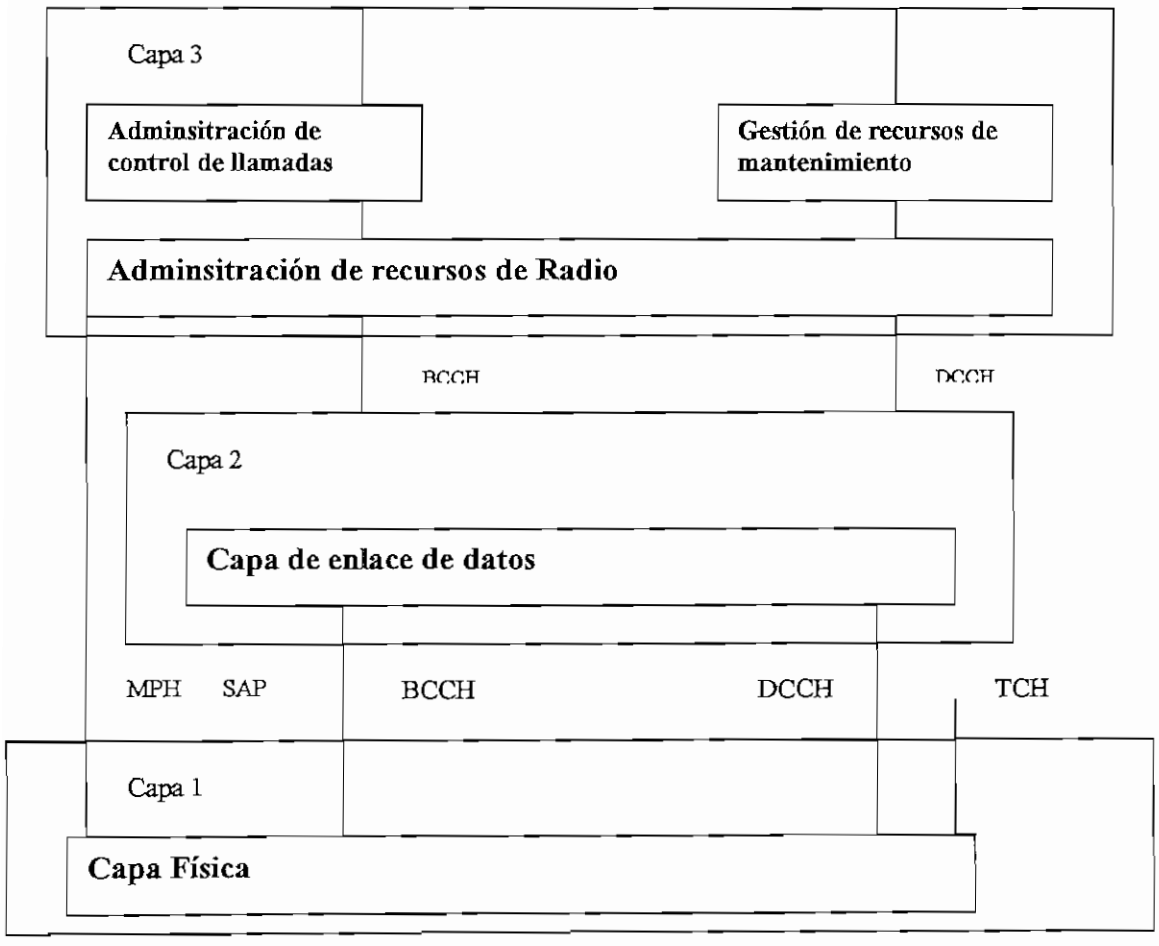


Figura # 3 Capas AS-GSS

BCCH: Broadcast Control Channel.
DCCH: Dedicated Control Channel
SAP: Service Access Points
TCH: Trafic Channel
MPH: Management Physical

Canal de Tráfico (TCH): Son canales fijos de velocidad bruta. Un TCH no lleva señalización para un circuito conectado. El TCH se usa como un canal para información de usuario, primariamente voz

Control Channels: Los canales de control son usados para proveer a todas las Estaciones de Aeronave activas con una trama continua orientada al medio de comunicación con una Estación terrestre sobre el radio enlace.

Tipos de Canales de control lógicos.

Broadcast Control Channel (BCCH): Un BCCH es un canal de control unidireccional punto a multipunto desde la Estación Terrestre la Estación de Aeronave. Un BCCH, difunde una variedad de información a la Estaciones de Aeronave que permite entonces tomar decisiones con respecto al acceso de red, estructuración del enlace y otras funciones similares. Este canal es dividido en dos partes **BCCH(S)** con información relacionada a la sincronización y el **BBBH(D)**, con información relacionada con los datos.

Random Access Channel (RACH)(Canal de Acceso Aleatorio): Un RACH, es un canal unidireccional multipunto a punto desde una Estación de Aeronave a una Estación Terrestre. Permite a la Estación de Aeronave pedir una conexión inicial física a una Estación Terrestre.

Initial Response Control Channel (IRCCH) (Canal de Control de Respuesta Inicial): Un IRCCH es un canal unidireccional punto a punto desde la Estación Terrestre a la Estación de Aeronave. Permite a la Estación Terrestre garantizar una conexión física inicial con una Estación de Aeronave e indica el momento oportuno para la transmisión de la Estación de Aeronave.

Radio Control Channel (RCCH) (Canal de Control de Radio): Un RCCH es un canal de control unidireccional punto a punto desde la Estación Terrestre a la Estación de Aeronave. Lleva potencia t controles oportunos desde la Estación Terrestre hacia la estación de Aeronave. Como este canal de control es unidireccional no puede ser usado un protocolo de retransmisión.

Dedicated Control Channel (DCCH) (Canal de Control Dedicado): Un DCCH es un canal de control bidireccional punto a punto. Lleva mensajes de Control de Gestión de Llamada relacionado a todas las llamadas originadas desde una Estación de Aeronave y mensajes de operación y mantenimiento. La velocidad de datos de este canal es dependiente del número de segmentos de tráfico destinados a la Estación de Aeronave y si cualquier canal de tráfico está en uso.

CARACTERÍSTICAS DE LA MODULACIÓN π/4QPSK

En este Anexo se detallan las características del modulador y transmisor TDM/TDMA.

Tipo de Modulación:

El mètodo de modulación usado es **π/4** DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying). El esquema de modulación utilizado es el que se muestra en la figura # 1.

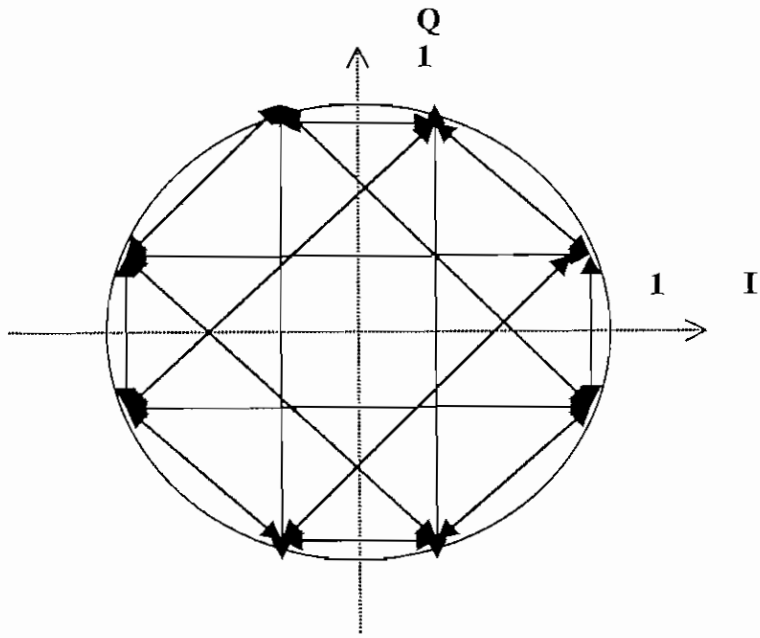


Figura # 1 Constelación π/4 DQPSK

La velocidad del canal de transmisión es 44.200 bits/s.

Los datos de entrada al modulador son diferencialmente codificados. El símbolo de salida del modulador es transmitido como cambios en el ángulo de fase y no como valolres absolutos de fase.

Los datos son convertidos de serie a parlelo a dos formas de corrientes digitales, A_k y B_k empezando con los bits nuemerados 0 y 1 del flujo de datos de entrada al modulador. A_k comprende los bits pares y B_k los impares.

Para cada dibit el símbolo asociado corresponde al cambio de fase (d∅) y se determina en concordancia con lo indicado en la tabla # 1.

Símbolo Transmitido		**Cambio de Fase d∅**
A_K	B_K	
1	1	+45°
O	1	+135°
0	0	-135°
1	0	-45°

Tabla # 1 Definición de fase

Diagrama de bloques que representa el proceso de codificación. Figura # 2

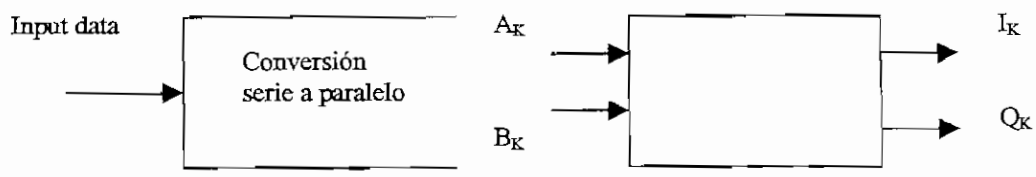


Figura # 2 Codificación de fase

Los impulsos I_k y Q_k obtenidos son aplicados a la entrada de los filtros en banda base, para finalmente obtener la señal modulada. Ver figura # 3. Modulación

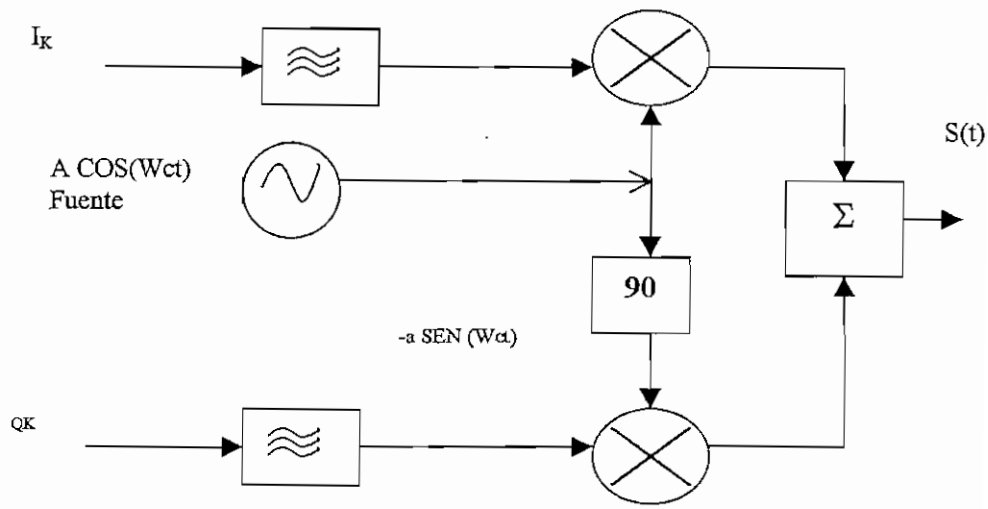


Figura # 3 Modulación

Bandlimited QPSK conserva la propiedad de envolvente constante.

La señal puede ser detectada no-coherentemente, lo que simplifica en gran medida el diseño del receptor.

Su desempeño es mejor en presencia de diseminación multitrayecto y fluctuación.

Muy frecuentemente este tipo de señales moduladas son diferencialmente encodificadas, lo que implica deteción diferencial o demodulación cherente con ambigüedad de fase en el canal de recepción.

GESTIÓN DE MOVILIDAD

Roaming y Registro de Localización

No está definido ningún roaming o facilidad de registro de localización para la provisión de llamadas tierra a aire.

Selección de la Estación Terrestre

La selección de una Estación Terrestre a ser usada por un avión dado está basada en el criterio de la eficiencia del sistema. En este respecto el sistema usa el mismo interfaz de radio sobre el área entera de cobertura.

Handover

El Handover consiste en gestionar el traspaso de una llamada, de un canal a otro para mejorar la calidad de la transmisión.

El proceso de Handover está implementado en la Estación de Aeronave y en la Estación Terrestre. La estación Terrestre hace decisiones de Handover basados en el rango derivado de el TDM otros criterios relacionados al estado del vuelo de la Estación de Aeronave o difusión en el BCCH (Broadcast Control Channel).

El Handover slot a slot y portadora a portadora tiene lugar únicamente sobre el pedido de las estaciones terrestres.

El Handover de Estación Terrestre a Estación Terrestre tiene lugar sobre el pedido de la Estación de Aeronave.

Categorías de Handover

En la tabla # 1 se muestran las categorías de handover sobre el sistema.

Slot to Slot	Esta es la forma más simple
Carrier to Carrier	Esta es la transferencia de una portadora a otra en las misma Estación terrestre. Este caso se usa para permitir al sistema minimizar el bloqueo.
GS to GS	Este es el caso de un Handover completo. Cubre por ejemplo los casos de Handover en ruta y estaciones en ruta y entre estaciones en ruta e intermedias.

Tabla # 1 Categorías de Handover

ANEXO XI

FUNCIONES DE LOS COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN TERRESTRE

Funciones de los componentes de una Estación Terrestre

El transceiver, incluye las unidades de transmisión y recepción. Las funciones de transmisión son para cada canal, modulación directa y amplificación de potencia.

El receptor incluye, en la parte común de los canales: un filtro pasa banda, un amplificador de bajo ruido, un down converter y un distribuidor para los canales, cada receptor de canal comprende un segundo down converter, un amplificador y un filtro de canal.

La **Unidad de Trama** (FRU), incluye un modem y un procesador de trama.

a. El modem recibe un flujo de bits TDM del procesador de trama a la velocidad nominal de 44.2 Kbits/s.
b. Entrega al transmisor en banda base las señales Q e I para el esquema de modulación $\pi/4$DQPSK[1] .
c. Realiza la conversión serie a paralelo, trazando la fase y filtrando las señales Q e I.
d. El demodulador recibe del receptor una señal de frecuencia intermedia a 7.735 MHz que corresponde a la portadora TDMA. Mezcla estas señales en banda base y realiza el filtrado del canal, la corrección del efecto Doppler y la investigación de fase.
e. También recibe el nivel de potencia del transceiver, el demodulador evalúa la ganancia óptima del receptor para la próxima trama y para una Estación

[1] Ver Anexo # 9 Modulación QPSK

de Aeronave en particular. Finalmente entrega la señal recibida al procesador de trama.

f. El demodulador adquiere el Doppler del aeronave y el tiempo dentro de la recepción de un segmento de tiempo de entrada (slot).

g. El rastreo es desempeñado dentro de la recepción de los segmentos de tiempo del mismo avión. El contexto de conmutación es usado para este rastreo, el demodulador es informado acerca del avión que será recibido durante el próximo segmento de tiempo (time slot), así que es posible recuperar los parámetros de transmisión correspondientes en la obtención del segmento de tiempo (time slot) y guardar entonces nuevamente al final de este slot después de actualizar.

h. El modem recibe la referencia de tiempo de la unidad de reloj y el contexto de información de conmutación del procesador de trama. Al retorno, entrega el error de tiempo y el nivel de señal recibida, el tipo de segmento de tiempo y los bits de información.

El **procesador de trama** realiza las siguientes funciones:

a. Es el encargado de construir la trama TDM, recibe los datos de tráfico de la unidad de tráfico y los datos de señalización de la Unidad de Control. El procesador de trama ejecuta la codificación del canal y el intercalado si se requiere y trazando los segmentos de tiempo en la trama.

b. Ejecuta el descrambling, el deintercalamiento y la decodificación del canal si es necesario. Entonces despacha la información a la unidad de tráfico o a la unidad de control.

c. También procesa el error del tiempo y el nivel de potencia entregado por el demodulador, a fin de generar la potencia y el mensaje de control de tiempo enviado en el canal de control de radio (RCCH[2]) a la Estación de Aeronave.

d. El procesador de trama se encarga del protocolo de la Capa de Enlace de Datos para el canal de señalización (DCCH)en el enlace de radio (LAPDa).

e. El procesador de trama administra la transmisión del Canal de Control Difusión (BCCH).

f. El procesador de trama es enlazado vía bus de datos con la unidad de control, a fin de intercambiar mensajes de la capa 3[3] y otros mensajes de control.

Unidad de Tráfico

Es la adición de todo el equipo necesario para desempeñar los servicios de tráfico de un grupo de Unidades de trama (FRU), máximo cuatro unidades de trama.

Incluye los interfaces de tráfico (TI) y los terminales de tráfico (TT).

a. Un terminal de tráfico es especificado por cada tipo de servicio: un codificador a 9,6 kbits/s es un ejemplo de una línea de tráfico (TL) a un Centro de Conmutación Terrestre. La carga de tráfico puede incluir más de un terminal de tráfico.

---

[2] Ver Anexo # 8 Radio Interface y principios del modelo de protocolo.
[3] Ver Anexo # 8 Radio Interface y Modelo de Protocolo

b. Un interface de tráfico desempeña el interface entre una Unidad de Trama dedicada y un tipo de terminal de tráfico.

c. El interface es designado tal que la extensión de la Unidad de Tráfico para un nuevo servicio y la combinación de diferentes tipos de servicios sean posibles.

d. Las líneas de tráfico entre las Estaciones Terrestres y el Centro de Conmutación cumplen con la Recomendación UIT-T G703 (opción codireccinal).

e. El interface entre la Estación Terrestre y el Centro de Conmutación tiene que llevar un número de canales de voz de 64 kbits/s, igual a 4 veces el número de canales de radio de la Estación Terrestre más un canal de 64 kbits/s para señalización.

Unidad de Tiempo y Frecuencia

a. La Unidad de Tiempo y Frecuencia provee a la Estación Terrestre completa la referencia de tiempo requerida para cada subsistema.

b. Cada Estación Terrestre tiene que ser sincronizada en el tiempo, a fin de que tenga que los resultados sean concordantes con la referencia de la red.

c. El método de sincronización usa un receptor GPS.

Unidad de Control

a. La Unidad de Control maneja la Administración del recurso de radio y la Administración de los recursos terrestres de la estación Terrestre completa.

b. La unidad de control procesa la operación y el mantenimiento de la Estación Terrestre.

c. El control y monitoreo de cada módulo en la estación terrestre se realiza vía Unidad de Trama.

d. El acceso del operador para ejecutar la tarea de la operación y mantenimiento de la estación terrestre es realizada en el Centro de Conmutación, también el manejo de las capas 1,2 y 3 del interface con el Centro de Conmutación

e. El interface entre la Unidad de Control y el Centro de Conmutación es una línea dedicada a 64 kbits/s cumpliendo con la recomendación V24 y V11 .

Características de la Antena

La antena es omnidireccional y es proveída para cada transmisor de canal de radio.

En el lado de recepción una antena es dedicada para los cuatro canales de la misma estación terrestre.

Se observa una distancia mínima de 2 a 3 metros entre dos antenas.

ANEXO XII

SISTEMA TERRSTRE DE TELECOMUNICACIONES EN VUELO

SISTEMA TERRESTRE DE TELECOMUNICACIONES EN VUELO

El equipo para la implementación del sistema de estaciones terrestres, debe cumplir con la interfaz estándar definido por el ETSI, que provee una alta flexibilidad de adaptación al equipo de las redes públicas fijas y de varios tipos de estaciones. Los aspectos más importantes del sistema son dimensionamiento de la computadora, operación flexible y desarrollo modular.

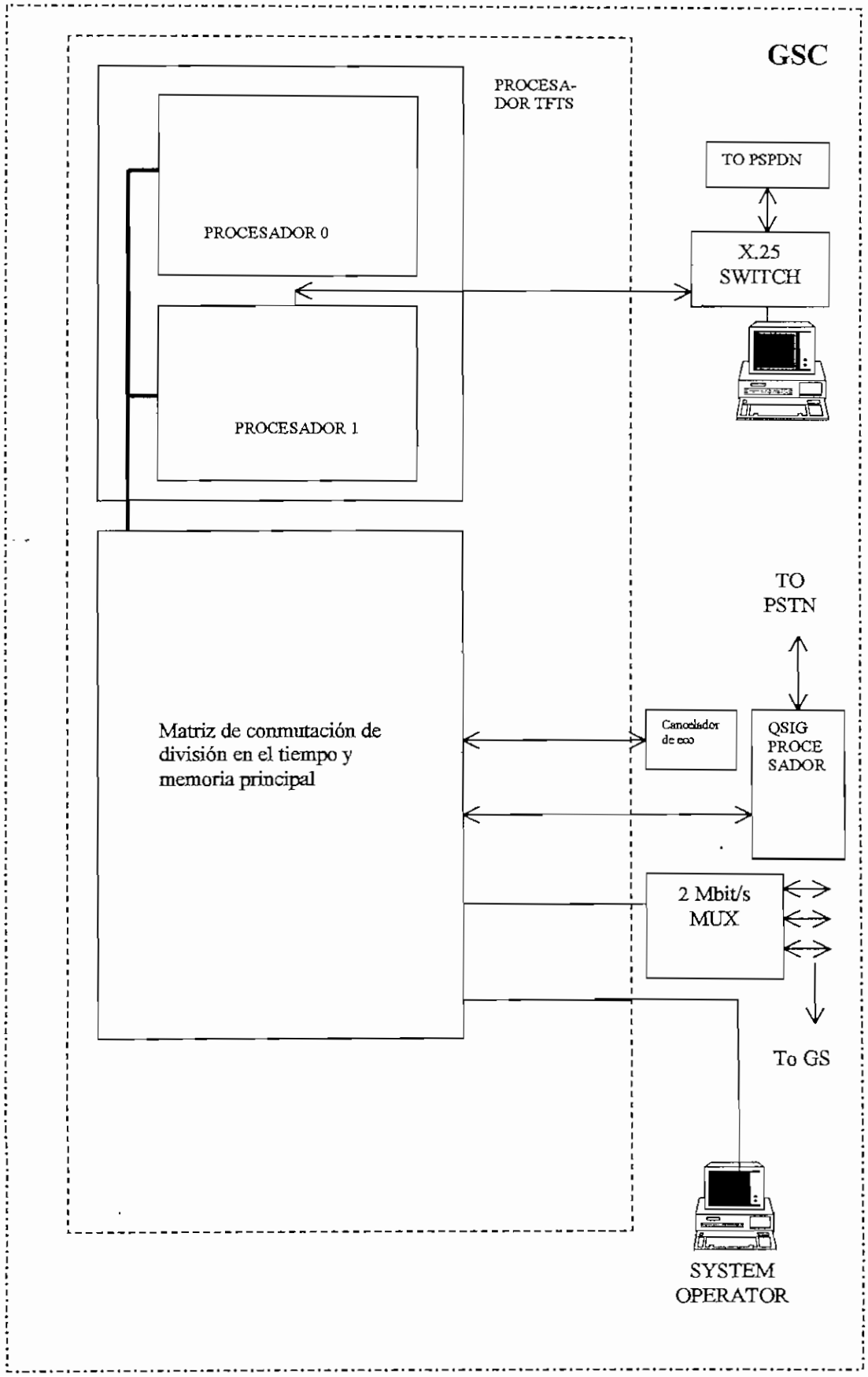
- Sus características óptimas son obtenidas por medio de una red celular terrestre, que permite una reutilización de frecuencias combinado con una codificación digital de la voz y técnicas de multiplexación.
- Bandas de frecuencias: aire-tierra: 1670-1675 MHz y tierra-aire: 1800-1805 MHz.
- Modo de Transmisión: en la dirección aire-tierra TDMA, y en la dirección tierra-aire $\pi/4$ QPSK TDM.

Características de la Estación Terrestre.

Banda de frecuencias:	Aire-tierra: 1.670-1.675 MHz Tierra-aire: 1.800-1805 MHz
Número de canales de radio en la banda especificada.	164
Espacio entre portadoras de radio:	30,30 KHz
Espacio entre canales para una sola Estación Terrestre.	60,60 KHz
Modulación / Demodulación	
Tipo de Modulación:	$\pi/4$ QPSK TDM. En la dirección tierra-aire. TDMA en la dirección aire a tierra.
Frecuencias Intermedias:	17,515 MHz / 7,735 MHz
Demodulación:	Diferencial
Velocidad de transmisión del codecs	9,6 kbits/s
Velocidad de transmisión de canales RF	44,2 kbits/s
Transmisor	
Estabilidad de frecuencia:	Menor o igual a 4×10^{-8}
Potencia máxima de transmisión (salida del amplificador):	44 dBm
Número de canales RF por Estación Terrestre	1 a 4
Pérdidas internas en el Rack	1,5 dB
Filtro de recepción: Rechazo en la banda de recepción.	> 100 dB
Receptor	
Factor de ruido:	Menor o igual a 2,5 dB
Umbral para un BER de 10^{-3} a la entrada de recepción:	Menor o igual a -113 dBm
Pérdidas internas en el Rack	1,5 dB
Filtro de recepción: Rechazo en la banda de transmisión.	> 100 dB
Radio de cobertura por portadora de radio:	Varía, sobre los 400 Km
Antena para una estación en ruta:	Omnidireccional
Interface de la Estación Terrestre:	Señalización con un suscriptor analógico o digital en una Red Telefónica Pública Conmutada. Señalización X25 entre Centros de Conmutación Terrestres y

	Redes Públicas de datos y enlaces con el Centro de Servicios de soporte.
Otras características	
Dimensiones del Rack:	Altura: 2.198 mm Anchura: 600 mm Profundidad: 600 mm
Número de Racks de 1 a 4 canales	2 (lado por lado)
Peso para 2 racks de 4 canales	500 kg
Límite normal climático: **Humedad:**	+ 5° a + 40° C 5 a 85% no condensado
Alimentación de Energía:	DC - 48 o - 60 V (- 40 a - 72V)
Consumo:	1 Canal: 700 W 2 Canales: 1.280 W 3 Canales: 1.880 W 4 Canales: 2.480 W

Características del Centro de Conmutación Terrestre



Dimensiones del Rack :	Altura: 1.50 mm Anchura: 1.070 mm Profundidad: 790 mm
Peso	400 kg
Condiciones de Temperatura:	Rango: +15° a +35° C Optimo:+18° a + 30° C Humedad: 45 a 85 % no condensada
Alimentación de energía:	DC : -48 V (-43 a -53 V) Consumo: 780 W

Características de la Antena

Se provee un antena para cada canal de radio transmitido.

En el lado de recepción: Se provee una antena de recepción para los cuatro canales en la misma estación de tierra.

Se considera una distancia mínima de 2 a 3 metros de separación entre 2 antenas.

Se provee un antena pequeña para el sistema GPS satelital para cada Estación Terrestre.

El cable que se provee para la antena es de tipo LDF 5-50 o equivalente con siguientes características:

Diámetro: 28 mm

Atenuación: 6 dB / 100m a 1.750 MHz

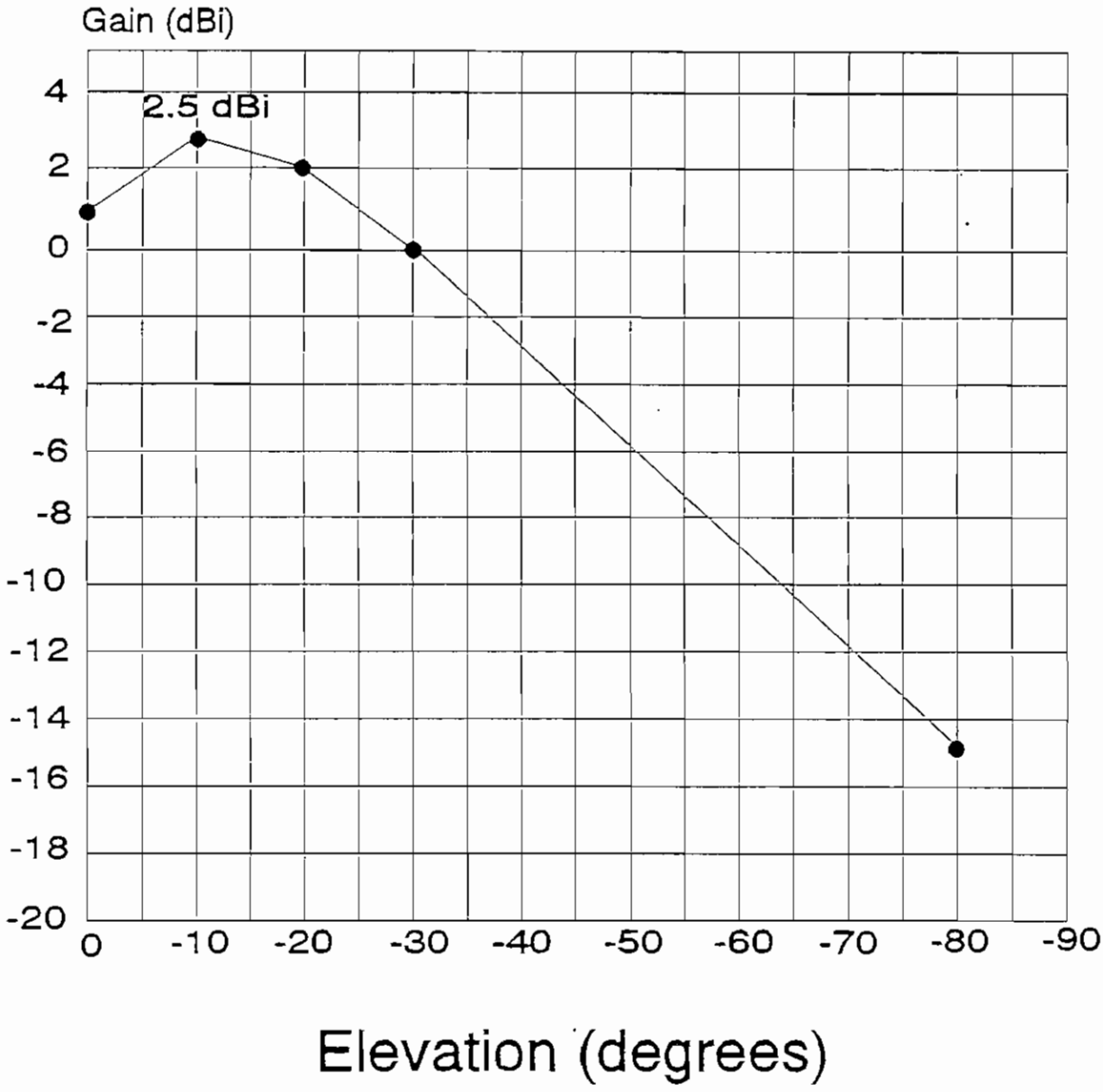
Conectores: 7-16

ANEXO XIII

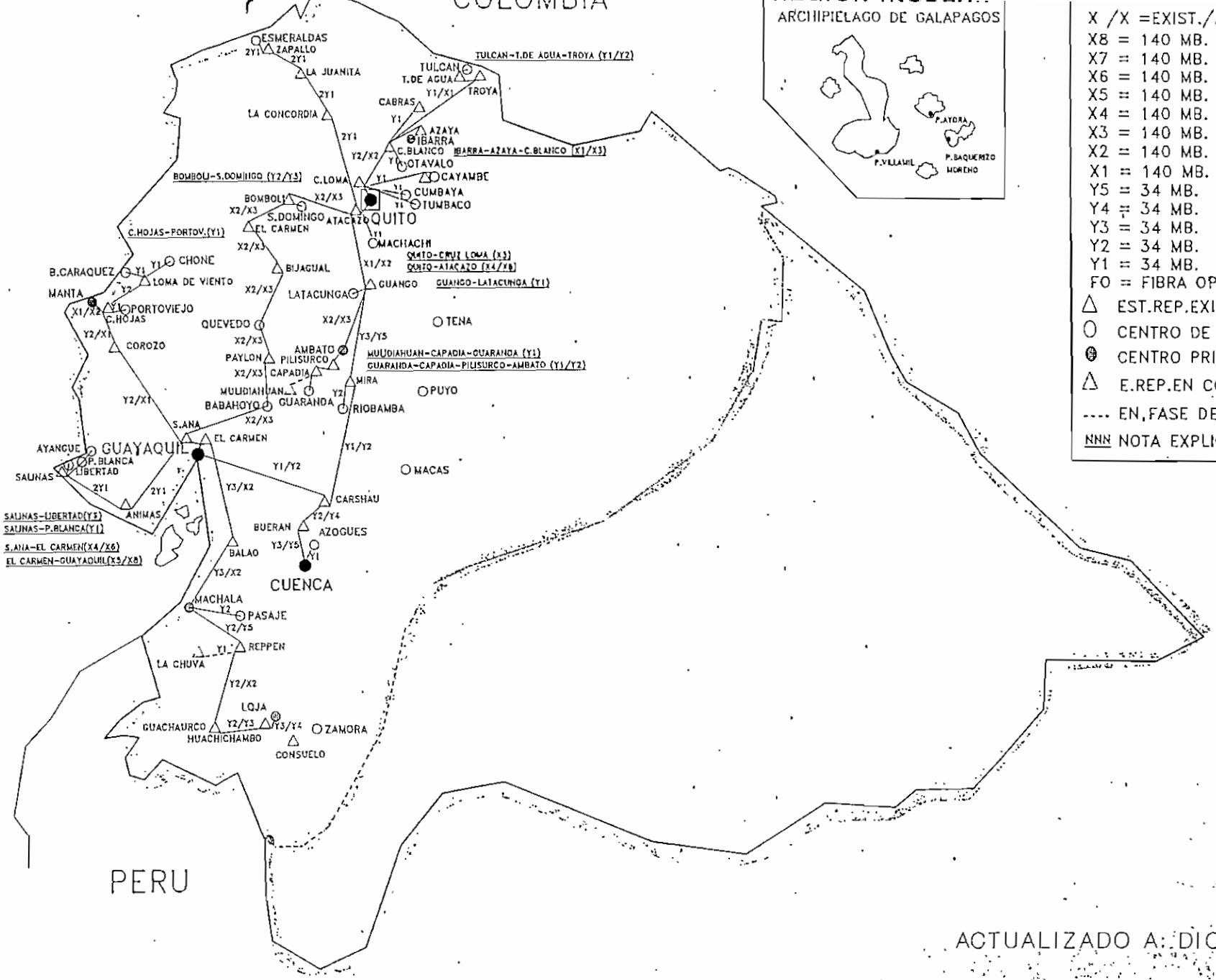
GANANCIA MÍNIMA DE LA ANTENA DE AERONAVE

ATTACHMENT 1-5
ANTENNA GAIN MASK

MINIMUM ANTENNA GAIN



A single deviation of not more than 3dB over any 5 degree segment (or 5dB over andy 2 degrees) is permitted between -30 degrees and -90 degrees.



ACTUALIZADO A: DIC./1996