

101  
2j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EL SISTEMA DE COMUNICACIONES MOVILES  
VIA SATELITE INMARSAT-M

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**AREA ELECTRONICA Y COMUNICACIONES**  
P R E S E N T A N  
**GUILLERMO HINOJOSA PEREZ**  
**MARIO JAVIER JIMENEZ HUIZAR**

DIRECTOR DE TESIS: M.C. AMANDA GOMEZ GONZALEZ  
CODIRECTOR: M.C. JORGE BECERRA TURRUBIATES



MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos permitido concluir una carrera profesional y finalizar este trabajo de tesis.

A mis padres Guillermo Hinojosa Padilla y Teresa Pérez Luna : A quienes espero corresponder por el gran apoyo, comprensión y constante aliento brindados, y porque sea un adelanto de las muchas satisfacciones que merecen.

A mis hermanas, Tere y Vivis por su cariño y apoyo.

A mi tía Chelo por su cariño.

Nuestro especial agradecimiento para :

M.C. Amanda Gómez González

porque sin su apoyo y aliento no se hubiera llevado a feliz término este trabajo. Gracias.

Un especial agradecimiento para :

M.C. Jorge Becerra Turrubiates

por el apoyo brindado en la redacción del presente trabajo, siempre con interés y entusiasmo. Gracias.

Queremos agradecer a las siguientes personas su valiosa colaboración en la documentación de este trabajo de tesis :

- Ing. Héctor Ayala Romero
- Gerente Comercial de Servicio Móvil y Rural
- Telecomunicaciones de México (TELECOMM)
  
- L.A.E. David López Mendoza
- Coordinador de Servicios Móviles Vía INMARSAT
- Telecomunicaciones de México (TELECOMM)

Agradecemos a los profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM sus enseñanzas y consejos, y a la Facultad de Ingeniería.

A Dios por habernos permitido concluir una carrera profesional y finalizar este trabajo de tesis.

A mis padres Mario Jiménez Monjaráz y Esperanza Huízar Martínez : A quienes espero corresponder por el gran apoyo, comprensión y constante aliento brindados, y porque sea un adelanto de las muchas satisfacciones que merecen.

A mis hermanos, Laura, Oscar, Jorge, Gustavo y Hugo por todo su apoyo.

Nuestro especial agradecimiento para :

M.C. Amanda Gómez González

porque sin su apoyo y aliento no se hubiera llevado a feliz término este trabajo. Gracias.

Un especial agradecimiento para :

M.C. Jorge Becerra Turrubiates

por el apoyo brindado en la redacción del presente trabajo, siempre con interés y entusiasmo. Gracias.

Queremos agradecer a las siguientes personas su valiosa colaboración en la documentación de este trabajo de tesis :

- Ing. Héctor Ayala Romero
- Gerente Comercial de Servicio Móvil y Rural
- Telecomunicaciones de México (TELECOMM)
  
- L.A.E. David López Mendoza
- Coordinador de Servicios Móviles Vía INMARSAT
- Telecomunicaciones de México (TELECOMM)

Agradecemos a los profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM sus enseñanzas y consejos, y a la Facultad de Ingeniería.

## ÍNDICE

Tema	Página
<b>1. Introducción</b>	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivo	1
1.3 Metas	1
1.4 Organización del trabajo	2
<b>2. Los sistemas de comunicaciones via satélite INMARSAT</b>	3
2.1 Antecedentes	3
2.1.1 Organización Estructural	5
2.1.2 El sistema INMARSAT	5
2.2 Segmento Espacial	7
2.3 Segmento Terrestre	10
2.3.1 Estación Terrena Costera	10
2.3.2 Estación de Coordinación de Red	11
2.3.3 Centro de Control de Satélites	11
2.3.4 Centro de Control de Red	12
2.4 Segmento Móvil	12
2.4.1 INMARSAT-A	13
2.4.2 INMARSAT-C	14
2.4.3 INMARSAT-B	15
2.4.4. INMARSAT-M	16
2.4.5 INMARSAT Aero-L/H/C	18
2.4.6 INMARSAT-P	19
2.4.7 INMARSAT-D	19
2.4.8 Proyecto 21	20

Tema	Página
<b>3. Estándar M INMARSAT</b>	23
3.1 Introducción	23
3.2 Generalidades	25
3.3 Estaciones Terrenas Móviles (MES-Mobile Earth Station)	42
3.3.1 Equipo de una MES	42
3.4 Estaciones Terrenas Terrestres (LES-Land Earth Station)	43
3.5 Estaciones de Coordinación de Red (NCS-Network Coordination Station)	44
3.6 Señalización Inter-Estaciones	45
3.7 Objetivos de Funcionamiento de Canal	45
3.8 Servicios de Telefonía	47
3.8.1 Generalidades	47
3.8.2 Plan de Numeración	48
3.8.2.1 Identificación de una MES	48
3.8.2.2 Llamadas Originadas en la MES	49
3.8.2.3 Llamadas de Origen Fijo	49
3.9 Servicio Opcional de Datos a 2.4 kbit/seg	53
3.9.1 Generalidades	53
3.10 Servicio Opcional de Facsímil Grupo 3 del CCITT	59
3.10.1 Generalidades	59
3.11 Llamadas de Grupo	64
3.11.1 Generalidades	64
3.11.2 Llamadas de Grupo Normal	65
<b>4. Administración del Sistema INMARSAT-M</b>	66
4.1 Acceso al Sistema	66
4.2 Métodos de Acceso al Canal	67
4.2.1 Control de Acceso y Señalización	67
4.2.2 Administración del Canal	70
4.2.3 Conceptos de la Unidad de Señalización	70
4.3 Operación "Stand-Alone" de la LES	71
4.4 Boletín de Información	72
4.5 Identificación Satelital del Haz-Píncel	73
4.6 Control de Potencia	74
4.7 Manejo del Sistema	76
4.7.1 Sistema de Inicialización de la MES	76
4.7.2 Cambio de Frecuencia del Canal NCSC y Falla de la NCS	76
4.7.3 Cambio de Región Oceánica o Satélite	77
4.7.4 Administración de las Listas MES "busy" en la MES y NCS	77
4.7.6 Señalización del Ángulo de Azimuth de la Antena de la MES	79

Tema	Página
4.7.7 Proceso sobre la puesta en servicio de la MES	80
4.7.8 Llamadas Dúplex y Simplex	81
4.7.9 Reconocimiento de Llamadas Simplex de Origen Fijo	81
4.7.10 Borrada Anormal de una Llamada	82
4.7.11 Señalización de la Categoría de una MES	82
4.7.12 Funciones de Señalización de Socorro de la MES	83
4.7.13 Registro Oceánico de la MES	83
4.7.14 Mecanismos de "Registro de la Región Oceánica"	84
<b>5. Técnicas de Modulación, Codificación y Acceso de INMARSAT-M</b>	<b>85</b>
5.1 Modulación Digital	86
5.1.1 Modulación BPSK	87
5.1.2 Modulación QPSK	91
5.1.3 Modulación OQPSK	93
5.2 Codificación Convolutiva	94
5.2.1 Representación Polinomial	95
5.2.2 Diagrama de Estado	97
5.2.3 Diagrama de Trellis	97
5.2.4 Consideraciones Para Códigos Convolutivos	100
5.2.5 Algoritmo de Decodificación "Soft Decision"	100
5.2.5.1 Algoritmo Viterbi	102
5.3 Técnicas de Acceso al Satélite	106
5.3.1 TDM	106
5.3.2 FDMA	106
5.3.3 TDMA	107
5.3.4 SCPC/FDMA	108
5.3.5 ALOHA	110
5.3.5.1 ALOHA Ranurado	110

Tema	Página
<b>6. El Caso Mexicano Con Las Terminales Estándar M</b>	112
6.1 Introducción al Servicio de Comunicaciones Móviles Via Satélite en México	112
6.2 Sistema Solidaridad	114
6.2.1 Sistema MOVISAT	114
6.2.1.1 Sistema MOVISAT-VOZ	114
6.2.1.2 Sistema MOVISAT-DATOS	117
6.3 Sistema INMARSAT-M	121
6.4 Cuestiones Normativas y Reguladoras	126
<b>7. Conclusiones, Aportaciones y Recomendaciones</b>	130
7.1 Conclusiones	130
7.2 Aportaciones	132
7.3 Recomendaciones	133
Abreviaciones y Glosario	134
Bibliografía	136
Anexo A : Formato de comisionamiento de una estación INMARSAT-M	138

### **Lista de Tablas**

Tabla	Página
1 Estado Actual de los Satélites Operando los Estándares INMARSAT	8
2 Parámetros Importantes de los Satélites de INMARSAT	9
3 Características Físicas y Técnicas de las SESs	21
3a Rango Aproximado de Precios y Cargos	22
4 Canales de Señalización y Comunicaciones	40
5 Objetivos de Desempeño de los Canales INMARSAT-M	46
6 Indicaciones DCE a DTE (Hayes) Recomendadas	58
7 Parámetros de Trama del Canal SCPC	62
8 Servicios y Tipos de Canales	85
9 Características de los Esquemas de Acceso Múltiple	111

## Lista de Figuras

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1a	Cobertura del Sistema INMARSAT-A/C	4
1b	Cobertura del Sistema INMARSAT-AERO	4i
2	Arquitectura General del Sistema INMARSAT	6
3	Configuración de la Red INMARSAT	24
4	Canales de Comunicación y Señalización	27
5	Configuración Física de Canal	28
6	Diagramas de Estado	30
7	Diagramas de Estado	31
8	Canales SCPC Modo Voz	33
9	Canales SCPC Modo Datos	34
10	Canales SCPC Modo Voz	36
11	Ejemplo de la Configuración del Sistema Hilo a Hilo (Datos)	55
12	Ejemplo de la Configuración del Sistema Hilo a Hilo (Facsimil)	61
13	Modulación BPSK	88
14	BPSK en el Dominio de la Fase	89
15	Diagrama de Trellis	99
16	Proceso de Decodificación Viterbi	105
17	Principio de Acceso Múltiple	109
18	Cobertura del sistema INMARSAT-B/M	122

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

La comunicación móvil satelital es una herramienta para el desarrollo socioeconómico y el progreso tecnológico: permite mejorar la competitividad y genera empleo productivo; contribuye a la integración económica y cultural.

En muchos países en desarrollo las redes terrestres de telecomunicaciones resultan insuficientes para atender la demanda en grandes áreas rurales y distantes, esto se traduce, de cara a las naciones industrializadas, en una triple brecha de la información, la competitividad y el desarrollo.

En una red de comunicaciones móviles la terminal móvil es una de las partes más importantes, pues da acceso al usuario al sistema satelital móvil mediante un aparato portátil, sencilla de manejar y fácil de interconectar con equipo de telefonía y cómputo.

### **1.2 Objetivo**

Profundizar en el estudio de la tecnología de las terminales INMARSAT estándar M para comprender y utilizar más apropiadamente sus recursos disponibles. Analizar las ventajas y desventajas que se tendrían al contar con una estación de interconexión con carácter internacional en México.

### **1.3 Metas**

Las metas propuestas al inicio del desarrollo de este trabajo son:

1. Describir el principio de operación del sistema INMARSAT a nivel mundial y sus características principales.
2. Conocer las características técnicas de las terminales INMARSAT.
3. Describir las técnicas de modulación, codificación y acceso al satélite dentro del marco de las comunicaciones móviles satelitales.
4. Mencionar los beneficios que obtendría un usuario del sistema INMARSAT-M al contar con una estación de interconexión en México.

#### **1.4 Organización del trabajo**

El presente trabajo se ha estructurado de la siguiente forma para un mejor entendimiento y con la finalidad de cubrir las metas anteriormente establecidas.

En el capítulo 2, se describe el sistema INMARSAT, incluyendo antecedentes, descripción de su infraestructura y servicios que brinda.

El capítulo 3, detalla el sistema móvil INMARSAT-M, aspectos de operación y capacidad del sistema.

En el capítulo 4, se explican aspectos referentes al manejo del sistema INMARSAT-M.

El capítulo 5, describe los aspectos técnicos de modulación, codificación y modos de acceso al satélite utilizados por INMARSAT-M.

En el capítulo 6, se describen los sistemas digitales de comunicación de voz y datos existentes en México, así como la situación con las terminales INMARSAT-M.

Finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas a través del desarrollo de éste trabajo, las recomendaciones propuestas, así como también las aportaciones realizadas al concluir este trabajo.

## 2. LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE INMARSAT

### 2.1 ANTECEDENTES

La Organización Internacional de Comunicaciones Móviles por Satélite INMARSAT (International Mobile Satellite Organization) fue establecida en 1979 como una consecuencia de lo convenido en la conferencia de 1975 por las principales naciones marítimas. Originalmente, INMARSAT fue creado con el objetivo de proporcionar apoyo a las comunicaciones marítimas, así como dar auxilio a las embarcaciones en caso de desastre. Hoy en día, suministra servicios marítimos, aéreos y terrestres los cuales son utilizados en más de 160 países, y en muchos casos ha sido la única opción de comunicaciones por razones geográficas. INMARSAT también debe gran parte de su éxito a la visión y diligencia de la Organización Marítima Internacional (IMO-International Maritime Organization), la cual tuvo un papel determinante en su creación.

Los servicios INMARSAT constituyen una valiosa extensión de las telecomunicaciones existentes y por ende un gran apoyo para el desarrollo de las comunicaciones.

En el mar, el servicio INMARSAT es utilizado por todo tipo de embarcaciones.

En el aire, los controladores aéreos utilizan el servicio como parte esencial del sistema de control de tráfico.

En tierra, los usuarios pueden llevar una estación terrena móvil a las regiones más aisladas y entrar en contacto a cualquier parte del mundo a través de los servicios de voz, fax, datos, etc.

En febrero de 1982, INMARSAT tomó oficialmente el control de los satélites Marisat que antes operaba COMSAT y desde entonces ha expandido su red de satélites.

Actualmente con 79 países y 11 satélites, INMARSAT es la única organización con cobertura en todo el mundo que proporciona servicios de comunicaciones móviles satelitales. En las figuras 1a y 1b se puede apreciar la cobertura del sistema INMARSAT para los estándares A, C, y Aeronáutico.

# Inmarsat-A and Inmarsat-C Coast Earth Stations

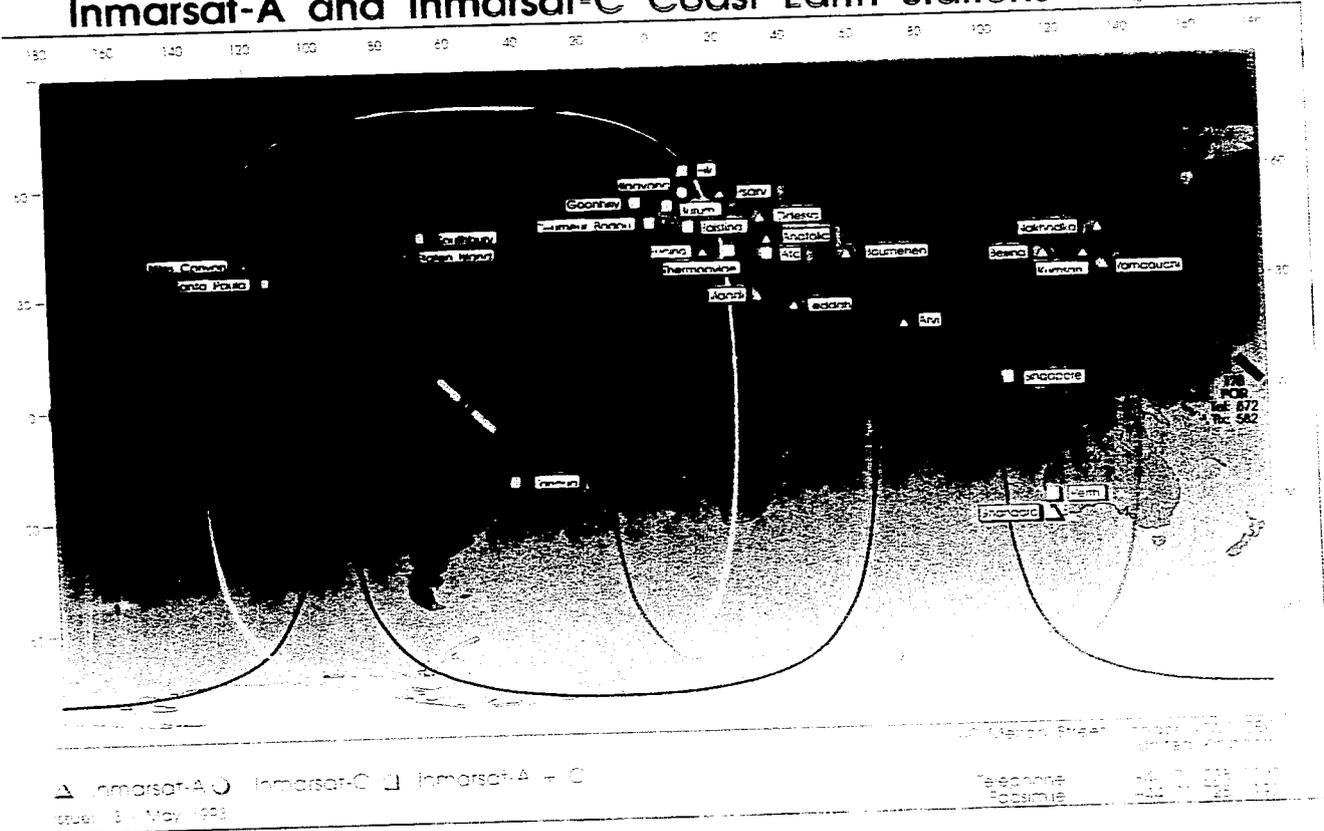
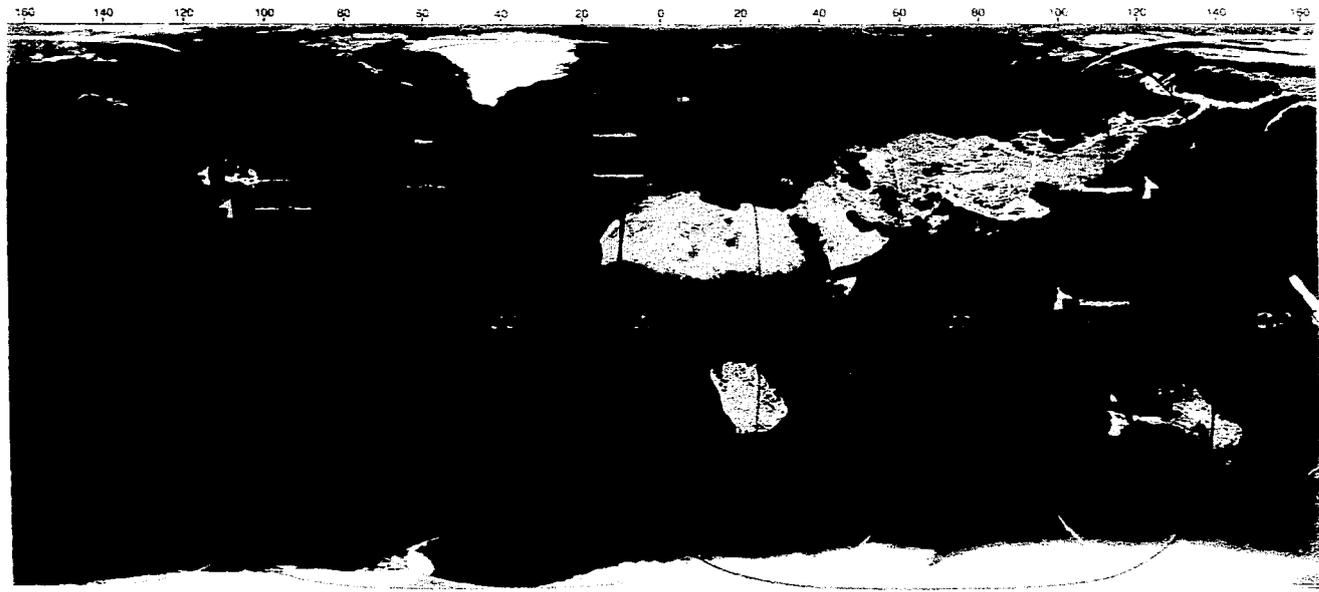


Fig.1a: Cobertura del Sistema INMARSAT-A/C.



# Worldwide Aeronautical Communication



Aeronautical Satellite Communications  
Inmarsat provides a worldwide aeronautical satellite communications  
service for aircraft operating between 60° North and 60° South. Satellites  
ground stations, that communicate with aircraft via the satellites  
connected with the International Telecommunications Network,  
ensuring high quality, and reliable worldwide voice and data  
communications to aircraft in flight.

Fig. 1b: Cobertura del Sistema INMARSAT-AERO.

**Inmarsat**  
**Aero**

### 2.1.1 Organización Estructural

De muchas formas la estructura organizacional de INMARSAT es similar a la de INTELSAT. Los países miembros conforman la Asamblea INMARSAT, donde cada país miembro tiene un voto. Esta Asamblea sesiona cada dos años para formular las políticas generales y objetivos a largo plazo que seguirá la organización, y para hacer recomendaciones al Consejo. Cada gobierno posee el derecho de seleccionar a un signatario del Acuerdo Operativo INMARSAT, el cual puede pertenecer al sector público o privado de dicho país. La Asamblea se encarga en primera instancia de formular los estándares financieros, técnicos y de operación para todo el sistema.

De la Asamblea general se deriva el Consejo INMARSAT, que consta de 22 miembros, salidos 18 de los signatarios (o grupos de signatarios) con más alto porcentaje de inversión y 4 de los más altos inversionistas elegidos por la Asamblea. El Consejo sesiona tres veces al año con el fin de implementar las políticas dictadas por la Asamblea, y es el encargado de controlar las actividades de la Junta Directiva. Posee también diversos comités que tienen la responsabilidad de estudiar aspectos particulares de la organización, así como de hacer las recomendaciones pertinentes al consejo. Tres de los más importantes son el Comité Consultivo en Asuntos Técnicos y Operativos (ACTOM), el Comité de Finanzas y el Comité de Planeación de Tráfico, [Slack, 1990].

Existe un Director General nombrado por la Asamblea, que se encarga del manejo diario de la organización apoyado por un grupo ejecutivo (Junta Directiva) asignado a las oficinas centrales en Londres, Inglaterra.

El financiamiento de la organización se lleva a cabo de dos maneras. La primera es por medio de las cuotas que pagan los países miembros dependiendo del uso que le den a la red de comunicación, y la segunda, mediante la inversión directa en la organización. Esto último le proporciona al país inversionista la ventaja de reducir sus cuotas de pago de uso del sistema de forma directamente proporcional a la inversión realizada. Si algún signatario realiza inversiones se le reduce el 14% anual sobre la cantidad que invirtió.

### 2.1.2 El Sistema INMARSAT

La red INMARSAT se compone básicamente de cuatro elementos: las Estaciones Terrenas Costeras (ETC) o "Coast Earth Stations" (CESs), las Estaciones Terrenas de Barcos (ETB) o Ship Earth Stations (SESs), las Estaciones Coordinadoras de Red (ECR) o "Network Coordination Stations" (NCSs) y el Segmento Espacial. Las SESs o terminales, son transreceptoras con más de 17 000 equipos en uso en barcos, aviones y en tierra. Estas terminales transmiten a 1.6 GHz hacia satélites geostacionarios localizados sobre los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. En la figura 2 se puede apreciar la arquitectura general del sistema INMARSAT.

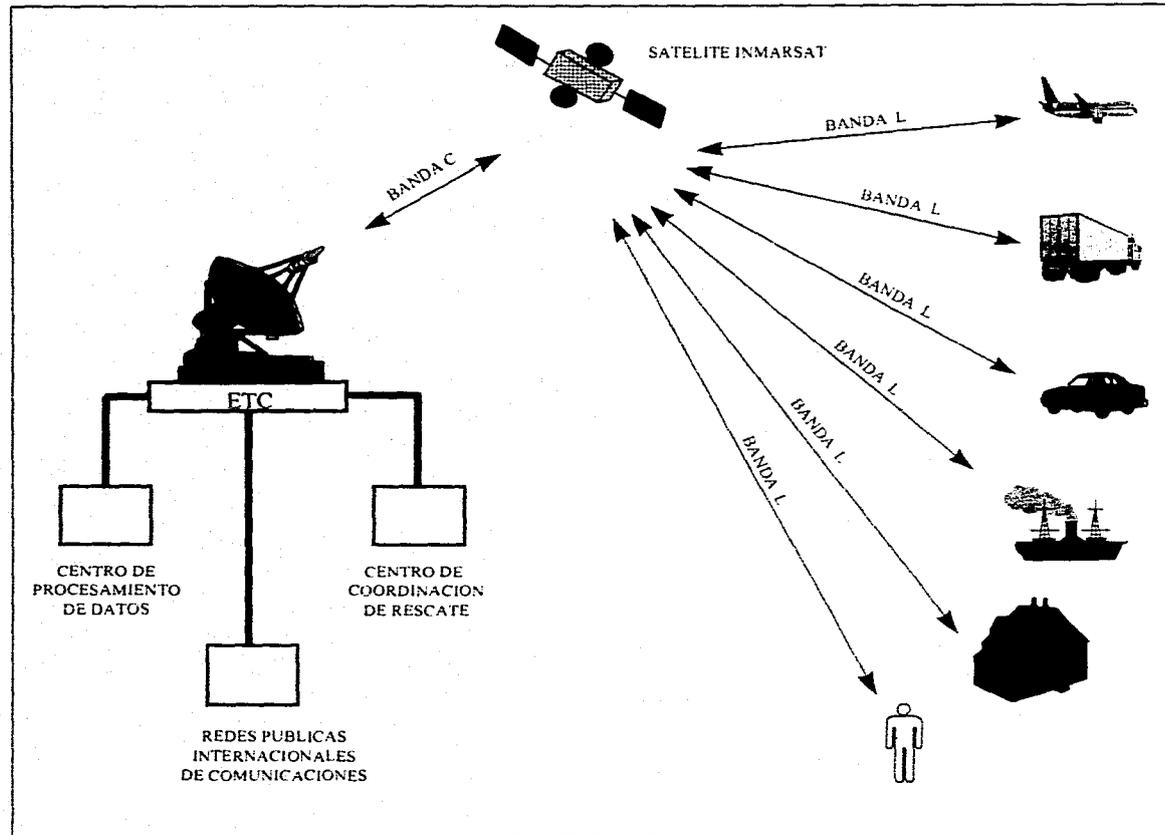


Fig.2 : Arquitectura General del Sistema Inmarsat

Los satélites convierten la señal de 1.6 GHz a 4 GHz y la transmiten a la red de CESs conectadas con el Centro de Control de Red (CCR) o "Network Control Centre" (NCC) localizado en Londres, a través de las 4 NCS (una por cada región oceánica: AOR-W(Atlántico-Oeste), AOR-E(Atlántico-Este), IOR(Océano-Índico), POR(Océano-Pacífico)). Las NCS se encargan de la interconexión con las redes públicas de comunicaciones, proporcionando las interfases adecuadas. Las transmisiones de las CESs hacia las terminales, son enviadas al satélite en 6 GHz, convertidas a 1.5 GHz y retransmitidas a las terminales móviles.

Los servicios principales que proporciona el sistema INMARSAT son:

- \* Telefonía
- \* Transmisión de Datos
- \* Télex
- \* Facsímil
- \* Comunicaciones de Emergencia y Seguridad
- \* Correo Electrónico

## 2.2 SEGMENTO ESPACIAL

El espacio satelital de INMARSAT se basó inicialmente en los satélites Marisat operados por COMSAT. Tres satélites fueron lanzados al espacio durante 1975 y 1976 y rentados a INMARSAT cuando esta inició sus operaciones como organización. INMARSAT rentó el satélite Marecs B2 de la Agencia Espacial Europea (ESA-European Space Agency). En adición, INMARSAT rentó también capacidad en la generación de satélites Intelsat V, los cuales poseen un Subsistema de Comunicaciones Marítimas (MCS). Con esto se formó el segmento espacial inicial que permitió a INMARSAT brindar un servicio de comunicaciones mundiales.

En abril de 1985, INMARSAT firmó un contrato de 150 millones de dólares con el consorcio internacional British Aerospace, principal contratista, por la construcción de cuatro satélites INMARSAT-2. El primero de éstos fue puesto en órbita en octubre de 1990, dos más en marzo y diciembre de 1991, y el cuarto y último de la generación en abril de 1992.

La segunda generación de satélites se desarrolló con base en la plataforma Eurostar desarrollada por British Aerospace y Matra (ambos ahora parte de Matra Marconi Space), con la ayuda de Hughes Aircraft quien provee la parte de comunicaciones. Dentro de las características más importantes, el enlace SES-CES se dividió en cuatro bandas cada una manejada por un "transponder". Una fue asignada para transmitir el tráfico SES-CES en un sólo sentido; otra sirve para los usuarios aeronáuticos, los Radios Faras de Emergencia Indicadores de posición (EPIRBs) y las terminales Estándar C. Los dos últimos sirven a las estaciones Estándar A.

A partir de 1991 se ordenó la construcción de cinco nuevos satélites-uno de respaldo y cuatro operacionales-(INMARSAT-3), cuatro de ellos actualmente bajo construcción. El primer satélite fue lanzado en abril de 1996, y los otros lo harán en intervalos de cuatro a seis meses entre 1996 y 1997. Cada satélite esta programado para estar en servicio comercial aproximadamente dos meses después de su lanzamiento. Cuando todos los satélites INMARSAT-3 estén en órbita, los INMARSAT-2 actuarán como satélites de respaldo.

Esta nueva generación será desarrollada por Lockheed Martin como principal contratista proporcionando la plataforma de los satélites, y por Matra Mareoni Space quien provee la parte de comunicaciones incluyendo los "transponders" y las antenas. Tendrá 10 veces la capacidad de los satélites de la segunda generación y 20 veces más potencia que la primera generación. podrán manejar hasta 1 000 llamadas telefónicas a la vez y contarán con haces dirigidos en las zonas de mayor tráfico. Contará, como base principal, con dos "transponders" independientes desarrollados todos en la electrónica de estado sólido. Uno será el que funcione en el enlace CES-SES y otro funcionará para la parte SES-CES.

INMARSAT-3 es el primer sistema satelital comercial que contará con un "transponder" de navegación, diseñado para mejorar la precisión, eficacia e integridad de los sistemas de navegación satelital GPS y GLONASS. Además, soportará enlaces móvil-móvil.

INMARSAT cuenta con 11 satélites en uso :

- 3 Satélites Marisat (F1, F2 y F3 de COMSAT).
- 1 Satélite Marecs (B2 de la ESA).
- 2 Satélites Intelsat V (MCS-A y B de INTELSAT).
- 4 Satélites INMARSAT 2 (F1, F2, F3 y F4 de INMARSAT).
- 1 Satélite INMARSAT 3 (F1 de INMARSAT).

En la tabla 1 se muestran las regiones en donde se encuentran, sus posiciones orbitales, su fecha de lanzamiento y la condición en que se encuentran.

REGION	SATELITE	UBICACION	LANZAMIENTO	ESTADO
AOR-W	INMARSAT-2 F4	54.0° W	15-04-1992	OPERACIONAL
	INTELSAT V MCS-B	31.5° W	19-05-1983	RESPALDO
	MARISAT F1	106.5° W	19-02-1976	RESPALDO
AOR-E	INMARSAT-2 F2	15.5° W	08-03-1991	OPERACIONAL
	MARECS B2	15.0° W	09-11-1984	RESPALDO
IOR	INMARSAT-2 F1	64.4° E	30-10-1990	OPERACIONAL
	INTELSAT V MCS-A	64.9° E	28-09-1982	RESPALDO
	MARISAT F2	72.5° E	14-10-1976	RESPALDO
POR	INMARSAT-2 F3	178.0° E	16-12-1991	OPERACIONAL
	MARISAT-F3	177.0° E	04-03-1985	RESPALDO
	INMARSAT-3 F1	64.0° E	24-04-1996	OPERACIONAL

Tabla 1: Estado actual de los satélites operando los estándares INMARSAT.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros más importantes de los Satélites INMARSAT.

Parámetro	Marisat	Marecs	Intelsat V	Inmarsat 2	Inmarsat 3
Año de Operación	1976	1984	1982	1990	1996
Tipo de satélite (estabilización)	Por Giro	En tres ejes	En tres ejes	En tres ejes	En tres ejes
Vida útil (años)	5	7	10	10	13
Masa en órbita	326.2 kg	285.8 kg	1870 kg	800 kg	1568 kg
Pire (Banda L)	27 dBW	34.5 dBW	33 dBW	39 dBW	48 dBW
Pire (Banda C)	18 dBW	16.5 dBW	20 dBW	24 dBW	-
G/T (dB/K)	-17.0	-11.2	-13.0	-10.0	-5.5
Potencia (Watts)	330	760	1000	1200	2800
Capacidad (No. de canales)	10	60	32	125	1000
Cobertura	Global	Global	Global	Global	Global + 5 Haces
Frecuencias (GHz)					
LES a MES	6.4/1.5	6.4/1.5	6.4/1.5	6.4/1.5	6.4/1.5
MES a LES	1.6/4.1	1.6/4.2	1.6/4.2	1.6/3.6	1.6/3.6
Ancho de Banda	4/4 MHz	5/6 MHz	7.5/8 MHz	18/23 MHz	34/34 MHz
Avance/Retorno					

TABLA 2: Parámetros importantes de los satélites de INMARSAT.

## 2.3 SEGMENTO TERRESTRE

El segmento terrestre de INMARSAT se compone de las Estaciones Terrenas Costeras (CES), de las Estaciones de Coordinación de Red (NCS), del Centro de Control de Satélites (SCC) y del Centro de Control de Red (NCC). Todos estos elementos forman un esquema de operación por control centralizado, de tal suerte que los recursos pueden ser asignados dinámicamente para lograr su mayor eficiencia [INMARSAT,1992].

### 2.3.1 Estación Terrena Costera

Una CES dispone las interfases apropiadas entre las redes terrestres de telecomunicaciones y las MES, comunicándolas a través de un enlace satelital. Generalmente, una CES incluye una antena parabólica grande (más de 11 metros), subsistemas de equipo de transmisión y recepción, y equipo de conmutación. Este último es el eje principal de la estación, pues permite conectar llamadas e identificar todo el tráfico.

El equipamiento de una CES varía ampliamente, dependiendo del año de instalación número y tipo de servicios ofrecidos. Estos servicios incluyen llamadas automáticas para telefonía y télex, servicio de operadora, asistencia técnica, llamadas por cobrar y con tarjeta de crédito, posibilidades de verificación automática, servicio de telegrama, modos de almacenamiento y envío (store & forward), llamadas de grupo, fax, transmisión de datos a diferentes velocidades y tipos, correo electrónico, y el servicio de INMARSAT Llamada de Grupo Ampliada o EGC (Enhanced Group Call). La mayoría proporciona también apoyo para emergencias, estado del tiempo, navegación, auxilio en desastres y posicionamiento global. Algunas planean introducir capacidad de transmitir video a las MES que cuenten con el equipo apropiado.

Las principales funciones de una CES son: asignar canales, habilitar la comunicación en respuesta a las peticiones originadas tanto en las redes de telecomunicaciones como en las MES, y llevar un registro de todas las llamadas. [Williamson, 1989].

### **2.3.2 Estación de Coordinación de Red**

La Estación de Coordinación de la Red o NCS, es la parte del sistema encargada de coordinar la actividad de las CES y de las SES, así como la interacción entre ambas.

Existen cuatro NCS, una por cada región oceánica (AOR-W, AOR-E, IOR, POR). Cada NCS mantiene el registro de las SES activas en la región, distribuyendo una copia de ésta a cada CES lo cual en su momento se usa para aceptar o rechazar las llamadas originadas en tierra. Dado que las CES pueden operar sus canales de tráfico en un modo de asignación por demanda, las NCS asignan canales con base en las necesidades. Además se encargan de coordinar la señalización y el control del tráfico.

Cada Estación de Coordinación de Red transmite un canal común que es sintonizado por todas las SES aún cuando no están participando en una transferencia de información. Este canal es el que se usa para transmitirle a la SES la información de emergencia, tiempo, llamadas en espera, estado de peticiones y en especial para asignar los canales de comunicación entre la CES y la SES.

Es importante detallar que las NCS son las encargadas de proporcionar las facilidades para efectuar las pruebas de inicio de operación de las CES. Las NCS se encargan de monitorear todos los parámetros de funcionamiento de la nueva estación CES y en su oportunidad proporciona el visto bueno para que ésta opere dentro del sistema INMARSAT.

### **2.3.3 Centro de Control de Satélites**

INMARSAT opera con 4 Centros de Control de Satélites o SCC. Estos centros son responsables del manejo físico de los diferentes tipos de satélites que operan en el sistema. Tres de ellos no dependen de la administración de INMARSAT. El control del satélite Marecs B2 se realiza en el centro de control de la ESA en Darmstadt, Alemania. Para los satélites Intelsat V y Marisat los centros de INTELSAT y COMSAT respectivamente están en Washington D.C., E.U. Los satélites INMARSAT 2/3 se controlan desde el centro de control establecido en las oficinas principales en Londres, Inglaterra.

Cada SCC recibe información operacional detallada por telemetría, que permite monitorear el funcionamiento adecuado del satélite. Esta información incluye la orientación del satélite, cantidad de combustible disponible y condición de los subsistemas a bordo.

### **2.3.4 Centro de Control de Red**

El Centro de Control de Red (NCC) está ubicado en Londres, Inglaterra. Este se encarga de monitorear, coordinar y controlar la actividad de los centros de control de los satélites, las NCS y las CES. Aquí se reciben reportes detallados de como se está desempeñando todo el sistema, las CES y los satélites, y provee información operacional básica.

Aquí se coordina la transferencia del tráfico de un satélite establecido a otro lanzado más recientemente en cada región oceánica. En caso de falla de uno que se encuentre en estado operacional, el NCC se encarga de controlar el cambio de tráfico a uno de respaldo en conjunto con los SCC, las NCS y las CES de la región afectada.

El NCC cuenta con líneas directas dedicadas a los centros de control de satélites de las tres organizaciones encargadas de la operación de los satélites. También usa dos MES colocadas en el techo del edificio principal de INMARSAT, las cuales operan en las regiones Atlántica e Índica. Estas MES permiten al personal del NCC verificar directamente el nivel de servicio que se está ofreciendo, y de ésta forma obtener datos para conocer como está fluyendo la información a través de cada satélite. Además, el centro es la llave administrativa que permite mantener una base de datos detallada de todos los usuarios registrados para operar dentro del sistema INMARSAT.

El NCC opera las 24 horas del día, los 365 días del año. Los operadores de éste generalmente son técnicos que previamente han trabajado en CESs o en centros de control de satélites, y provienen de diversos países resaltándose así el carácter multinacional de INMARSAT.

## **2.4 SEGMENTO MÓVIL**

Actualmente el segmento móvil de INMARSAT es muy variado, y las perspectivas de aplicación cada vez tienden a obtener comunicaciones con cobertura mundial, a menor costo y con mayor calidad. La parte móvil se divide de acuerdo a los tipos de terminales y los servicios que prestan, denominados en su conjunto como normas o estándares de INMARSAT.

## 2.4.1 INMARSAT-A

La terminal móvil Estándar A fue el primer estándar en operación de INMARSAT. Fue diseñada para brindar servicios analógicos de telefonía y télex en buques de gran tamaño.

El sistema INMARSAT Estándar A se soporta en las cuatro redes independientes oceánicas. Cada red contiene los elementos fundamentales del sistema INMARSAT. Las Estaciones Terrestres Costeras actúan como "gateway" entre la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada) y el segmento espacial. Los signatarios que operan estas CES son responsables de las conexiones en tierra a la RTPC. El Estándar A ha estado en servicio por más de 10 años, y durante los años más recientes se ha venido mejorando el diseño de la terminal e incrementando los servicios que puede prestar. En adición a los dos servicios primarios, actualmente el Estándar A permite el envío de datos y fax grupo 3 a través del canal telefónico. La velocidad de la línea (2400, 4800, 9200 bits por segundo) es determinada por la conexión terrestre.

Cada terminal consta de equipo terminal de comunicaciones capaz de transmitir télex, telefonía y datos a bajas velocidades, hacia y desde cualquier red de comunicaciones del mundo. Las más modernas incluyen servicios de fax e incluso televisión. La terminal cuenta con una antena parabólica cuyo diámetro es normalmente inferior a un metro, y cuenta con equipo de seguimiento y estabilización que le permiten apuntar siempre al satélite, independientemente del movimiento del buque. Además, puede operar en condiciones meteorológicas extremas. Dentro de los servicios que se ofrecen están también la llamada de grupo ampliada (EGC por sus siglas en inglés), utilizada para manejo de flotas de buques.

Recientemente, dos nuevos servicios han sido introducidos. Datos a Alta Velocidad (DAV) a 56 kbps-64 kbps y Datos a Alta Velocidad Dúplex (full) (DAVD). Actualmente los fabricantes de las terminales móviles dan estas servicios como opciones del equipo, lo cual consiste sólo en agregar un codificador y un modulador digitales. La interfaz típica para DAV es CCITT V.35 y RS-422. Para la operación completamente automática de DAVD, se adoptó la marcación de un sólo número. La llamada DAVD comienza como un circuito de voz full dúplex, y una vez establecida se cambia a un modo de datos. El desarrollo de estos servicios ha proporcionado una forma más efectiva de transmitir archivos de datos voluminosos, imágenes de video, e incluso es posible realizar videoconferencias en tiempo real. Se cuenta también con posibilidad de ofrecer voz de alta calidad (7.5 kHz) por ejemplo para noticieros en vivo, mediante la adición de un códec de audio Recomendación CCITT G.722, [Staffa,1993].

También se han desarrollado terminales Estándar A con capacidad para más de un canal de voz. Esto hace más eficiente el uso del sistema en lugares donde se requería más de una línea simultáneamente, y el espacio libre para colocar más de una antena estaba limitado. La primer terminal de cuatro canales que entró en operación fue en un crucero noruego en 1988.

La evolución tecnológica de las terminales ha sido dramática. Las primeras terminales medían varios metros cúbicos, pesaban más de 75 kg y consumían cerca de 400 watts durante la transmisión, para sólo brindar servicios de voz y/o télex. Actualmente el peso estándar de una terminal es de 23 kg incluyendo la antena plegadiza, su tamaño es el de una maleta de viaje y su consumo de 280 watts durante la transmisión, se puede suplir con baterías sin agregar peso o volumen. Además se ensamblan en pocos minutos y el sistema de orientación es muy simple.

El costo también se ha modificado substancialmente con el desarrollo de nuevas tecnologías. En sus inicios una terminal Estándar A costaba cerca de US\$50.000, mientras que ahora es posible encontrar terminales Estándar A por US\$25.000.

El proceso para efectuar una llamada telefónica desde una terminal móvil es muy simple. Un código de dos dígitos selecciona la estación costera deseada dentro de la región oceánica en la que se encuentre la terminal, normalmente se selecciona con base en el destino de la llamada, el precio o el servicio. En el caso de télex un pulsador único selecciona la llamada. A continuación el sistema asigna un circuito adecuado: marcando 00 seguido de los prefijos del país y de zona se puede obtener el número del abonado deseado. Para llamadas hacia las SES se puede marcar directamente de igual forma que una llamada internacional común, sólo hay que seleccionar el prefijo internacional correspondiente a la región oceánica en donde se encuentre. [Lara. 1992].

#### 2.4.2 INMARSAT-C

Este Estándar fue desarrollado para comunicaciones de datos a baja velocidad (600 bits/segundo). Aunque fue diseñada para satisfacer las necesidades de comunicaciones de cualquier barco de carga pequeño, de pesca o yates, se aplica también en tierra en camiones de carga, trenes, y vehículos en general. Puede considerarse como un enlace digital de uso general, lo cual significa que se podría utilizar para radiodifusión, interrogación secuencial y monitoreo.

El sistema opera en una base de transmisión de datos en paquetes que mediante la infraestructura satelital y terrestre de INMARSAT, se conecta a un amplio número de sistemas terrestres de mensajes, incluyendo télex, Redes de X.25, datos en banda de voz y varios servicios de correo electrónico.

La introducción de este sistema se basó en el uso de estaciones de bajo costo, compactas y de aplicación móvil. El sistema ofrece un servicio de comunicación de datos bidireccional con base en el método de almacenamiento y envío (store & forward). Ofrece además un servicio de radiodifusión oceánica conocido como Llamada de Grupo Ampliada o EGC, el cual se usa para difusión de mensajes de emergencia, seguridad, rutina o correspondencia.

Las terminales Estándar C para aplicaciones móviles en vehículos son de tamaño compacto (4500 cm<sup>3</sup>), su peso oscila en los 3.5 kg con una antena separada que incluye el amplificador de alta potencia y el amplificador de bajo ruido pesando cerca de 2 kg. La antena es omnidireccional y por ello no requiere posicionamiento para localizar la señal del satélite. Existen modelos portátiles, que vienen en pequeñas maletas y pesan alrededor de 4 kg incluyendo la antena. Estas terminales fueron la primera generación de productos para comunicaciones personales.

El principal atractivo de las terminales Estándar C es su relativo bajo costo y los económicos cargos por uso del sistema. Además su capacidad de interactuar con dispositivos periféricos vía su interfaz digital, dan lugar a su utilización en un número ilimitado de aplicaciones. El costo actual oscila entre US\$5-10.000.

### 2.4.3 INMARSAT-B

El Estándar B de INMARSAT comenzó su servicio comercial a fines de 1993. Esta es la versión digital de la terminal Estándar A y es capaz de operar con los haces dirigidos de la nueva generación de satélites INMARSAT 3. Esta nueva terminal se revela como un avanzado sistema digital que permite una utilización más eficiente del espacio satelital, con la consecuente disminución de los costos por operación. Esto ha resultado especialmente atractivo para los usuarios que manejan grandes volúmenes de información. Hablar de las terminales Estándar B en comparación con las de la Estándar A, es como hablar del disco compacto y los discos fonográficos.

El sistema brinda telefonía digital usando un algoritmo de codificación de voz de 16 kbps por segundo, télex hasta 24 kbps, datos a 16 y 9.6 kbps, y se contempla la transmisión de datos a alta velocidad full dúplex (DAVD) como estándar y fax grupo 3. Inicialmente está planeado que coexistan con las terminales Estándar A y posteriormente las reemplacen.

El canal de voz se basa en un canal de datos de 16 kbps. El proceso implica la conversión de la voz humana en una secuencia digital empleando un codec para voz, especialmente diseñado para INMARSAT. La estación terrena costera recibe la secuencia digital y la reconvierte a voz usando otro codec. Esto brinda mayor calidad en la comunicación pues las interferencias son mínimas, además de proveer una seguridad excelente.

Otro cambio significativo con respecto al Estándar A es la forma del manejo de los canales de datos. Mientras que en el Estándar A se envían los datos mediante un modem, utilizando el canal analógico de voz, en el Estándar B los canales para datos y fax se encuentran separados. Esto es un paso natural dadas las características digitales del canal básico de 16 kbps.

El requerimiento de -4 dB/K en la relación G/T es el mismo que el usado para el Estándar A, por lo que los requerimientos de las antenas son iguales. La diferencia de la tecnología empleada en el diseño permite que un modelo compacto sólo pese 18 kg incluyendo la antena tipo panel. La consideración de incluir como estándar DAVD permite que la terminal soporte hasta 8 teléfonos simultáneos o hasta 20 canales de datos. [Staffa, 1993].

El servicio más importante que puede proveer la terminal Estándar B es el canal de 64 Kbps para datos a alta velocidad, brindado como característica estándar de la terminal. Este canal se espera proporcione una excelente opción a todos los usuarios de sistemas Multimedia. La capacidad de usar este canal permite expandir hasta 11 canales de voz o 20 canales de datos en una sola terminal. Las videoconferencias, video en movimiento de 30 cuadros por segundo y otras aplicaciones generadas por las actividades actuales, serán fácilmente transmitidas por las terminales Estándar B.

El diseño del Estándar A implica un uso de 50 kHz del espectro con cada llamada telefónica. En cambio, la Estándar B solamente usa 20 kHz y requiere alrededor de la mitad de potencia que el satélite emplea en Estándar A. Esto ha llevado a una reducción de las tarifas. COMSAT, (operador de INMARSAT en USA) ha fijado un cargo para el Estándar B de \$6.95 dólares por minuto, esto es 30% menor que la tarifa básica del Estándar A. Algunos otros operadores han anunciado reducciones de hasta 44% en sus cargos [Brunstrom, 1993].

La prestación de los servicios ofrecidos por el Estándar B en todo el mundo, se contemplaba para septiembre de 1993. Se espera que a mediados de 1994, ya se encuentren más de 30 estaciones terrenas costeras en operación.

#### **2.4.4 INMARSAT-M**

En respuesta a la demanda de comunicaciones móviles satelitales que estuvieran en un sistema pequeño, ligero y barato, INMARSAT ha desarrollado el Estándar M. Este posee la terminal para comunicaciones por voz más barata, pequeña y ligera del mundo. Este nuevo Estándar es un estándar digital que proporciona servicios de telefonía digital, datos y facsímil grupo 3 a baja velocidad, con lo que se espera que el sistema sea utilizado por un número alto de usuarios.

El Estándar M tiene un control de acceso y subsistemas de señalización comunes al Estándar B. Esto permite que la implementación del sistema en las estaciones terrenas costeras sea más económico.

El sistema Estándar M brinda telefonía full dúplex empleando un canal SCPC (Single Channel Per Carrier) que soporta una tasa de 6.4 kbps para el codec de voz (incluyendo el FEC de tasa  $\frac{1}{4}$ ), en ambas direcciones. La tasa del canal es de 8 kbps. La calidad de voz obtenida es adecuada para su conexión con la red telefónica pública conmutada o RTPC. El Estándar M también proporciona los siguientes servicios: datos a 2400 bps en modos full dúplex y símplex originado en Tierra, fax grupo 3 a 2400 bps y llamadas de grupo originadas por usuario en Tierra para todos los servicios de comunicaciones. El secreto en la calidad de la voz es el codec, diseñado por Digital Voice Systems Incorporated que torna la voz humana normal en un formato digital que se transmite a 10 kHz, [Subramaniam, 1992].

Los canales de comunicaciones y señalización usan modulación digital y codificación. Las técnicas básicas de modulación y codificación son O-QPSK (Offset-Quaternary Phase Shift Keying) filtrado (60%) para los canales SCPC en ambas direcciones, BPSK(Binary Phase Shift Keying) filtrado (40%) para los canales de transmisión originados en la estación terrena, y BPSK sin filtrar para los canales de transmisión originados en la terminal móvil.

El consumo de potencia de la terminal Estándar M se ha reducido al mínimo por el empleo de los esquemas de modulación seleccionados. Además, el empleo de un amplificador de bajo costo, alta eficiencia, no lineal (Clase C) en el transmisor apoya aún más el ahorro. El uso de los haces dirigidos de las generaciones de satélites futuras permitirá una reducción de una cuarta parte de la potencia de transmisión. Al tener las terminales la capacidad de identificar el haz del satélite, pueden reducir automáticamente su PIRE en 6 dB. Esto se define al momento de realizar el establecimiento de una llamada, [Subramaniam, 1992].

Para las aplicaciones en Tierra existen 2 tipos básicos de terminales. Una sirve para su uso en vehículos y el otro para emplearse de forma totalmente portátil. Las terminales colocadas en un vehículo tienen 2 unidades. La unidad exterior consiste de una antena direccional, el amplificador de alta potencia, el amplificador de bajo ruido y el o los diplexores. La unidad interior consiste en el resto del equipo electrónico. La ganancia alta requerida para obtener una relación G/T de -12 dB/K, se proporciona con la antena direccional con seguimiento del satélite, lo cual genera una ganancia de aproximadamente 14 dBi.

La antena con la que el Estándar M ha iniciado su operación, se apoya en una antena de 5 elementos en arreglo de una dimensión, de forma espiral en una cavidad. Este tipo de antena se adoptó por su estructura simple, sus características de comportamiento en las frecuencias de transmisión y recepción, y su fácil producción en circuitos impresos.

Las unidades utilizadas en el servicio portátil están colocadas usualmente en maletas cuyas dimensiones son 450x300x80 mm. En esta valija se encuentra una antena desplegable o una fija, instalada bajo la cubierta de la maleta. Los arreglos utilizados hasta ahora, le han dado una ganancia de hasta 18 dBi. Esto permite a la terminal reducir su consumo de potencia y poder operar con baterías hasta por una hora sin necesidad de recargarlas, [Staffa, 1993].

Esta terminal es por su costo una excelente forma de contar con comunicaciones en lugares en donde estas facilidades no se tienen. Además, permiten a personas involucradas en muchas actividades externas contar siempre con acceso a la RTPC. El primer operador en brindar el servicio es COMSAT, y ha fijado una cuota de 5.50 USD el minuto para servicio marítimo, [Transat, 1993].

#### 2.4.5 INMARSAT Aero-L/H/C

En los inicios de 1989 se comenzó a ofrecer los servicios de comunicaciones aeronáuticas con el anuncio de la British Airways de la instalación de cabinas telefónicas comerciales en dos de sus aviones Boeing 747.

Dadas las condiciones de competencia y de necesidad de eficiencia en las comunicaciones aéreas se dieron grandes avances en la realización de una terminal aérea o Estación Terrena Aérea (ETA) con transmisión digital. Las principales aplicaciones se dan en las aerolíneas y se engloban en 3 grupos. El primero son los servicios de control de tráfico aéreo incluyendo las comunicaciones, navegación y sobrevivencia (CNS). Estos han sido revolucionados con la introducción de las comunicaciones satelitales, principalmente cuando la nave cruza por áreas remotas sobre el océano permitiéndole la transmisión regular al controlador de los datos de los sistemas de navegación a bordo.

Un segundo propósito es la operación de la aerolínea o mejor dicho, la administración y manejo de las naves y el desempeño de sus servicios. En esto es en lo que las aerolíneas están más interesadas por representar mayores beneficios económicos.

El tercer grupo de aplicaciones son los servicios al pasajero para acceder las redes públicas terrestres conmutadas, basado en el uso de teléfonos operados con tarjetas de crédito y enlaces de datos.

INMARSAT no provee el servicio aéreo como lo hace a nivel marítimo o terrestre. El desarrollo de Estándares, requerimientos y sus aplicaciones han sido desarrollados por varias corporaciones aéreas, jugando INMARSAT un papel principal. Las compañías independientes prestan sus servicios a través del sistema INMARSAT.

INMARSAT ha trabajado en conjunto con compañías de aviación en el diseño de la tecnología de las terminales. El trabajo se ha centrado en dos tipos de terminales: las de alta ganancia y las de baja ganancia, las primeras ofrecen servicios completos de voz, télex, datos y facsímil, mientras que las segundas sólo ofrecen télex y datos. Las terminales son puramente digitales, son complicadas de construir y muy caras de instalar. Los precios por aviación son del orden de los US\$300,000.

#### **2.4.6 INMARSAT-P**

Este Estándar se está desarrollando expandirá la frontera de las comunicaciones móviles personales, pues se contará con un teléfono portátil manual (tipo celular) que se podrá usar en cualquier parte del mundo.

Esta terminal nace de un concepto basado en el uso de un aparato similar al teléfono celular que pueda ser utilizado en cualquier parte del mundo. Así las características principales de la terminal serán su portabilidad, uso personalizado y maniabilidad. Su servicio básico será la telefonía y su operación será dual: celular donde exista este servicio o satelital donde no lo haya. Permitirá además la transmisión de fax grupo 3, radiolocalización, GPS y servicios de datos a 2400 bps.

El Estándar P permitirá una localización (roaming) global, con un sólo número de acceso. Tendrá la dimensión de un teléfono celular de regular tamaño, un peso de aproximadamente 750 g y un costo comercial estimado en 1500 USD. El costo operativo se prevee sea de 2 USD el minuto. Actualmente se encuentra en proceso de diseño final previéndose su introducción al mercado a finales de la década de los 90's. [INMARSAT, 1992].

#### **2.4.7 INMARSAT-D**

INMARSAT-D, el primer sistema mundial de radiobúsqueda, entrará al mercado a mediados de 1996. Los receptores de INMARSAT-D se servirán del sistema satelital de INMARSAT, y podrán almacenar y visualizar mensajes de hasta 128 caracteres de extensión. Actualmente está en construcción la primera estación terrena terrestre INMARSAT-D y se planea la construcción de otras.

Los abonados podrán recibir tono, mensajes numéricos y alfanuméricos, así como varios tipos de transmisión de datos. Al llamar, los abonados podrán enviar mensajes a varios usuarios simultáneamente y podrán elegir entre cuatro niveles de prioridad: prioritaria, urgente, normal y no crítica. Estarán protegidos contra la pérdida de mensajes, y podrán especificar la cantidad de retransmisiones que requieran.

Se está trabajando en varios tipos de receptor para introducirlos coincidiendo con el lanzamiento del servicio INMARSAT-D: Receptor de bolsillo, Receptor adaptado para uso en vehículos comerciales y terminales semifijas, Receptor integrado en las unidades de maletín INMARSAT-C o M.

#### **2.4.8 Proyecto 21**

INMARSAT se ha aventurado en un programa de desarrollo general usando servicios avanzados en comunicaciones móviles satelitales y empleando la tecnología de vanguardia, para ofrecer una gama de servicios personalizados de comunicaciones móviles satelitales al final de la década.

Este programa se denominó Proyecto 21, y se plantea objetivos a largo plazo para satisfacer uno de los últimos sueños del hombre: tener la posibilidad de comunicarse fácilmente desde y hacia cualquier parte del mundo. Proyecto 21 es una visión estratégica de desarrollo para enfrentar el siglo XXI.

El Proyecto 21 es un programa evolutivo, desarrollado con base en la tecnología existente y de punta. INMARSAT introducirá y expandirá estos nuevos servicios personales. Ofrecerá conectividad entre los servicios móviles satelitales y los servicios terrestres. El "por qué" de esta visión se debe a que la actividad humana se ha globalizado y lo hará más aún conforme transcurre el fin de este milenio. Las comunicaciones móviles para el año 2000 manejarán una industria cuyo volumen ascenderá a los 100 billones de dólares. [INMARSAT,1992].

Bajo el proyecto 21, INMARSAT introducirá una familia de servicios de comunicaciones móviles satelitales. Esta familia incluye cuatro servicios principales: el Estándar C de INMARSAT, el Estándar M, el Estándar D y el Estándar P. Los dos últimos son servicios que se planean introducir en 1996 y al final de la década respectivamente.

En la tabla 3 se resumen las características físicas y técnicas de las SESs (Ship Earth Stations-Estaciones Terrenas de Barcos), en tanto que el rango aproximado de precios y cargos para una MES (Mobile Earth Station-Estación Terrena Móvil) se muestra en la tabla 3a.

Características	Inmarsat-A	Inmarsat-B	Inmarsat-C	Inmarsat-M
Cobertura Mundial	Global	Global	Global	Global
Peso total promedio	100 kg	100 kg	10 kg	25 kg
Diámetro y altura de la antena (aprox.)	0.9-1.2m	0.9m	0.3m	0.5m
Tipo de antena y medio de seguimiento al satélite	Parabólica, dirigida mecánicamente y estabilizada por giroscopio	Parabólica, dirigida mecánicamente y estabilizada por giroscopio	Omnidireccional, sin partes móviles	Parabólica, dirigida mecánicamente y estabilizada por giroscopio
Tipo de Comunicaciones	Tiempo-real (inmediatas)	Tiempo-real (inmediatas)	Store & Forward	Tiempo-real (inmediatas)
<b>Servicios</b>				
Voz	9.6 kbit/s	16 kbit/s	No	6.4 kbit/s
Télex	Si	Si	Si	No
Fax Grupo 3	9.6 kbit/s	9.6 kbit/s	No	2.4 kbit/s
Datos	9.6 kbit/s	16 kbit/s	600 bit/s	2.4 kbit/s
X-25 (canal de datos dedicado)	Si	Si	Si	Si
X-400 (correo electrónico)	Si	Si (mejorado)	Si	Si (mejorado)
Datos a Alta Velocidad (kilobits/s)	56/64	56/64	No	No
Video (store & forward)	Si	Si	No	No

Tabla 3: Características Físicas y Técnicas de las SESs.

Servicios	Inmarsat-A	Inmarsat-B	Inmarsat-C	Inmarsat-M
Llamadas de Grupo	Si	Si (mejorado)	Si	Si (mejorado)
SafetyNet	Si, con receptor Inmarsat-C/EGC instalado	Si, con receptor Inmarsat-C/EGC instalado	Si	Si, con receptor Inmarsat-C/EGC instalado
FleetNet	Si, con receptor Inmarsat-C/EGC instalado	Si, con receptor Inmarsat-C/EGC instalado	Si	Si, con receptor Inmarsat-C/EGC instalado
<b>Emergencia y Seguridad</b>				
SMSSM (1)	Si	Si	Si	No
Función de Alerta	Si	Si	Si	Si

Continuación Tabla 3.

(1) SMSSM : Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Maritimos.

Equipo	Inmarsat-A	Inmarsat-B	Inmarsat-C	Inmarsat-M	Inmarsat-Aero
\$ MES	US\$15-30,000	US\$20-30,000	US\$5-10,000	US\$8-20,000	US\$250-350,000

Cargos	por minuto	por minuto	por kilobit	por minuto	-
Phone	US\$2.90-10	US\$2-7	-	US\$3-6	US\$8-10/min.
Télex	US\$2-4	US\$2-4	US\$1-1.50	-	-
Fax	US\$2.90-10	US\$2-7	-	US\$3-6	US\$15/pag.
Datos	US\$2.90-10	US\$2-7	US\$1-1.50	US\$3-6	US\$0.8-0.9kbit

Tabla 3a: Rango Aproximado de Precios y Cargos.

### 3. ESTÁNDAR M INMARSAT

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

INMARSAT-M es un sistema satelital de comunicaciones móviles que ofrece servicios de alta calidad de telefonía, facsimil (2.4 kbit/s) y datos (2.4 kbit/s) con cobertura en todo el mundo salvo los polos.

El sistema INMARSAT-M es completamente digital. Esto permite al usuario enviar información utilizando un ancho de banda y potencial satelital mínimas, lo cual reduce los gastos de funcionamiento y el consumo de la terminal.

Las terminales estándar M varían en forma y tamaño; las menores son más pequeñas que un maletín. Pueden ser fijas, transportables a mano o instalarse en vehículos o embarcaciones.

Las antenas tienen distintas dimensiones y proporciones, desde las versiones parabólicas para buques, dirigidas mecánicamente y estabilizadas por giroscopio, hasta sencillos sistemas de antenas planas y horizontales incorporadas a maletines.

El sistema INMARSAT-M está diseñado para lograr un alto grado de compatibilidad con el sistema INMARSAT-B a fin de minimizar los costos de equipo de las instalaciones terrenas fijas y móviles de INMARSAT-M y maximizar la eficiencia de utilización de los recursos del canal satelital.

Los operadores de la Estación Terrena Terrestre (LES) pueden, a su juicio, proporcionar servicios de facsimil y servicios de datos full-dúplex Grupo-3 del CCITT para ambas clases de usuarios de INMARSAT-M. Los enlaces hacia y desde las estaciones móviles son establecidos vía el segmento espacial de INMARSAT, el cual suministra una cobertura cercana-global, y el segmento terrestre asociado que es proporcionado a juicio de los signatarios de INMARSAT y en interfaz con las redes terrestres.

El sistema INMARSAT-M (fig.3) está compuesto de redes satelitales independientes comprendiendo satélites operacionales y facilidades de control en tierra, Estaciones Terrenas Móviles (MESs) y Estaciones Terrenas Terrestres (LESs) operando dentro del área de cobertura del satélite, y una Estación de Coordinación de Red (NCS) que provee sobre todas las redes el manejo de funciones, incluyendo las asignaciones para los servicios de canal único por portadora (SCPC). La NCS actúa también como respaldo para las LESs en el manejo de llamadas telefónicas de socorro de las MESs marítimas. Adicionalmente las LESs pueden proporcionar capacidades opcionales de señalización y asignación de canales para todas las llamadas SCPC en el caso de una falla en la NCS.

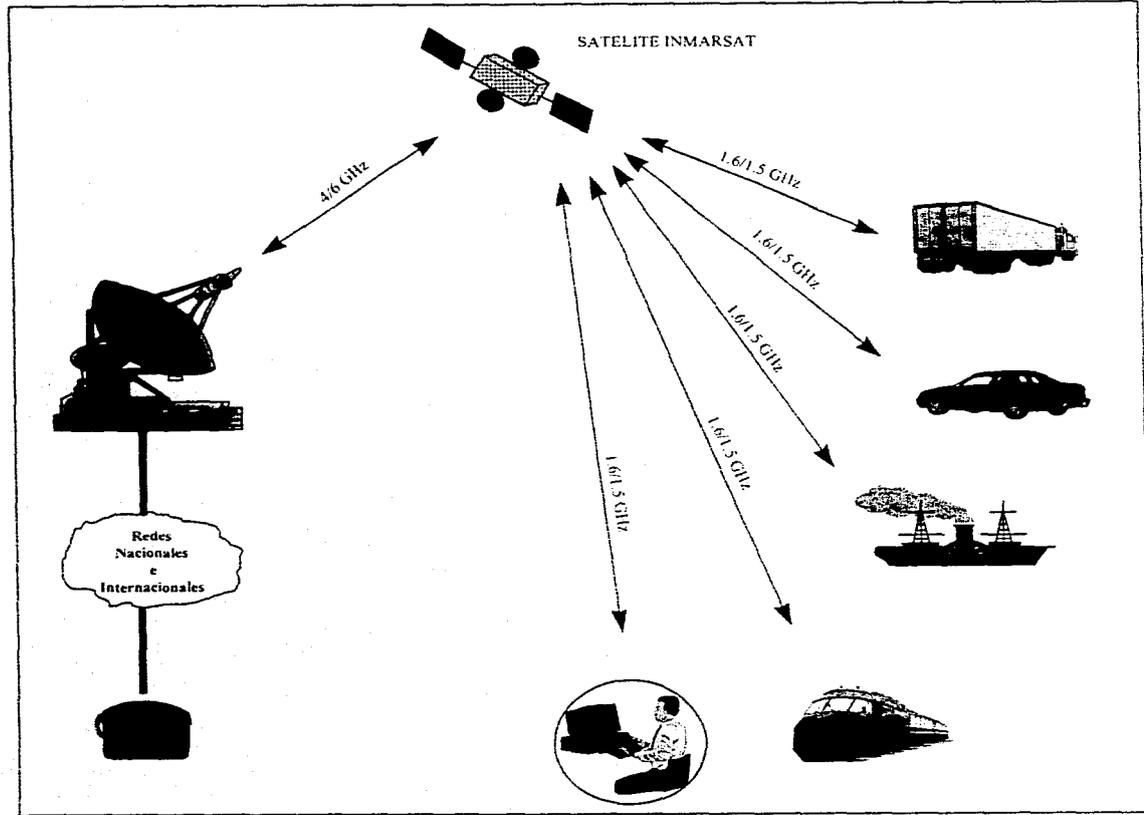


Fig 3 : Configuración de la Red Inmarsat-M

## 3.2 GENERALIDADES

3.2.1 Los elementos principales del sistema INMARSAT-M son los siguientes:

(a) Segmento Espacial

En particular, los "transponders" de los satélites de comunicaciones y las bandas de frecuencia asociadas asignadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y utilizadas por INMARSAT para el sistema INMARSAT-M.

(b) Estaciones Terrenas Móviles INMARSAT-M (MES)

Diseñadas, fabricadas, aprobadas, comisionadas y operadas según los requerimientos y procedimientos técnicos de INMARSAT-M. Estas se interconectan con el segmento espacial en banda "L" (1.5-1.6 GHz) para comunicarse con las LESs.

(c) Estaciones Terrenas Terrestres INMARSAT-M (LES)

Operan de acuerdo a los requerimientos técnicos establecidos por INMARSAT-M, y están interconectadas con el segmento espacial en banda "C" (4-6 GHz), banda "L", y las redes terrestres para comunicaciones con las MESs.

(d) Estación de Coordinación de la Red INMARSAT-M (NCS)

Localizadas en estaciones terrenas terrestres designadas, las cuales se interconectan con el segmento espacial en banda "C" y banda "L" para el propósito de señalización con la MES y la LES, y para el control total de la red y funciones de monitoreo.

3.2.2 Las funciones de estos cuatro elementos del sistema se combinan para formar los siguientes subsistemas principales de INMARSAT-M, los cuales están en acuerdo con los requerimientos del sistema INMARSAT-M.

(a) Subsistema de Comunicaciones

Proporciona los enlaces de comunicaciones (SCPC) satelitales en asignación por demanda entre la MES y la LES, con extensiones hacia y dentro de las redes terrestres. El mismo canal SCPC puede ser empleado ya sea para soportar servicios de voz, servicios opcionales de datos y señalización en banda bajo el control del Sistema de Control de Acceso y Señalización (ACSE).

**(b) Sistema de Control de Acceso y Señalización**

Proporciona los enlaces de señalización entre la MES, la LES y las NCSs. INMARSAT-M utilizará un Sistema de Control de Acceso y Señalización (ACSE) idéntico al de los servicios de telefonía de INMARSAT-B.

Ambos subsistemas están diseñados para permitir mejoras en futuras generaciones de MESs mientras mantengan el mismo software de control de acceso y señalización (por ejemplo, nuevos esquemas de codificación digital de voz y/o velocidades de canal pueden ser introducidos en fechas posteriores a fin de ajustar requerimientos adicionales que realicen los usuarios). Es un requerimiento obligatorio que la capacidad total sea proporcionada para generar y responder a todos los mensajes de señalización requeridos para los servicios proporcionados por las MESs y LESs.

Se recomienda que la LES y la MES sean equipadas con software con capacidades de expansión, ajustando todos los códigos de señalización apropiados, a fin de ser prontamente expandibles para proporcionar futuros ofrecimientos de servicio.

**3.2.3** Los canales funcionales del satélite utilizados para servicios de comunicación y señalización en el sistema INMARSAT-M se muestran en la figura 4 y se encuentran resumidos en la tabla 4. No obstante, un número de estos canales puede compartir la misma portadora física entre ellos mismos y también con canales de INMARSAT-B, especialmente durante los años iniciales de operación del sistema INMARSAT-M. Esta configuración física de canal se muestra en la figura 5 y los canales funcionales están enlistados en la tabla 4, los cuales pueden utilizar el mismo canal físico como sigue:

**(a) Canal SCPC**

Un canal SCPC obligatorio usado en ambas direcciones para soportar los servicios digitales de voz full-dúplex a 6.4 kbit/s y los servicios opcionales de datos a 2.4 kbit/s. El uso del canal SCPC esta controlado mediante la asignación y liberación de señalización al inicio y término de cada llamada. Los canales SCPC bidireccionales pueden trabajar en cada uno de los siguientes tres modos exclusivos bajo el control de ACSE (Access Control and Signalling Equipment).

- (i) Modo voz
- (ii) Modo datos (opcional)
- (iii) Señalización en banda

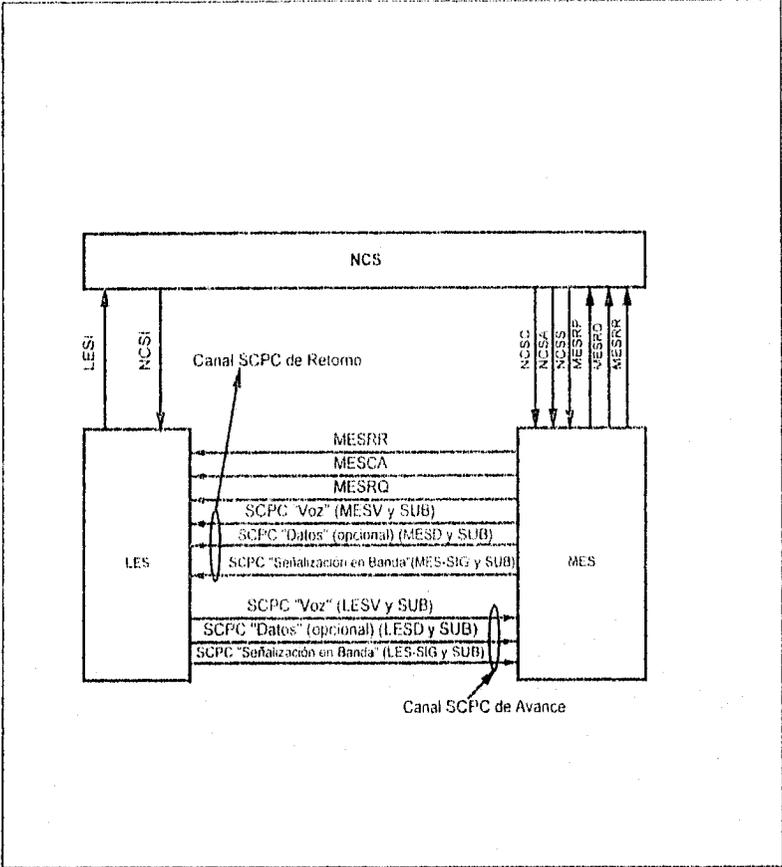


Fig. 4: Configuración de los Canales Inmarsat-M.

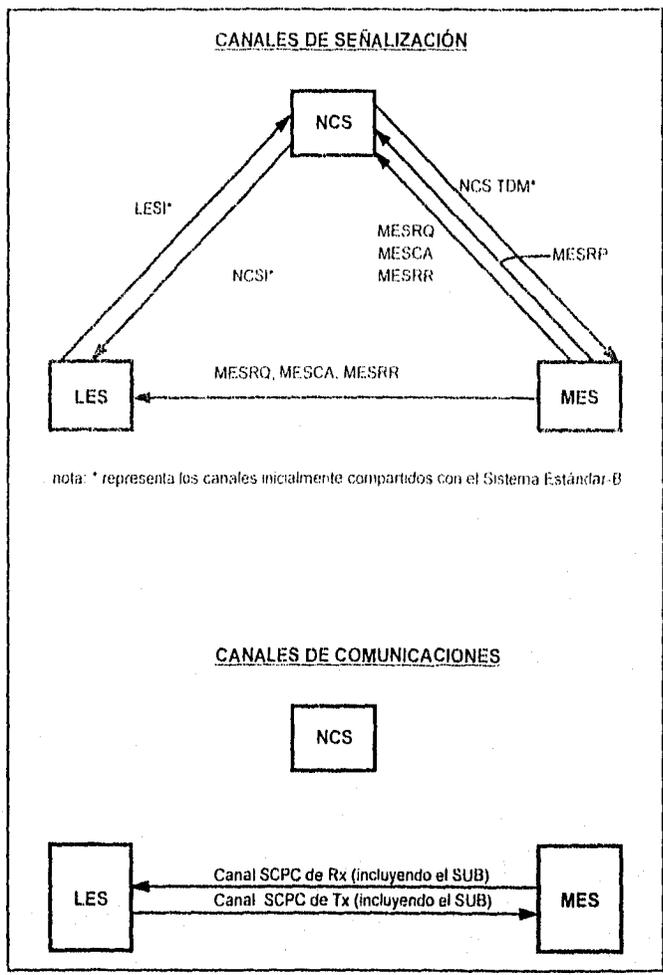


Fig.5 Canales de Señalización y Comunicaciones.

La característica de modo de conmutación esta suministrada para los canales SCPC y poder así conmutar entre el modo voz y el modo datos, y soportar ambos servicios dentro de una misma llamada.

Para proporcionar los servicios opcionales de datos a 2.4 kbit/s, una llamada puede establecerse mediante uno de los siguientes procedimientos:

- "Conmutado" (Switch-in)
- "Dedicado" (Dedicated)

El primero de estos procedimientos permite un modo de conmutación entre los modos de voz y datos dentro de una llamada que fue inicialmente establecida como una llamada normal de voz. En el procedimiento de establecimiento de servicios de datos dedicado, éste establece llamadas de datos directamente sin ir dentro de las actividades del modo de conmutación. Estos últimos requieren del uso de números adicionales de la MES móvil para llamadas de origen fijo y la indicación automática de llamadas tipo dato por las MESs en los canales de señalización de recepción para llamadas originadas en las MES.

La conmutación entre los modos de operación dentro de los canales SCPC no involucra el tener que volver a sintonizar los sintetizadores de frecuencia en las unidades de canal de las LES o las MES debido a que los modos de "Voz", "Datos" y "Señalización en banda" comparten el mismo canal físico SCPC.

Las figuras 6 y 7 muestran el diagrama de estados del establecimiento del canal SCPC como llamadas de telefonía normal y llamadas directas de datos respectivamente. Los tres modos de operación se explican como sigue:

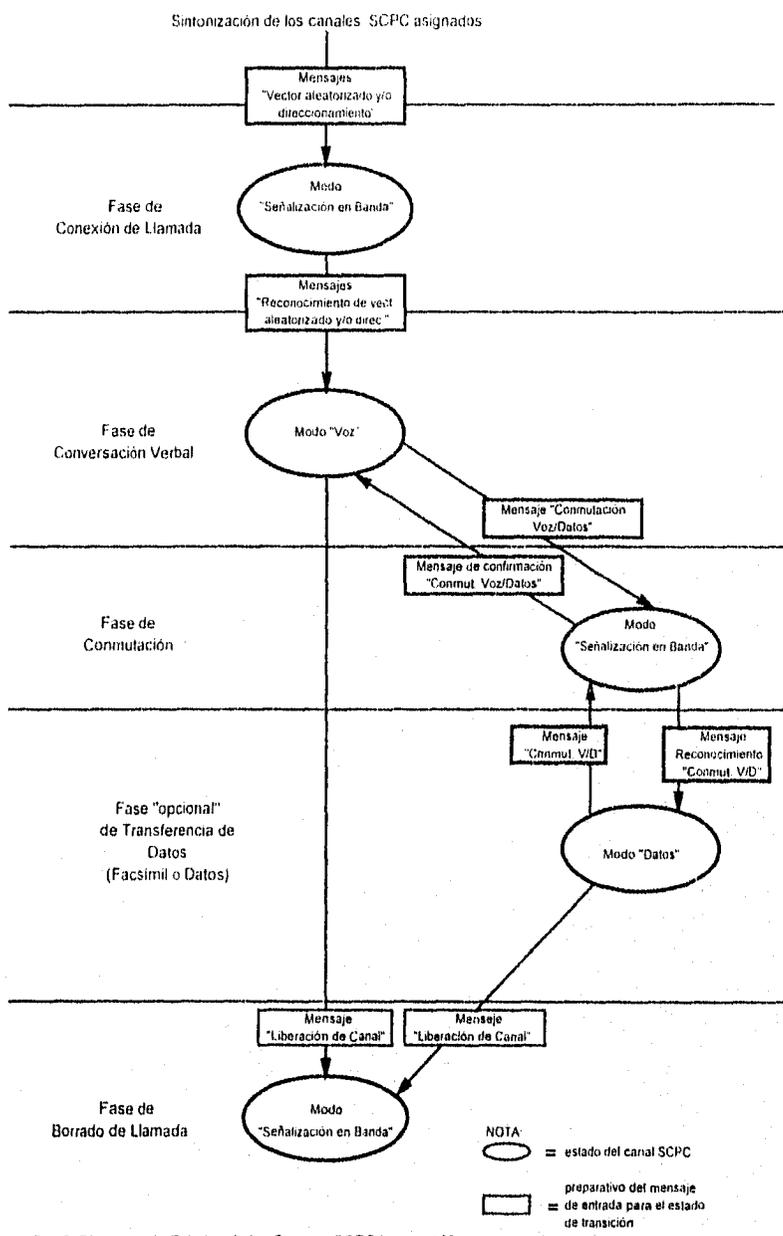


Fig. 6. Diagrama de Estados de los Canales SCPC Inmarsat-M (Establecimiento de la Llamada mediante el Procedimiento Normal)

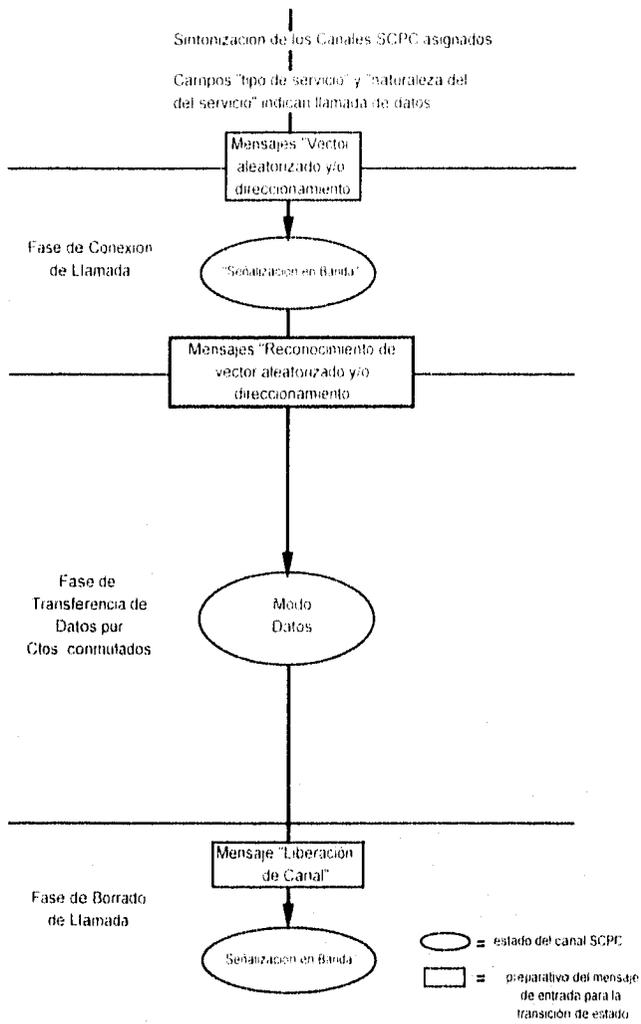


Fig. 7 Diagrama de Estados de los Canales SCPC Inmarsat-M  
(Establecimiento de Llamada Mediante el Servicio Dedicado)

(i) Modo Voz

Canal digital SCPC obligatorio soportando una velocidad de codificación de voz de 6.4 kbit/s usado en las direcciones de avance (LES a MES) y retorno (MES a LES). Los canales en las direcciones de avance y retorno se denotan como LESV y MESV respectivamente. Los canales SCPC siempre contienen los canales de señalización sub-banda (SUB) en ambas direcciones para la transmisión de unidades de señal durante llamadas telefónicas. En éste modo de operación, la activación completa de voz y el control de potencia están implementados en las portadoras de avance.

Para una llamada telefónica, "únicamente de voz", los canales SCPC inician en el modo de "señalización en banda" (para establecimiento y conexión de llamada), continúan con el modo "voz" (para conversación) y posteriormente regresan al modo de "señalización en banda" (para borrado de llamada) (figs. 6 y 8).

(ii) Modo Datos

Canal opcional digital de datos SCPC soportando una velocidad de información de 2.4 kbit/s. usado en las direcciones de avance (LESD) y retorno (MESD). Los canales SCPC siempre contienen los canales de señalización sub-banda (SUB) en ambas direcciones para la transmisión de unidades de señal durante llamadas telefónicas. Los canales SCPC, en el modo de "datos", son empleados para el soporte de servicios opcionales de facsímil estándar CCITT Grupo-3 y los servicios opcionales de datos full-dúplex a 2.4 kbit/s. El modo de operación "datos" de los canales SCPC puede establecerse directamente o por conmutación desde el modo "Voz" con el uso de una unidad de señalización específica enviada en el canal de señalización en banda (LES-SIG/MES-SIG). Sin embargo, la disposición de uno o ambos métodos de acceso al modo "Datos" es a opción de los operadores de las LESs. En la operación modo "datos", el control de potencia esta implementado en las portadoras de avance. La activación de datos en las portadoras de transmisión esta implementada únicamente para los servicios de facsímil opcional Grupo-3 del CCITT.

El modo "datos" SCPC puede establecerse como una llamada telefónica normal y después conmutar (switch-in) mediante la característica de modo de conmutación. Para una llamada telefónica "voz/datos", los canales SCPC comienzan con el modo de "señalización en banda" (para conexión y establecimiento de llamada), posteriormente conmutan al modo "voz" (la conversación es aún permitida entre usuarios finales si ambas estaciones remotas son manualmente operadas), después conmutan al modo "datos" a través del uso de una unidad de señalización especificada (para transferencia de datos) y por último regresan al modo de "señalización en banda" (para borrado de llamada) (figs.6 y 9).

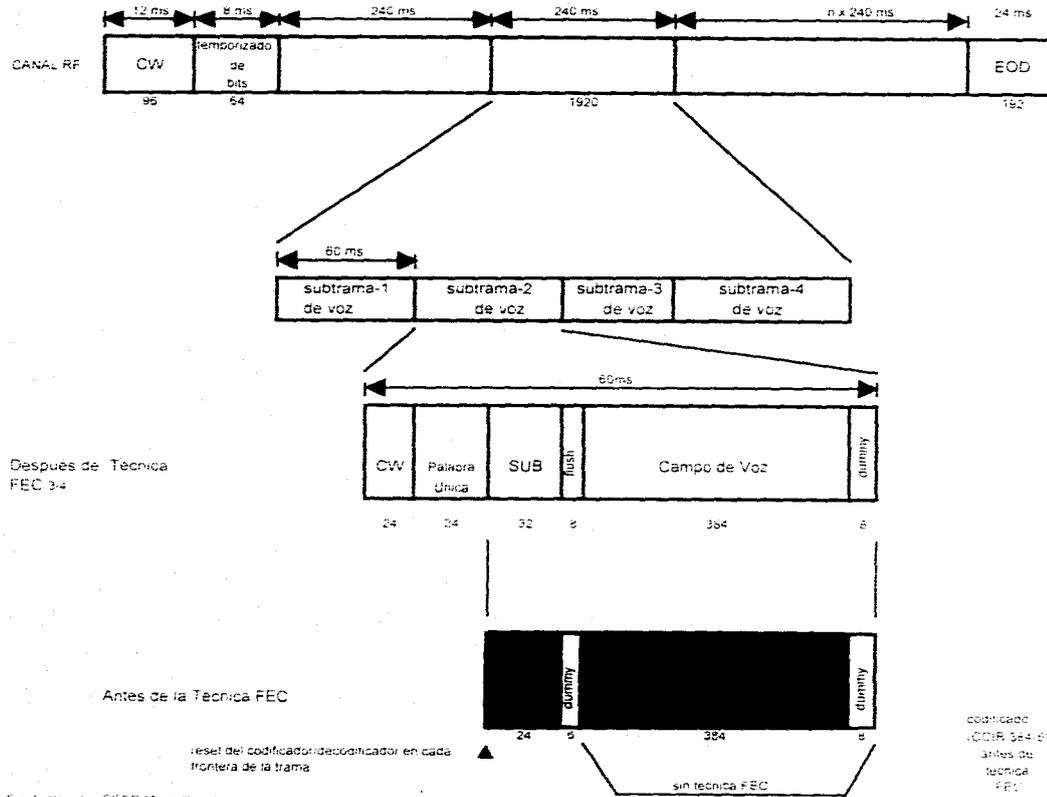
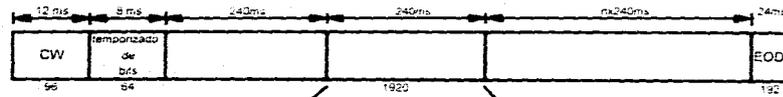
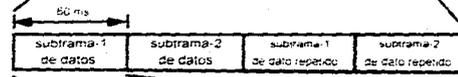


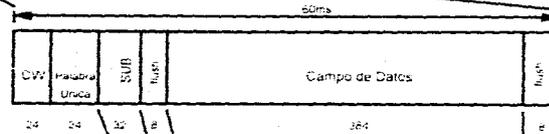
Fig. 4. Canales SCPC Modo "voz".



CANAL RF



Después de Técnica FEC 1/4



Antes de Técnica FEC



Indicador de recodificación:  
Puesto a Cero en el inicio de cada subframe e  
Inhibido durante los bits de control de línea.

Codificado  
antes de  
técnica  
FEC

Fig. 9. Canal SCPC modo "Datos" (MESD/LESD & SUB)

Alternativamente, el modo datos SCPC puede ser directamente ingresado con el procedimiento de servicio de datos "dedicado", donde la llamada es puesta directamente en el modo "datos" del canal SCPC colocando la selección apropiada del "tipo de servicio" (fig.7) en el aviso de llamada, respuesta y unidades de petición de acceso.

**(iii) Modo de Señalización en Banda**

Este modo de operación es utilizado por los canales SCPC en ambas direcciones para llevar mensajes de señalización durante la conexión de llamadas telefónicas y fases de borrado a fin de mejorar la robustez de los canales de señalización durante las llamadas telefónicas. Este modo de operación es también utilizado por la MES/LES para enviar algunos otros mensajes de señalización durante las llamadas telefónicas.

Los canales SCPC siempre asumen éste modo de operación justo después de que los canales SCPC han sido establecidos. Este modo de operación es también empleado para borrar una llamada. En el modo de "señalización en banda", los canales SCPC mejoran la unidad de señalización contenida en los canales sub-banda (SUB) retransmitiendo la misma señalización 12 veces en adición a la que está siendo transmitida dentro del canal de señalización sub-banda. Los canales de señalización en banda de transmisión y recepción se denotan como LES-SIG y MES-SIG respectivamente (fig. 10).

**(b) Canal de Asignación LES (LESA) (opcional e implementado por LESs teniendo la capacidad "stand-alone" en el caso de falla en la NCS).**

Canal TDM utilizado en la dirección de avance para llevar mensajes de señalización de la LES a la MES incluyendo los asignamientos de canal para llamadas de origen móvil y borrado selectivo de mal funcionamiento de las MESs. La transmisión es continua para cada LES.

**(c) Canal Inter-estaciones (LESI)**

El canal inter-estaciones es utilizado por cada LES para llevar información de señalización a las NCS dentro de la red satelital.

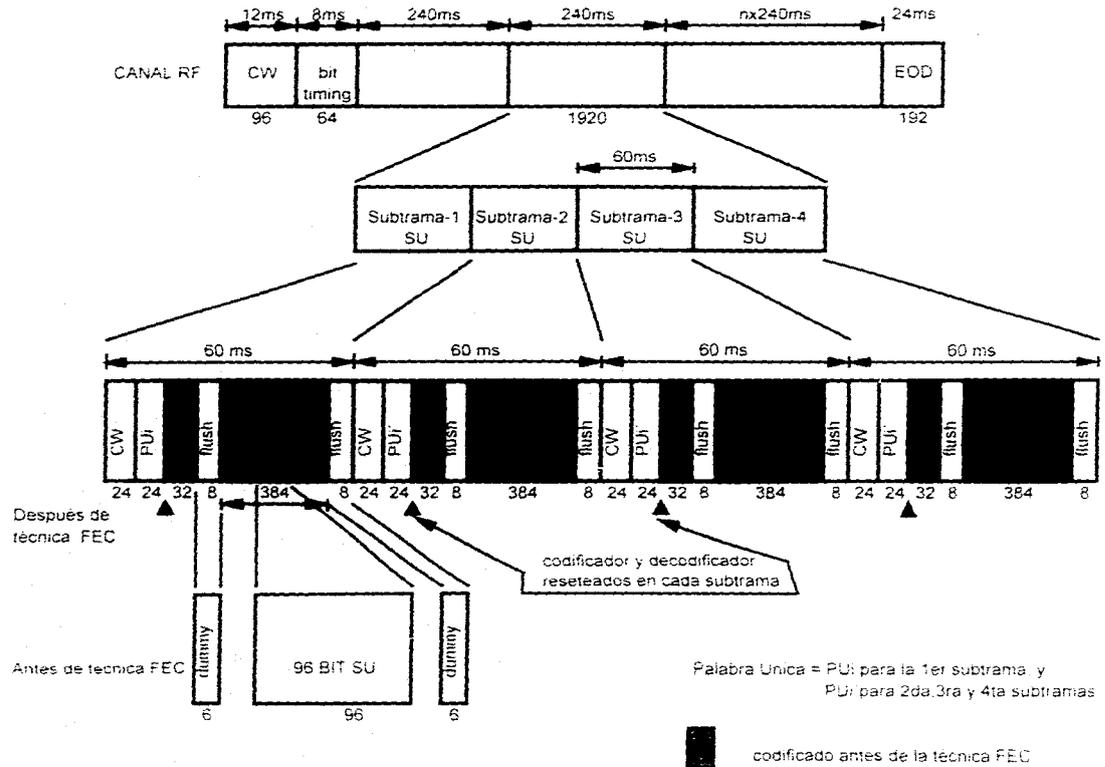


Fig. 10. Canal SCPC modo "Señalización en Banda".

**(d) Canal Común NCS (NCSC)**

Canal TDM utilizado en la dirección de avance para llevar mensajes de señalización de la NCS incluyendo avisos de llamada, información del estado de la red (*Bulletin Board*) y borrado selectivo de canal. La transmisión es continua desde cada NCS.

**(e) Canal de Asignación NCS (NCSA)**

Canal TDM utilizado en la dirección de avance para llevar mensajes de asignación de canales para llamadas de origen móvil y fijo. La transmisión es continua desde cada NCS.

**(f) Canal Inter-estaciones NCS (NCSI)**

El canal Inter-estaciones es empleado por la NCS para llevar información de señalización a las LES en la red satelital. La transmisión es continua desde cada NCS.

**(g) Canal Haz-Pincel (Spot-Beam) NCS (NCSS)**

Canal TDM utilizado en la dirección de avance (una frecuencia por haz-pincel) para permitirle a las MESs identificar el haz-pincel en el cual están localizadas. La transmisión es continua desde cada NCS.

*Nota: para propósitos de descripción de los formatos de canal y los parámetros de canal, los canales en (d), (e) y (f) en conjunto serán referidos como canal "NCS TDM".*

**(h) Canal de Reconocimiento de Registro y Coordinación de Red (NCRA)**

Canal TDM continuo empleado en la dirección de avance ("C"-a-"L") para llevar registros de mensajes de reconocimiento en respuesta al registro de mensajes de la región oceánica transmitidos por las MESs. Cuando se requiere, un canal semejante es transmitido en cada región oceánica, ya sea por la NCS o por una LES específica.

**(i) Canal de Petición MES (MESRQ)**

Canal de acceso aleatorio (slotted-aloah) modo ráfaga empleado en la dirección de retorno ("L"-a-"C") para llevar información de señalización de la MES a las LESs, específicamente los mensajes de petición de acceso los cuales inician una llamada de origen móvil. Este canal es también recibido por la NCS para propósitos de respaldo en emergencias.

**(j) Canal de Reconocimiento de llamada MES (MESCA)**

Canal de acceso aleatorio (slotted-aloah) modo ráfaga empleado en la dirección de retorno ("L"-a-"C") para llevar información de señalización de la MES a las LESs, específicamente los mensajes de reconocimiento para llamadas simplex de origen fijo.

**(k) Canal de Registro MES (MESRR)**

Canal de acceso aleatorio (slotted aloah) modo ráfaga empleado en la dirección de retorno ("L"-a-"C") para llevar información de señalización de la MES a la NCS (o a una LES específica), específicamente los mensajes de registro de la región oceánica, requeridos para enrutar llamadas de origen fija.

**(l) Canal de Respuesta MES (MESRP)**

Canal TDMA empleado en la dirección de retorno para llevar información de señalización de la MES a la NCS dentro de la red, específicamente la información de respuesta requerida para una llamada de origen fijo y para reconocimiento de mensajes "down-loading" MES Grupo-ID a la NCS.

Los mensajes de señalización entre LESs individuales y la NCS son conducidos por los canales de señalización inter-estaciones (NCSI, LESI). En el sistema inicial INMARSAT-M, previsto que la LES tenga las capacidades de INMARSAT-B, los enlaces inter-estaciones pueden ser conducidos por la portadora común de transmisión TDM INMARSAT-B. Portadoras separadas son requeridas para funciones NCSC, NCSA y NCSI como el incremento de tráfico. Portadoras independientes NCS TDM son requeridas para la identificación del haz-pincel (NCSS) cuyo número depende del número de haces-pincel disponibles en el satélite. Los canales SCPC entre la LES y la MES son asignados por la NCS en la red en base a una asignación por demanda.

Sin importar el modo de operación de los canales SCPC (modo "Voz", "Datos" o "Señalización en banda"), SUB es siempre parte de los canales SCPC respectivos en ambas direcciones y es empleado para propósitos de señalización sub-banda.

Los mecanismos de evolución disponibles en el sistema para futuro crecimiento y expansión son los siguientes:

**(a) Canal SCPC**

Asignaciones adicionales de frecuencias están disponibles para satisfacer los requerimientos de incremento de tráfico, dentro de las restricciones de capacidad del transpondedor total del satélite.

**(b) Canal NCS TDM**

Cuando se requieran incrementos de señalización, una portadora completa NCS TDM puede utilizarse como el canal NCSC para la transmisión de avisos de llamada e información del "*Bulletin Board*", con mensajes de asignación de canal siendo transmitidos en un canal NCSA por separado. Pueden implementarse canales NCSC adicionales si se requieren.

**(c) Canales LES y NCSI**

Frecuencias adicionales están disponibles para satisfacer la demanda de incremento en comunicaciones y señalización.

**(d) Canales MESRQ, MESCA, MESRR, MESRP**

Frecuencias adicionales están disponibles para compartir la carga de los canales MESRQ, MESCA, MESRR y para satisfacer la demanda creciente de señalización y comunicaciones en los canales MESRP; la máxima capacidad de MESRP asociada con un canal NCSC es 2 canales.

Tipo de Canal	Origen	Destino	Características	Haz <sup>(2)</sup>
---------------	--------	---------	-----------------	--------------------

**1. Canal SCPC  
(O-QPSK)**

*Modo "Voz"*

(a) MESV	MES (M)	LES (M) <sup>(1)</sup>	Voz (6.4 kbit/s)	G y S
(b) LESV	LES (M)	MES (M)	Voz (6.4 kbit/s)	G y S
(c) SUB	Ambas Direcs.		Señalización Sub-banda	

*Modo "Datos"*

(a) MESD	MES (O)	LES (O)	Datos (2.4 kbit/s)	G y S
(b) LESD	LES (O)	MES (O)	Datos (2.4 kbit/s)	G y S
(c) SUB	Ambas Direcs.		Señalización Sub-banda	

*Modo  
"Señalización  
en Banda"*

(a) MES-SIG	MES (M)	LES (M)	Señalización en banda	G y S
(b) LES-SIG	LES (M)	MES (M)	Señalización en banda	G y S
(c) SUB	Ambas Direcs.		Señalización Sub-banda	

**2. Canal de  
asignación  
LES<sup>(3),(4)</sup>  
(BPSK)**

(a) LESA	LES (O)	MES (O)	Asignación de Canal	G
----------	---------	---------	---------------------	---

**3. Canal LES  
INTER-  
ESTACIONES  
(<sup>(4)</sup>), (BPSK)**

(a) LESI	LES (M)	NCS (M)	S. Interestación	G
----------	---------	---------	------------------	---

**4. Canal MES  
de Acceso  
Aleatorio  
(BPSK)**

(a) MESRQ	MES (M)	LES (M)	Petición MES, Aloha R.	G
(b) MESCA	MES (M)	LES (O)	Reconocimiento de Llamada, Aloha R.	G
(c) MESRR	MES (M)	NCS (X) o LES (X)	Registro de la Región Oceánica, Aloha R.	G

Tabla 4: Canales de Señalización y Comunicaciones INMARSAT-M.

Tipo de Canal	Origen	Destino	Características	Haz <sup>(2)</sup>
---------------	--------	---------	-----------------	--------------------

**5. Canal de respuesta MES (BPSK)**

(a) MESRP	MES (M)	NCS (M)	Respuesta MES, TDMA	G
-----------	---------	---------	---------------------	---

**6. Canal NCS TDM<sup>(4)</sup> (BPSK)**

(a) NCSC	NCS (M)	MES (M)	Canal Común	G
(b) NCSA	NCS (M)	MES (M)	Canal de Asignación	G
(c) NCSI	NCS (M)	LES (M)	Canal de Señalización INTER-ESTACIONES	G
(d) NCRA	NSC (X) o LES (X)	MES (M)	Canal de Reconocimiento de la Región Oceánica	G

**7. Canal de identificación del Haz-Píncel (BPSK)<sup>(4)</sup>**

NCSS	NCS (M)	MES (M)	Canal de identificación del Haz-Píncel	S
------	---------	---------	--	---

Continuación Tabla 4.

*Nota: (1) Todos los canales son obligatorios [M] a menos que estén denotados por la letra [O], lo cual significa que son un requerimiento opcional.*

*(2) G y S denotan los haces global y píncel respectivamente.*

*(3) LESA es opcional y empleado en LES modo "stand-alone" durante una falla en la NCS.*

*(4) utiliza un esquema de modulación BPSK a 6 kbit/s.*

*(5) Los canales MESRR serán recibidos, y el canal NCRA transmitido, ya sea por la NCS o uno LES específico.*

### 3.3 ESTACIONES TERRENAS MÓVILES (MES)

A continuación se describen brevemente las capacidades de las MES INMARSAT-M. éstas son comunes para la MES móvil terrestre y marítima.

#### 3.3.1 Equipo de una MES

(a) El mínimo G/T del sistema de recepción en el rango de 5° a 90° de ángulo de elevación bajo condiciones de cielo despejado para una MES móvil :

- (i) terrestre = - 12 dB/K
- (ii) marítima = - 10 dB/K

(b) El PIRE nominal de transmisión en la dirección del satélite para MES móvil:

- (i) terrestre es de 25 dBW por portadora, capaz de ser reducido en 6dB de paso a un valor nominal de 19 dBW para trabajar con satélites haz-píncel.
- (ii) marítima es de 27 dBW por portadora, capaz de ser reducido en 6dB de paso a un valor nominal de 21 dBW para trabajar con satélites haz-píncel.

*Nota: una tolerancia de +2/-3 es permitido en los valores nominales del PIRE.*

(c) frecuencias de recepción en banda-L para MES móvil:

- (i) terrestre está dentro de la banda [1530-1559] MHz.
- (ii) clase marítima está dentro de la banda de [1530-1545] MHz.

(d) las condiciones ambientales recomendadas por INMARSAT incluyen características de movimiento terrestre y marítimo, temperatura de operación, EMC (Electromagnetic Compatibility), vibración mecánica.

(e) transmisión y recepción de canales de comunicación para los servicios de correspondencia telefónica pública.

(f) transmisión y recepción de mensajes de señalización (NCS, TDM, MES petición y respuesta de la MES, en banda y sub-banda) con el fin de iniciar las peticiones de llamada, respuesta a avisos de llamada desde las NCS, implemento de procedimientos de puesta y borrado de llamada, y manejo del proceso del sistema e información de control de red.

Las frecuencias de transmisión y recepción para los canales SCPC son dispares para proporcionar una asignación de canales operacionales flexible y administración del espectro por INMARSAT. Frecuencias de respaldo (respaldo "hot" y "cold" como sea apropiado) están asignadas para usarse en el caso de interferencia en canales de señalización.

El diseño del sistema INMARSAT-M brinda la oportunidad a los fabricantes de la MES de satisfacer los requerimientos de desempeño por medio de una implementación de cadena de transmisión conmutable común única BPSK/O-QPSK y una configuración de recepción conmutable única BPSK/O-QPSK a fin de proporcionar todas las comunicaciones esenciales y capacidades de señalización.

### 3.4 ESTACIONES TERRENAS TERRESTRES (LES)

3.4.1 Con la adición de comunicaciones apropiadas, facilidades de canales de señalización y procesadores de control de acceso, las estaciones terrenas costeras (ETC) operando para el sistema INMARSAT-A son potencialmente capaces de operar en el sistema INMARSAT-M como Estaciones Terrenas Terrestres. Lo siguiente proporciona un breve resumen de las capacidades de la LES.

3.4.2 La LES tiene el siguiente sistema de recepción mínimo G/T en banda "C" dependiendo del satélite operacional.

- segmento espacial de la primera generación : 32 dB/K
- segmento espacial de la segunda generación : 30.7 dB/K (debido a las bajas frecuencias de operación en banda "C").

Para la recepción de canales de señalización Inter-estaciones y la piloto "C"-a-"L", las estaciones terrenas terrestres tienen una capacidad en banda "L" con sistema de recepción de antena mínimo G/T de +2dBK. La capacidad de transmisión en banda "L" es también requerida en la LES para propósitos de autoprueba.

Las especificaciones existentes para las Estaciones Terrenas Costeras en banda "C" y L en el sistema INMARSAT-A son aplicables para su operación en el sistema INMARSAT-M. El sistema de Compensación Automática de Frecuencia (AFC-Automatic Frequency Compensation) puede ser usado también para las portadoras INMARSAT-M.

Las frecuencias de canal de transmisión y recepción son dispares con el fin de brindar flexibilidad en la planeación de frecuencias; frecuencias de canales de señalización de respaldo están asignadas para usarse en caso de interferencia. La asignación de frecuencias de canal está conmensurada con un sintetizador en la LES de 5 KHz de paso.

### 3.5 ESTACIONES DE COORDINACION DE RED (NCS)

3.5.1 Los servicios de la Estación de Coordinación de la Red son proporcionados a una LES designada en cada red satelital. Los enlaces son proporcionados entre cada NCS y el Centro de Control de Operaciones (OCC) para propósitos de administración del sistema.

Las capacidades funcionales de una NCS son los siguientes:

- (a) procesamiento de petición de llamadas desde las LESs, junto con el aviso de llamada asociado y funciones de asignación de canal.
- (b) transmisión de canales NCSC, NCSA, NCSS y NCSI.
- (c) recepción de mensajes de respuesta en canales MESRP para llamadas telefónicas.
- (d) monitoreo de los canales MESRQ para respaldo de llamadas telefónicas de socorro marítimas (sólo aplicable a MES clase marítima).
- (e) desempeño de funciones de monitoreo de red, en particular, carga de canales de petición y monitoreo periódico de transmisiones de la MES y la LES para la corrección de potencia y frecuencia.
- (f) grabación de datos y reporte al centro de control de operaciones INMARSAT.

3.5.2 Las funciones del canal NCSC son las siguientes :

- (a) transmisión de avisos de llamada de la MES para llamadas de origen fijo.
- (b) transmisión de información del "Bulletin Board" a las MESs, conteniendo información de estado de la red relacionada con la asignación operacional de frecuencias de canal de las NCSS, LESs, canales de identificación haz-píncel, canales de señalización del enlace de retorno y localización satelital para satélites operacionales y de reserva, intervalo de muestreo para la identificación de la localización del haz-píncel de la MES, capacidad de las LESs e información relacionada con el mínimo tiempo de intervalo entre peticiones sucesivas.
- (c) transmisión de mensajes de borrado selectivo a las MESs.

En caso de falla en la NCS, cada LES puede, a consideración del operador de la LES, proporcionar las capacidades "stand-alone" mediante la transmisión de aviso de llamada y mensajes de asignación de canal para las frecuencias de canal SCPC a través de su canal de señalización LESA TDM. Cada LES con capacidad "stand alone" deberá asignar un conjunto de frecuencias de portadora SCPC por INMARSAT disponibles para su uso en caso de falla por parte de la NCS. En esta situación, la conexión total entre las MESs y todas las LESs para llamadas de origen fijo no se mantiene, pero cada MES puede seleccionar una LES específica para la operación durante el período de falla y esta operación de red no es disruptiva. La conectividad para llamadas de origen móvil no se ve afectada por una falla en la NCS.

### 3.6 SEÑALIZACIÓN INTER-ESTACIONES

Las comunicaciones entre las LESs y la NCS se requieren con el fin de retransmitir dicha información de señalización como peticiones y asignaciones de canal durante el establecimiento de una llamada, liberaciones de canal posteriores al inicio de comunicación de la llamada y para procesar la información de puesta en servicio de la MES.

Los canales de señalización Inter-estaciones (LESI, NCSI) enlazan a todas las LESs (Land Earth Stations-Estaciones Terrenas Terrestres) con la NCS (Network Coordination Station) y viceversa, para el procesamiento de intercambio de llamadas e información del estado de la red.

### 3.7 OBJETIVOS DE FUNCIONAMIENTO DE CANAL

3.7.1 Los objetivos de calidad adoptados por INMARSAT en el diseño del sistema INMARSAT-M intentan proveer a los usuarios con un medio de calidad para los enlaces de comunicaciones de voz. El diseño de enlace y características de funcionamiento del equipo han tomado en consideración las características de propagación de los canales móviles marítimos y terrestres.

Los canales de señalización están diseñados con una provisión de enlace más robusta a la de los canales de comunicación con el fin de mejorar la confiabilidad del sistema. Los objetivos mínimos de funcionamiento para enlaces de comunicación y señalización se muestran en la tabla 5, en términos objetivos de la tasa de error de bits (BER) del canal.

En los canales móviles terrestres típicos, especialmente aquellos con ángulos de elevación de antena bajos, los enlaces satelitales pueden sufrir interrupciones infrecuentes y bloqueos.

Una versión mejorada del procedimiento estándar de establecimiento de llamadas telefónicas que permite la retransmisión de mensajes de petición/aviso de llamada, y utiliza transmisión múltiple para mensajes de asignación de llamada, es utilizado en el enlace móvil para las MESs móviles terrestres, con el fin de poder mejorar la robustez del procedimiento de establecimiento de llamada. Para las MESs marítimas el procedimiento estándar de establecimiento de llamada es utilizado a causa de una disponibilidad de enlace generalmente mejor en los canales marítimos.

Tipo de Canal	FEC	Vel. (bit/s)	Áng. de Elev. de la MES	BER	Eb/No* (dB)	C/No* (dBHz)
---------------	-----	--------------	-------------------------	-----	-------------	--------------

### *Canales de Señalización*

#### 1. NCS TDM

(NCSC, NCSA, NCRA, NCSS, NCSI, LESA y LESI)

Señalización de Avance	1/2	6000	5°	10 <sup>-5</sup>	4.6	39.4
------------------------	-----	------	----	------------------	-----	------

#### 2. MESRQ, MESRP, MESCA y MESRR

Señalización de Retorno	1/2	3000	5°	10 <sup>-3</sup>	4.6	36.4
-------------------------	-----	------	----	------------------	-----	------

### *Canales de Comunicación*

#### 1. LESV y MESV (Canal SCPC en modo "Voz")

##### Telefonía

Canales de Voz a una Vel. de Codif. de 6.4 kbps	-	8000	5°	4 x 10 <sup>-2</sup>	2.0	41.0
	-	8000	10°	2 x 10 <sup>-2</sup>	3.4	42.4
Canales sub-banda	1/4	8000	5°	10 <sup>-2</sup>	3.3	41.0
	1/4	8000	10°	10 <sup>-4</sup>	4.7	42.4

#### 2. LESD y MESD (Canal SCPC en modo "Datos")

Datos (tasa de información de 2.4 kbit/s)	1/2 repetición - transmisión dual	8000	5°	10 <sup>-3</sup>	5.4	40.2
---	-----------------------------------	------	----	------------------	-----	------

Tabla 5: Objetivos de Desempeño de los Canales INMARSAT-M.

*Nota:* \* Requerimiento teórico para lograr el valor del BER especificado en adición al ruido blanco Gaussiano de los canales. También se incluye la degradación al utilizar el código de perforación para el código FEC de tasa 1/2.

## 3.8 SERVICIOS DE TELEFONÍA

### 3.8.1 Generalidades

Los servicios de telefonía son proporcionados como canales SCPC operando en el modo "Voz" para todas las MESS (MESS Marítimas y Móviles Terrestres).

**3.8.1.2** Los siguientes objetivos cualitativos son nominados como valores óptimos para el servicio de telefonía de INMARSAT-M.

a) *calidad de la voz* : (1)

- i) tasa de error de bits  $\leq [10^{-3}]$  (2): La calidad de voz deberá ser por lo menos equivalente a 18dBQ Unidad de Referencia de Ruido Modulado (MNRU) (Referido al libro azul de CCITT volumen V, recomendación serie P, suplemento No.14).
- ii) tasa de error de bits mayor que  $[4 \times 10^{-3}]$  (2): La degradación en la calidad de la voz no deberá ser mayor a 3 dBQ (MNRU) peor que el objetivo (i) especificado arriba.
- iii) error de ráfaga con una disponibilidad de enlace  $\geq 90\%$  (3): la degradación en la calidad de la voz no deberá ser mayor a 1dBQ (MNRU) peor que el objetivo (i) arriba especificado.

Notas: (1) nivel nominal de voz de -22 dB con respecto al punto sobrecargado.

(2) la decodificación de voz con decisión suave puede ser usada para mantener la misma calidad en todos los canales con tasa de error de bits alta.

(3) condición error de ráfaga en un canal móvil terrestre aproximado por un Modelo Markov de 4 estados con parámetros obtenidos de los datos de medición de propagación empíricos. La disponibilidad de enlace está definida como el porcentaje del tiempo cuando la señal recibida esta por encima del umbral de operación nominal

b) *Bloqueo* : esta definido como la probabilidad promedio de que no haya canal satelital disponible en las horas de mayor servicio cuando la llamada es realizada. La probabilidad de bloqueo para el sistema INMARSAT-M es menor que 2 en 100 intentos en la hora de mayor servicio del día promedio.

**3.8.1.3** La peor tasa de error de bits (BER) en un canal para un caso nominal requerido y para alcanzar el objetivo (a) cuando se usa el algoritmo de codificación de voz de INMARSAT-M (IMBE) es de  $4 \times 10^{-2}$ , aunque para muchos móviles el BER se espera que sea alrededor de  $10^{-7}$  y para la mayoría del tiempo, con una mejora correspondiente en la calidad de voz.

## **3.8.2 Plan de Numeración**

El plan de numeración para los servicios de telefonía INMARSAT-M esta basado en la recomendación E.215 del CCITT del libro azul.

### **3.8.2.1 Identificación de MES**

El plan de numeración para llamadas de facsímil de origen móvil es el mismo que el definido para llamadas de telefonía en el párrafo 3.8.2.2

**3.8.2.1.1** Con el fin de poder identificar fallas en las MESs, el Identificador de la MES (MES ID) está incluido en todas las transmisiones originadas en la MES. Para evitar la redundancia excesiva que podría ser causada por usar el número móvil de nueve dígitos (nueve dígitos decimales) MES IDs hexadecimales de 6 caracteres son utilizados en la trayectoria radioeléctrica.

Para perfeccionar la seguridad del sistema, diferentes MES IDs hexadecimales de 6 caracteres son utilizados en las trayectorias de transmisión y recepción. Un par único de MES IDs para cada MES es emitido a los fabricantes de la MES por INMARSAT y es elaborado en la MES. Cada MES tiene un par único de IDs (identificadores) de 24 bits.

**3.8.2.1.2** Cada LES mantiene una tabla de referencia cruzada enlazando los MES IDs en hexadecimal de 6 caracteres con el número móvil de 9 dígitos de INMARSAT. (Referirse al párrafo 3.8.2.3).

### 3.8.2.2 Llamadas originadas en la MES

**3.8.2.2.1** El procedimiento de llamadas originadas en la MES permite a las llamadas telefónicas conectarse con la red internacional de telefonía a través de cualquier LES operando en el mismo satélite al de la MES. Además, puede haber acceso a líneas privadas y servicios especiales de la LES, los cuales son proporcionados a opción del operador de la LES.

**3.8.2.2.2** Cada LES es asignada a un único "LES-ID" en hexadecimal de dos dígitos (global) mediante INMARSAT, el cual es utilizado para identificar esa LES específica en todos los mensajes de señalización sobre la trayectoria radioeléctrica. Además, cada LES es asignada también a uno (o más) "LES Access Codes (s)" (Códigos de Acceso a la LES) de 3 dígitos decimales utilizados por el usuario móvil para identificar esa LES específica. El código de acceso a la LES no necesita ser el equivalente numérico del LES ID. Esta flexibilidad es proporcionada con el fin de permitir el uso (si es requerido por los operadores de la LES específica para conveniencia del operador de la MES) de códigos de acceso a la LES, de los cuales los dos dígitos menos significativos son los mismos que los utilizados actualmente en el sistema INMARSAT-A. La relación entre el código de acceso a la LES y el LES ID para cada LES se tiene en una pequeña tabla de consulta en cada MES de INMARSAT-M. Además los contenidos de esta tabla son cargados a la MES vía el "Bulletin Board" [utilizando el mensaje "LES Capability Advice "] a fin de permitir cambios a ser hechos en los contenidos de la tabla si son requeridos o cuando se requieran.

Para llamadas normales al subscriptor terrestre, el usuario de la MES marca los dígitos 00, seguidos por el Número Internacional completo del subscriptor fijo y el (los) código(s) de terminación de dirección.

La MES inserta el número necesario de códigos de terminación de dirección para llenar todos los campos "dígito" en los mensajes "dirección de servicio".

### 3.8.2.3 Llamadas de Origen Fijo

#### Llamadas a MESs Clase Marítima

El Número Móvil Internacional INMARSAT, el cual permite al usuario en la red fija direccionar una terminal específica en una embarcación, esta estructurado de la siguiente manera:

87S T MID X, X, X, Z, Z,

donde:

87S : es un código del país asignado a INMARSAT para telefonía, con S siendo un dígito que identifica la región del satélite (área del Océano y sistema satelital; por ejemplo, S=1 para la Región Este del Océano Atlántico, S=2 para la Región del Océano Pacífico, S=3 para el Océano Índico y S=4 para la Región Oeste del Océano Atlántico).

El resto de los 9 dígitos son referidos como " Número Móvil INMARSAT " .  
donde :

T : es un dígito, el cual distingue diferentes sistemas móviles INMARSAT ( para el sistema INMARSAT-M, T = 6 )

MID : son los " Dígitos de Identificación Marítima ", los cuales identifican la nacionalidad el barco (como esta definido en el apéndice 43 para los Reglamentos de Radiocomunicaciones). M no puede tener los valores 8 ó 9.

X, X, X<sub>0</sub> : son los tres dígitos decimales que identifican al barco, asignados por una autoridad designada por el país que asigna el " MID "

Z, Z<sub>0</sub> : son los dos dígitos usados para la identificación de la terminal abordo y para otros propósitos.

Notas : (i) los ejemplos en el anexo C de la Recomendación E.215 de CCITT ilustrando la designación de Z, Z<sub>0</sub> pueden diferir.

(ii) el numero móvil INMARSAT puede incrementarse a 12 dígitos para una numeración de 15 dígitos ISDN, pero no antes de 1997.

**3.8.2.3.1** Los dos últimos dígitos, Z, Z<sub>0</sub>, del Número Móvil INMARSAT son usados para :

- (i) discriminación entre las diferentes MESs INMARSAT-M en el mismo barco.
- (ii) discriminación entre diferentes terminales en el mismo barco.
- (iii) identificación de tipos de servicios especiales INMARSAT, tales como el servicio de facsímil Grupo 3 del CCITT.

Los dígitos Z<sub>1</sub>Z<sub>2</sub> (junto con los dígitos T MID X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>) son usados por la LES para seleccionar el par MES ID, el tipo de servicio y el ID (identificador) de terminal de destino. En todos los casos, la LES coloca un equivalente hexadecimal mapeado (obtenido de una tabla de consulta) de estos dos dígitos Z<sub>1</sub>Z<sub>2</sub> en el campo ID de la terminal de destino del mensaje de petición de aviso de llamada (F3<sub>n</sub>), para su transmisión hacia la NCS. En todos los casos, las NCS copian la información contenida en el campo ID terminal de destino del mensaje de petición para aviso de llamada (F3<sub>n</sub>) en el campo ID terminal de destino del mensaje aviso de llamada (81<sub>n</sub>) para su transmisión a la MES apropiada.

Si todos los 12 dígitos del Número Internacional Móvil INMARSAT (incluyendo los dígitos Z<sub>1</sub>Z<sub>2</sub>) no son marcados por el subscriptor terrestre, la llamada no procederá (ya que la LES será incapaz de detectar cual(es) dígito(s) están faltando).

### 3.8.2.3.2 Llamadas a MESs Móviles Terrestres

El Número Internacional Móvil INMARSAT, el cual habilita al usuario, en la red fija, direccionar una MES móvil terrestre específica está estructurado de la siguiente manera (Recomendación E.215 del CCITT):

87S TL MCC X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>

donde:

87S : es un código del país asignado a INMARSAT para telefonía, con S siendo un dígito que identifica la región del satélite (área del Océano y sistema satelital; por ejemplo, S=1 para la Región Este del Océano Atlántico, S=2 para la Región del Océano Pacífico, S=3 para el Océano Índico y S=4 para la Región Oeste del Océano Atlántico).

Los nueve dígitos restantes son referidos como el Número Móvil INMARSAT, donde:

T : es un dígito que distingue a diferentes sistemas móviles INMARSAT (para el sistema INMARSAT-M, T=6)

L : es un dígito (8 ó 9) que identifica la llamada como siendo direccionada a una MES clase móvil terrestre

MCC : son los 3 dígitos decimales que representan el código móvil del país aplicable a la MES, como se define en la Recomendación E.212 del CCITT

X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>X<sub>4</sub> : identifican la MES requerida (y también puede ser utilizado para identificar la terminal MES requerida y/o el tipo de servicio)

Notas : (i) 87S 6L MCC X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>X<sub>4</sub> pueden direccionar hasta 9000 terminales MES asociadas con cada código MCC.

(ii) el Número Móvil INMARSAT puede incrementarse a 12 dígitos decimales para una numeración de 15 dígitos ISDN, pero no antes de 1997.

#### **3.8.2.3.2.1 Números Móviles Adicionales INMARSAT MES Clase Móvil Terrestre**

Cada instalación MES móvil terrestre puede ser asignada a más de un Número Móvil INMARSAT. El número máximo de Números Móviles INMARSAT Adicionales asignados a instalaciones MESs individuales esta limitado por los requerimientos operativos. Los Números Móviles INMARSAT Adicionales permiten el enrutamiento automático de las llamadas de origen fijo directamente hacia el equipo terminal auxiliar (por ejemplo, terminales de datos o terminales de facsimil) conectado a la misma MES. Los mismos MES IDs de 6 caracteres en hexadecimal de las trayectorias de transmisión y recepción son utilizados para todos los Números Móviles INMARSAT asignados a la misma MES. La selección de la terminal MES requerida es a través del Número Móvil INMARSAT marcado por el subscritor fijo. Estos números son mapeados en los campos " MES ID " , " ID terminal de destino", " naturaleza del servicio ", y " tipo de servicio " por la LES, la cual los transmite hacia la NCS en el mensaje de petición de aviso de llamada. La NCS copia entonces estos campos en el mensaje aviso de llamada para su transmisión a la MES.

### 3.9 SERVICIO OPCIONAL DE DATOS A 2.4 kbit/s.

#### 3.9.1 Generalidades

El sistema INMARSAT-M soporta los servicios de datos full-dúplex en banda base a 2.4 kbits/s (con capacidad opcional de operación en modo de reserva a 1.2 kbits/s), como un servicio opcional utilizando los canales SCPC de 2.4 kbits/s operando en el modo datos. La conexión terrestre, a juicio del operador de la LES (Land Earth Station), puede ser con la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC), líneas arrendadas o redes de datos de paquetes conmutadas.

Los canales SCPC en modo datos soportando el servicio de datos "Hayes" pueden establecerse por cualquiera de las siguientes formas:

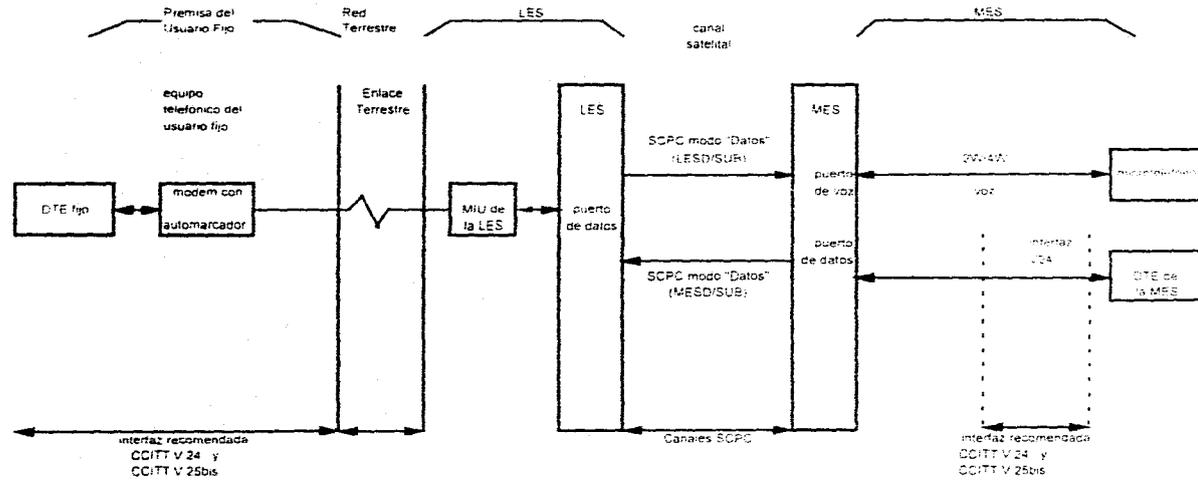
i) Establecimiento del servicio de datos dedicado: Los canales SCPC accesan directamente al modo datos después de que la llamada ha sido establecida. Esto permite que las llamadas de datos se establezcan sin la intervención del operador. Para el acceso directo de llamadas de datos de origen fijo al modo de operación "Datos" de los canales SCPC se requiere de un número móvil adicional (además del asignado para servicio telefónico) para permitir que la MES enrute la llamada al equipo terminal de datos (DTE). La prestación de los servicios de datos dedicados es a discreción de los operadores de la LES. Para las llamadas de datos de origen móvil, el acceso directo al modo datos se hace posible asegurando que el servicio de datos compatible "Hayes" entre en el campo apropiado de la ráfaga de respuesta y solicitud transmitida por la MES. Se requiere que el número del subscriptor terrestre llamado por la MES corresponda a un equipo terminal de datos.

Los canales SCPC dispuestos para las llamadas de datos con el procedimiento de establecimiento de servicios de datos dedicado, permanecerán en el modo datos hasta que la llamada sea borrada.

ii) Establecimiento del Servicio de Datos Conmutado: Los canales SCPC son establecidos como llamadas normales de voz y posteriormente conmutan al modo de operación "Datos" con el uso del mensaje "Conmutación V/D" enviado en la señalización en banda si el usuario final así lo desea. Este modo de conmutación es activado, por ejemplo, presionando manualmente un botón en la MES, o en respuesta a un comando apropiado enviado al MIU (Modem Interface Unit) en la MES mediante la activación de un DTE móvil.

Este modo permite conversación normal o intercambio verbal antes de la transacción de datos y entonces regresa nuevamente al modo "Voz" si los usuarios finales así lo desean. No existen restricciones en las actividades del modo de conmutación si la llamada es establecida en éste modo, aunque la provisión de esto es a discreción de los operadores de la LES.

**3.9.2** Los servicios de datos a 2.4 kbit/s son proporcionados a los usuarios fijos, a juicio del operador de la LES. Esta a discreción del operador de la LES el decidir la configuración de la interfaz terrestre con el equipo terminal de datos del usuario terrestre. Sin embargo, se recomienda que los requerimientos de la interfaz terrestre adopten la recomendación V.22 bis del CCITT (transmisión de datos dúplex a 2.4 kbit/s y de reserva (*fall-back*) a 1.2 kbit/s) para los procedimientos de interfaz de los modems terrestres con la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC). La figura 11 muestra una configuración típica hilo a hilo para el sistema INMARSAT-M proporcionando el servicio opcional de datos a 2.4 kbit/s.



Nota: MIU = Modem Interface Unit

Fig. 11. Ejemplo de la Configuración del Sistema Hilo a Hilo para el Servicio de Datos a 3.4 kbit/s

### Requerimientos para el Servicio de Datos a 2.4 kbit/s

Si una LES elige soportar los servicios de datos a 2.4 kbit/s con la RTPC los siguientes requisitos se aplican:

- respuesta al mensaje "conmutación voz/datos" enviado en el canal de señalización en banda de recepción y conmutar el canal SCPC operando en el modo de acuerdo a lo especificado en el campo "acción V/D" del mensaje "conmutación voz/datos" recibido.
- conmutación de las unidades MIU asociada/respaldo para la interfaz e inicio del diálogo con los modems terrestres de datos cuando el canal SCPC está operando en el modo "Datos".
- indicar la condición de estado de línea del MES-DTE con los paquetes de control de línea.
- ser capaz de detectar señales de tono de los circuitos terrestres, y si es posible, indicar la detección de la señal de tono en el campo "tipo de alerta" del mensaje "conmutación voz/datos" a ser enviado a la MES (por ejemplo, cuando un tono de contestación (2100 Hz) es detectado en el circuito terrestre, la LES asume que el DTE fijo es un DTE de "respuesta", e inserta el campo "tipo de alerta" con el valor correspondiente al "DTE de contestación fijo").
- ser capaz de regenerar localmente la señal de tono correspondiente al campo "tipo de alerta" de cualquier mensaje "conmutación voz/datos" recibido de la MES (por ejemplo, cuando el campo ("tipo de alerta") indica "DTE de la MES contestando", la LES deberá generar localmente el tono de respuesta a 2100 Hz (V.25bis) al modem fijo para indicar que el DTE móvil es un DTE de "respuesta".
- hacer uso del paquete de control de línea del canal de datos para facilitar el ejercicio del protocolo de nivel de enlace y mantener conectividad entre el DTE fijo y el DTE de la MES.
- permitir la operación de reserva (*fall-back*) a una velocidad de transmisión más baja si es requerida por los modems fijos.

Si una MES elige soportar los servicios de datos a 2.4 kbit/s, los siguientes requisitos se aplican:

- iniciar la secuencia de conmutación de canal SCPC con el uso del mensaje "conmutación voz/datos" para llamadas originadas en cualquier dirección.
- respuesta al mensaje "conmutación voz/datos" enviado en el canal de señalización en banda de transmisión y conmutar el modo de operación del canal SCPC de acuerdo a la especificación del campo "acción V/D" del mensaje "conmutación voz/datos" recibido.
- indicar la condición de la línea de estado MES-DTE.
- indicar continuamente la señal de tono o su equivalencia detectada en la MES (por ejemplo el tono de auto-llamada y auto-respuesta V.25 del CCITT) en el campo "tipo de alerta" del mensaje "conmutación voz/datos".
- ser capaz de indicar a la LES que el DTE en la MES esta operando en el modo "origen" o en el modo de "respuesta" de acuerdo con el procedimiento V.25 bis del CCITT e indicar esta parte de la información en el campo "tipo de alerta" del mensaje "conmutación voz/datos" para ser enviado a la LES.
- hacer uso del paquete de control de línea del canal de datos para facilitar el ejercicio del protocolo de nivel de enlace y mantener conectividad entre el DTE móvil y el DTE fijo.
- permitir la operación de reserva (*fall-back*) a una velocidad de transmisión más baja (1200 bit/s) si es requerido por los usuarios terrestres.

### Recomendaciones para servicios de datos a 2.4 kbit/s

Esta es en el operador de la LES el decidir la configuración de la interfaz terrestre con las estaciones de datos fijas. Sin embargo, lo siguiente es recomendado en la LES cuando se conecta vía la RTPC:

- uso de los procedimientos V.22bis del CCITT para unirse con modems terrestres.
- las MIUs soportarán a las estaciones de datos de banda de voz de la parte que llama y la parte llamada tanto en el modo dedicado como en el conmutado como se describe en la recomendación V.25 del CCITT. Para las estaciones que llaman y que son llamadas operando manualmente, las estaciones llamadas son requeridas para generar los tonos de respuesta a 2100 HZ (un acuerdo apriori deberá realizarse durante el modo "voz" para que dicha estación pueda transmitir el tono de 2100 Hz) para deshabilitar los supresores de eco e indicar que la conexión de datos ha sido establecida cuando manualmente conmute de la conversación de voz al modo datos.
- las MIUs en interfaz con las redes terrestres son responsables de deshabilitar los supresores de eco y/o canceladores de eco (de acuerdo a los procedimientos de la Rec. V.25) con el fin de llevar a cabo los servicios de datos de banda de voz full dúplex.

Corresponde a los fabricantes de la MES decidir los requerimientos físicos y procedimientos de interfaz entre la MES y los DTEs de la MES. Sin embargo, lo siguiente es recomendado en la MES:

- uso de la recomendación V.24 del CCITT en la interfaz DTE/DCE entre la MES y su terminal de datos conectada.
- adopción de los procedimientos de interacción en la interfaz V.24 DCE/DTE de acuerdo a la Rec. V.25 del CCITT gobernando los procedimientos auto-llamada y auto-respuesta. Sin embargo, el conjunto de "Comandos" e "Indicaciones" deberá adoptar el conjunto comando/respuesta "AT" Hayes (tabla 6) debido a la gran disponibilidad de software y hardware de aplicación soportando los modems Hayes compatibles.

Código	Respuesta en ASCII
0	OK
2	RING
3	NO CARRIER
4	ERROR
5	CONNECT 1200
6	NO DIAL TONE
	SYSTEM NOT AVAILABLE
7	BUSY
8	NO ANSWER
10	CONNECT 2400

Tabla 6: Indicaciones DCE a DTE (Hayes) recomendadas.

### 3.10 SERVICIO OPCIONAL DE FACSIMIL GRUPO 3 DEL CCTT

#### 3.10.1 Generalidades

El sistema INMARSAT-M soporta servicios de facsímil Grupo 3 como servicios opcionales utilizando el modo de operación "Datos" a 2.4 kbit/s de los canales SCPC. La conexión terrestre en la LES es con las redes de telefonía de circuitos conmutados.

Los canales SCPC en modo "Datos" soportando el servicio de facsímil pueden ser dispuestos en cualquiera de los siguientes modos:

i) Procedimiento para el establecimiento del servicio de datos dedicado: los canales SCPC ingresan directamente al modo "Datos" después de que la llamada ha sido establecida. Esto permite que las llamadas automáticas de facsímil se establezcan sin la intervención del operador. Para lograr esto, para llamadas automáticas de facsímil de origen fijo, el ingreso directo al modo de operación "datos" de los canales SCPC requiere un número móvil adicional (además del asignado para el servicio de telefonía) para permitirle a la MES enrutar la llamada hacia el equipo terminal de datos (FTE-Facsímil Terminal Equipment). La provisión de llamadas automáticas de facsímil es a discreción de los operadores de la LES. Para llamadas automáticas de facsímil de origen móvil, la entrada directa al modo "Datos" se hace insertando el "servicio de facsímil" en el campo apropiado de la ráfaga de respuesta y solicitud transmitida por la MES.

Los canales SCPC colocados para llamadas de datos mediante el servicio de datos "Dedicado" permanecerán en el modo "Datos" hasta que la llamada sea borrada.

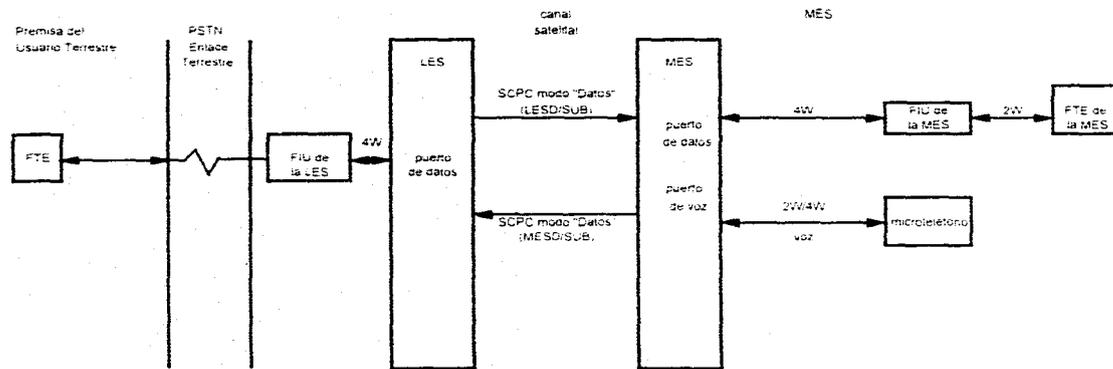
ii) Procedimiento para el establecimiento del servicio de datos conmutado: Los canales SCPC son establecidos como llamadas normales de voz y posteriormente conmutados a la operación en modo "Datos" mediante el uso del mensaje "Conmutación V/D" enviado en la señalización en banda si el usuario terminal así lo desea. Este modo de conmutación es activado, por ejemplo, presionando manualmente un botón en la MES, o mediante la recepción de las señales de tono apropiadas enviadas por el Equipo Terminal de Facsímil conectado.

Este modo permite la conversación normal o intercambio verbal precedente a la transacción de datos y posteriormente regresar al modo "Voz" si los usuarios terminales así lo desean. No existe restricción en las actividades del modo de conmutación si la llamada es establecida a través de este procedimiento de "conmutación", aunque la provisión de esto es a juicio de los Operadores de la LES.

Los servicios de facsímil son proporcionados de acuerdo con la transmisión estándar del CCITT Rec. T.4 acerca de los servicios de facsímil Grupo 3 en la red telefónica pública conmutada (RTPC). La conexión terrestre de la LES es con las redes telefónicas de circuitos conmutados. El procedimiento de establecimiento de llamada para una llamada de facsímil es el mismo que el utilizado para los servicios de datos a 2.4 kbit/s INMARSAT-M. Una configuración hilo a hilo para el sistema INMARSAT-M proporcionando los servicios de facsímil Grupo 3 se muestra en la figura 12.

Los objetivos cualitativos de los servicios opcionales de datos en interfaz con la RTPC son:

- i) El canal de datos SCPC satelital podrá introducir no más de 1 error en 100 000 bits de datos.
- ii) Bloqueo: la probabilidad de que no haya un canal satelital disponible para una llamada debe ser menor a 2 de 100 intentos en la hora promedio de más tráfico.



Nota: FIU = Facsimile Interface Unit  
 FTE = Facsimile Terminal Equipment

Fig. 12. Ejemplo de la Configuración del Sistema Hilo a Hilo para el Servicio de Facsimil Grupo-3 del CCITT

### Características del Canal de Datos

El dato digital a una velocidad de información de 2.4 kbit/s es proporcionado por medio de los canales SCPC operando en el modo "Datos" con los parámetros de canal mostrados en la tabla 7.

La información de estado de línea acerca de los tipos de señal transmitida por un FTE en el circuito de telefonía será codificado como "paquetes de control de línea" para mejorar la robustez y facilitar el protocolo de facsimil en el canal satelital.

**Tabla 7: Parámetros de Trama del Canal SCPC (Modo Datos, a una Tasa de 2.4 kbit/s).**

Duración de Trama	240 ms
Fin de patron de datos	92 bits (24ms)
Velocidad de datos	2.4 kbit/s
Repetición de transmisión (120 ms)	2 veces
Razón de FEC	3/4
Velocidad de canal	8 kbit/s
<u>Contenidos de la Trama antes de la codificación FEC:</u>	
Número de sub-tramas de datos en una trama de datos	4
Bits de datos en una sub-trama de voz	288
Bits de señalización sub-banda en una sub-trama de datos	24
Preámbulo CW en una sub-trama de datos	24
Bits inactivos en cada sub-trama	12 (dos bit-6)
Palabra Única en cada sub-trama	24
Número total de bits en una trama	576
Número Total de bits sub-banda en una trama	96
Número de unidades de señal en una trama	1
Bits por trama después de la codificación FEC	1920

### Unidades de Interfaz de Facsímil (FIUs, Facsimile Interfaz Units)

Una Unidad de Interfaz de Facsímil (FIU) es un bloque lógico que le permite a una terminal de facsímil Grupo 3 (FTE) estar en interfaz con la MES y la LES. La FIU se comunica con su FTE local utilizando el protocolo CCITT T.30, y se comunica con un FIU distante, vía el modo datos del canal SCPC, empleando el Protocolo Digital de Facsímil INMARSAT (IDF). Las comunicaciones de la FIU en un lado con el FTE del lado más cercano son vía el protocolo CCITT T.30, y con la otra FIU en el otro lado son vía el Protocolo Digital de Facsímil INMARSAT (IDF).

Las FIUs de la MES y la LES habilitan los protocolos normales de la Recomendación T.30 del CCITT para ser transportadas entre FTEs terminales, incluyendo las siguientes funciones:

(a) traslación de señales de datos en banda de voz a 300 bit/s (V.21) y 2400 bit/s (V.27 ter), entre los protocolos IDF y los protocolos CCITT T.30.

(b) traslación de señales de tono entre los protocolos IDF y CCITT T.30.

(c) detección de cualquier señal de tono enviada por el FTE conectado, y con la indicación de dicha detección en el campo "tipo de alerta" del mensaje "conmutación voz/datos" (para conmutar a una llamada de facsímil desde una llamada de voz).

### Requerimientos para los servicios de Facsímil Grupo 3

Requerimientos que se aplican si una MES elige soportar los servicios de facsímil Grupo 3:

- soporte del protocolo IDF.
- soporte para el establecimiento de una llamada de facsímil mediante el uso del procedimiento dedicado, conmutado o ambos.

Requerimientos que se aplican si una MES elige soportar los servicios de facsímil Grupo 3:

- soporte del protocolo IDF.
- los procedimientos dedicado y conmutado para el establecimiento de la llamada de facsímil deberán ser soportados.

### 3.11 LLAMADAS DE GRUPO

#### 3.11.1 Generalidades

El sistema INMARSAT-M proporciona llamadas de grupo simplex fijo a MES a los usuarios terrestres autorizados. Se describirán los procedimientos para los servicios de llamada de grupo el cual es un tipo de llamada simplex. La provisión de los servicios de llamadas de grupo a las LES es opcional.

El sistema INMARSAT-M proporciona dos tipos de llamadas de grupo: llamadas de grupo "Normal" y llamadas de grupo de "Área". Tanto las MESs clase móvil terrestre como las MESs clase marítima pueden tener la capacidad para llamadas de grupo "Normal", ya que las llamadas de grupo de "Área" son sólo recomendadas para las MESs clase marítima y son opcionales para las MESs clase móvil terrestre. Aunque ambos tipos utilizan procedimientos de llamadas fijo-a-MES simplex, estos difieren en los métodos para direccionar un grupo particular de MESs.

Tanto las llamadas de grupo Normal y llamadas de grupo de Área son dispuestas para cualquier tipo de servicio (utilizando los canales SCPC), con los valores apropiados de los campos "tipo de servicio", "naturaleza de servicio" y "parámetro de canal" en los mensajes de señalización apropiados.

El sistema de llamadas de grupo INMARSAT-M es completamente independiente del sistema de llamadas de grupo mejorado (EGC) descrito en el párrafo 2.4.2. Para obtener los beneficios completos de los servicios INMARSAT EGC, los fabricantes de la MES INMARSAT-M pueden considerar el tener un puerto de salida de HF o RF para su conexión con un receptor EGC.

A la LES le está permitido solicitar un reconocimiento de llamada de grupo normal si el grupo direccionado contiene menos de [1000] MESs. La MES debe ser capaz de confirmar una llamada simplex de origen fijo transmitiendo una ráfaga de "reconocimiento de llamadas simplex" si el campo "naturaleza de servicio" en el mensaje de "aviso de llamada" tiene un valor de 5<sub>H</sub> correspondiente a una "petición de reconocimiento" fijo-a-MES. Los canales MESCA son utilizados para la transmisión de mensajes de reconocimiento de llamadas simplex de la MES utilizando un formato de ráfaga idéntico al que se utiliza en la ráfaga de petición. Sin embargo, para llamadas de grupo de Área, la facilidad de reconocimiento no está proporcionada.

### 3.11.2 *Llamadas de Grupo Normal*

Direccionamiento fijo-a-MES:

La identificación de una MES para la función de llamada de grupo en INMARSAT-M se realiza por medio de los MES IDs de 6 caracteres hexadecimales para la dirección de avance, clasificada como sigue:

- (a) un identificador individual único.
- (b) identificadores de grupo nacionales.
- (c) identificadores de grupo de flota.
- (d) identificadores de grupo comercial.
- (e) identificadores de transmisión "a todas las MESS".

Para llamadas de grupo utilizando los canales SCPC, el direccionamiento móvil se realiza mediante el siguiente plan de numeración (Rec. E.215 del CCITT):

Llamada de grupo nacional: 87S 6 0 MID 0000  
Llamadas de grupo en flota: 87S 6 0 MID FFFF ["MID" a ser revisado]  
Llamadas de grupo seleccionadas: 87S 6 0 00 SSSSS

La carga automática y actualización de los identificadores de grupo MES se lleva a cabo mediante el uso de mensajes de "registro de Identificadores de Grupo" individuales de origen fijo en el canal NCSC. Cada MES confirma la recepción del identificador de grupo a la NCS por medio del canal MESRP apropiado utilizando el mensaje "resultado de actualización de Identificador de Grupo".

## 4. ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA INMARSAT-M

### 4.1 ACCESO AL SISTEMA

El sistema INMARSAT-M permite la comunicación de y hacia cualquier parte del mundo a través de una terminal móvil debidamente aprobada y comisionada.

Para tener acceso al sistema, cualquier usuario no tiene mas que comprar o rentar una terminal aprobada por INMARSAT, registrarla y comisionarla y desde luego, pagar la cuenta que se genere por el tráfico cursado, cuando ya se haya autorizado.

Los operadores de estaciones terrenas (LES) enrutan las llamadas provenientes de las redes nacionales e internacionales de teléfono y télex hacia los satélites INMARSAT y viceversa.

El cobro y método de pago por uso del sistema INMARSAT dependen de la dirección de la llamada. Es decir :

- En la dirección móvil-fijo conocida también como barco-tierra, los usuarios pueden elegir cualquier LES.
- En la dirección fijo-móvil (tierra-barco), la llamada es enrutada a través de una LES con la cual previamente se haya establecido un convenio de enrutamiento.
- Para llamadas móvil-móvil (barco-barco), debe hacerse una doble conexión con el satélite, lo cual involucra un doble cobro por uso del segmento satelital.

Varias empresas en el mundo que poseen LES, aplican reducciones de sus tarifas fuera de tiempo pico en que se efectúe el enlace, ello dependerá de la localización y hora local de donde se realice la llamada.

En el caso de México, Telecomm (Telecomunicaciones de México) establece acuerdos de enrutamiento con los operadores de estaciones terrenas terrestres (LES) extranjeras para que nuestros usuarios puedan establecer el enlace de sus llamadas a los menores costos posibles.

Para enrutar llamadas debe existir un enlace entre las redes domesticas y la LES extranjera. Este enlace puede ser terrestre, satelital o interoceánico.

## 4.2 MÉTODOS DE ACCESO AL CANAL

El sistema INMARSAT-M hace uso de los métodos de acceso al canal apropiados para los servicios de comunicaciones ofrecidos, con el fin de maximizar la eficiencia y minimizar los retardos en la conexión de llamadas.

(a) *telefonía*: canal único por portadora en acceso múltiple por división de frecuencia (SCPC/FDMA).

(b) *servicios opcionales de datos a 2.4 kbit/s*: canal único por portadora en canales de acceso múltiple por división de frecuencia (SCPC/FDMA) soportando la transmisión de facsimil Grupo 3 y la transmisión de datos full-dúplex a 2.4 kbit/s.

### 4.2.1 Control de Acceso y Señalización

La operación de acceso al canal está basada en la asignación por demanda, y permite un control de potencia, empleado en las portadoras de transmisión SCPC, para una utilización más eficiente del satélite debido a las variaciones geográficas en las localidades de las MESS (Mobile Earth Stations-Estaciones Terrenas Móviles).

La NCS (Network Coordination Station-Estación de Coordinación de Red) monitorea todos los canales de señalización (exceptuando los canales LESA) con el fin de facilitar el manejo de frecuencias de dichos canales. Las funciones de manejo incluyen el cambio de frecuencia de una portadora operacional en el caso de interferencia y la asignación de frecuencias adicionales para los canales de señalización a fin de ajustar los incrementos de niveles en el tráfico de señalización.

El sistema de señalización está basado en el uso de control de acceso, canales de señalización en banda y señalización sub-banda, dependiendo del control de acceso particular y de los requerimientos de comunicaciones del canal. El control de acceso utiliza unidades de señal de longitud fija, las cuales tienen una función específica de acuerdo al tipo de mensaje (el primer octeto de una unidad de señalización). Las definiciones de estas unidades de señal contienen la capacidad suficiente de ahorro para permitir futuros servicios y facilidades a ser prontamente implementadas según lo requieran las Estaciones Terrestres Móviles (MES) y las Estaciones Terrenas Terrestres (LES).

Los métodos de asignación de canal en el sistema INMARSAT-M están basados en un control centralizado en la NCS empleando canales de comunicación SCPC (telefonía y datos).

Para llamadas originadas en la MES, el mensaje de petición de canal es recibido por la LES direccionada, y ésta envía una petición a la NCS para la asignación de canal. Cuando las llamadas son de origen fijo, la LES solicita a la NCS transmita un mensaje de aviso de llamada a la MES direccionada, la cual responde a la NCS vía el canal de respuesta. Posteriormente, y para ambos tipos de llamadas (originadas en la MES o de origen fijo), la NCS asigna un canal en el haz-pincel satelital apropiado si está disponible o un canal de haz global es asignado en caso contrario. La NCS transmite entonces la información de asignación de canal a la LES y a la MES.

Las MESs terrestres poseen una versión mejorada del procedimiento estándar de establecimiento de llamada para disminuir el deterioro en la transmisión causado por interrupciones infrecuentes en el enlace y bloqueos en los canales terrestres. Esta versión permite la transmisión múltiple de mensajes de aviso de llamada (para llamadas de origen fijo) y mensajes de petición de acceso (para llamadas originadas en la MES) en el enlace móvil y utiliza la transmisión múltiple de mensajes de asignación desde la NCS para mejorar la robustez del procedimiento de establecimiento de llamada.

Las peticiones de llamada con nivel de prioridad son únicamente permitidas para las MESs marítimas, y cuando llegan a ser generadas son clasificadas en la LES dentro de las categorías correspondientes a la prioridad. En llamadas tanto de origen fijo como originadas en la MES, únicamente aquellas con prioridad 3 (llamadas de emergencia) son procesadas en base preferencial por la LES. Para llamadas de prioridad diferentes a las de prioridad 3, éstas se procesan en base al criterio "primera en entrar, primera en ser atendida" ("*first come, first served*"). Cada llamada se asigna a un canal cuando la unidad de canal de la LES o una frecuencia SCPC se encuentra disponible.

En llamadas de origen fijo, prioridades distintas a las de nivel 0 (rutina) están disponibles únicamente para los usuarios autorizados (por ejemplo, Centros de Coordinación de Rescate).

Si una MES marítima origina llamadas con prioridad 3, la NCS actúa como respaldo para la LES designada. En el caso de que la LES direccionada tenga una deficiencia para reaccionar o se tenga un Identificador de LES (LES ID) incorrecto en el mensaje de petición, la NCS procesa la petición y la LES de respaldo establece las comunicaciones con la MES llamada.

No hay llamadas de prioridad para MESs clase móvil terrestre. Por lo tanto, en ésta clase de MES, la prioridad 0 (rutina) siempre es asumida en llamadas originadas en ambas direcciones.

Para llamadas originadas en la MES, diferentes a las de prioridad 3, la LES comprueba el estado de autorización de la MES y verifica tanto la disponibilidad del tipo de servicio requerido como la unidad de canal antes de hacer la petición a la NCS para la asignación de una frecuencia. Similarmente, para las llamadas de origen fijo, la LES verifica la autorización de la MES y el estado "busy", y comprueba la disponibilidad del tipo de servicio requerido y unidad de canal antes de transmitir una petición de canal a la NCS para un aviso de llamada. La NCS también verifica la condición "busy" en su tabla de estado MES.

La NCS procesa todos los mensajes de señalización de las LESs y transmite los mensajes de señalización apropiados en base a "primera en entrar, primera en ser atendida", excepto que la transmisión de mensajes de señalización asociados con llamadas de prioridad 3 y de MESs marítimas tengan precedencia, ya que tales mensajes serán transmitidos en la primera oportunidad disponible. Todos los demás niveles de prioridad son atendidos de igual forma por la NCS.

Para todos los canales SCPC la NCS determina el nivel del PIRE de la MES en una llamada dependiendo del satélite operacional, asignación de canal dentro del haz-píncel o global y tipo de servicio, y transmite esta información en el mensaje de asignación.

#### 4.2.2 *Administración del Canal*

Debido a que las asignaciones de canales para llamadas telefónicas se basan en un control centralizado, las frecuencias del canal SCPC están contenidas dentro de los recursos comunes en la NCS para operaciones de asignación de demanda subsecuentes en base a cada llamada.

#### 4.2.3 *Conceptos de la Unidad de Señalización*

Todo el control de acceso, mensajes de señalización en banda y sub-banda están formateados en unidades de señal uniforme (SU-Signal Unit) de 96 bits (12 octetos). Este tamaño de unidad de señal les permite a muchas de las transacciones ser llevadas a cabo con sólo una unidad de señal y con un mínimo de capacidad de reserva sin utilizar. El uso de esta unidad de señalización se aplica a transacciones de señalización en el canal de señalización sub-banda de los canales SCPC, los canales de señalización en banda, así como el control de acceso y señalización en todos los canales NCS TDM, MESRQ y MESRP.

Un mensaje de señalización que pueda ser ajustado en una sola unidad de señal es formateado como una "Unidad de Señal Única". Los mensajes más largos son formateados con más de una unidad de señal, de las cuales la primera es una "Unidad de Señal Inicial" seguida por una o más "Unidades de Señal Subsecuentes".

### 4.3 Operación "*Stand-Alone*" de la LES

A opción del operador de la LES, una LES puede implementar la capacidad de operación "*stand-alone*" proporcionando una función de asignación por demanda para llamadas SCPC y para utilizarse sólo en caso de una falla en la NCS. La capacidad "*stand-alone*" se implementa (manualmente) sólo con la autorización de INMARSAT. Cada LES que desee operar en este modo es equipada con un canal de recepción de respuesta para atender respuestas de la MES a avisos para llamadas de origen fijo, además de la capacidad para transmitir mensajes de aviso de llamada y de la habilidad para realizar la función de asignación de canal. Cada LES en modo "*stand-alone*" tiene pre-asignado un conjunto de frecuencias de canal SCPC para su uso durante una falla en la NCS, excepto para la función de respaldo en casos de peligro.

Después de la recuperación de la NCS, estas frecuencias provenientes de las LESs "*stand-alone*" son reasignadas por INMARSAT a los recursos comunes de la NCS. Si se detecta una pérdida del canal NCSC (primario), cada MES sintoniza un canal NCSC alterno. Si la pérdida del canal NCSC alterno es detectada, cada MES sintoniza el canal LESA de una LES particular seleccionada previamente por el operador de la MES de aquellas LESs cuya capacidad de operación "*stand-alone*" está notificada en el "*Bulletin Board*" y almacenadas en el MIR (MES Initialisation Record-Registro de Inicialización de la MES). La información, dependiendo del estado de la NCS y de la frecuencia del canal de respuesta a ser usada, es señalizada a la MES por el canal LESA de cada LES "*stand-alone*" utilizando el mensaje "estado *stand-alone*". Todas las llamadas son entonces establecidas para cada MES por la LES particular seleccionada para la duración de la falla en la NCS. En el caso de falla en la NCS, la conectividad total entre las MESs y todas las LESs, para llamadas de origen fijo, no se mantiene; pero cada MES puede seleccionar una LES específica para operar durante el período de falla y por lo tanto la operación de la red no es disruptiva. La conectividad para llamadas móviles no se ve afectada por la falla en la NCS.

#### 4.4 Boletín de Información (Bulletin Board)

El "Bulletin Board" contiene la información total de la red para el sistema INMARSAT-M, y ésta información es transmitida por todas las NCSS en todas las redes satelitales. El "Bulletin Board" proporciona a las MESs información actualizada del estado de la red para todas las Regiones Oceánicas dependiendo de frecuencias del canal de señalización (excepto aquellas del canal NCSC), capacidades de las LES, localizaciones de los satélites operacionales y de respaldo, la base para calcular el intervalo de tiempo aleatorio entre dos iniciaciones de secuencia de petición de la MES y el intervalo de tiempo entre dos activaciones sucesivas del proceso de selección de haz-píncel de la MES.

Las unidades de señalización (SUs) del "Bulletin Board" son las siguientes:

- (a) Notificación del Canal de Transmisión : contiene los identificadores (IDs) de canal y los números de canal asociados para los canales NCSA, NCSS y LESA.
- (b) Notificación del Intervalo Base de Selección : contiene el intervalo base de selección de la MES (al cual la MES añade un tiempo aleatorio) para la identificación de haz-píncel.
- (c) Notificación de Parámetros de la Red : contiene las localizaciones orbitales de los satélites operacionales y de respaldo, el número de identificación de haz-píncel representando la "frontera" entre los haces-píncel preferidos y no preferidos, y un campo controlando la transmisión por las MESs de los mensajes de "registro de región oceánica".
- (d) Notificación del Canal de Recepción : contiene el identificador de canal y el número de canal asociado para cada canal MESRQ y MESRP.
- (e) Notificación de la Capacidad de la LES : contiene, para cada LES operacional en el sistema global, el identificador de la LES, la región oceánica en la cual opera la LES, el Código de Acceso de la LES (el número marcado por el usuario móvil para acceder una LES específica), y la información dependiendo de la capacidad de la LES para: (i) operar en el modo "stand-alone"; (ii) servicio de llamadas de socorro marítimas; (iii) soporte de varias velocidades de codificación de voz; y (iv) proporcionar la función de respaldo de socorro marítimo.
- (f) Notificación de Secuencia de Petición Aleatoria : contiene el intervalo de tiempo aleatorio usado para controlar el intervalo mínimo entre dos iniciaciones de secuencias de petición sucesivas de la MES.

El tiempo necesario para transmitir el contenido total de un "Bulletin Board" depende del número de redes satelitales, LESs operacionales, canales de señalización, haces-píncel y frecuencia de transmisión en la trama de canal NCSC.

#### 4.5 Identificación Satelital del Haz-Píncel

Los satélites de INMARSAT cuentan con "transponders" haz-píncel para mejorar la potencia en banda "L" y la eficiencia del ancho de banda. Los sistemas de señalización INMARSAT-M proveen a las MESs para operar con dichos satélites habilitándolas para que puedan determinar su localización actual en el haz-píncel y para señalar esta información a la LES o a la NCS apropiada.

La cobertura para un haz-píncel para una red puede ser ya sea por cobertura limitada (zona) o por cobertura total (global). Los "transponders" de haz-global continuarán siendo suministrados para la transmisión de los canales de transmisión y recepción de INMARSAT-M y para mantener el servicio con otros sistemas de INMARSAT que requieran de la operación de haz-global.

El método de identificación del haz-píncel apropiado es mediante la transmisión continua de una portadora de identificación de transmisión ("C"-a-"L"), identificando la portadora (NCSS) en cada haz (incluyendo el haz-global), dentro de una frecuencia única en banda "L" para ese haz. Cada canal NCSS contiene nominalmente un mensaje "*spot-beam originator*" en cada una de las tramas TDM, de esta forma habilita a las MESs para determinar su localización en el haz-píncel y la identidad de la NCS que transmite las portadoras NCSS. El canal NCSC, cuando es usado como portadora de identificación de haz-píncel en un haz-píncel satelital, no es señalado como canal NCSS (debido a los diferentes contenidos y requerimientos de capacidad de las tramas respectivas).

Cada 8 horas, o según se defina en el Boletín de Información, además de un retardo de tiempo aleatorio agregado por la MES, la MES explora en forma secuencial todas las portadoras de identificación de haz-píncel. El haz-píncel particular apropiado para la MES en ese instante es determinado por la MES comparando la tasa de error de paquete de cada portadora y seleccionando la portadora que brinde el mejor resultado de medición. El Identificador de haz-píncel (*spot-beam ID*) es entonces almacenado en la memoria de la MES y notificado a la LES o NCS como parte de la ráfaga del canal de señalización MESRQ o MESRP (como sea apropiado) durante el establecimiento de llamada. Si un cambio dentro del haz-píncel es detectado por la MES, como resultado de una activación subsecuente del proceso de selección, la información actualizada es almacenada y posteriormente enviada a la LES o NCS cuando una llamada posterior se establezca.

Cada vez que una MES se encuentre dentro del área de cobertura del haz-píncel, la asignación apropiada del canal para esa MES corresponderá a una frecuencia de haz-píncel si la capacidad de haz-píncel esta disponible en ese tiempo. Si la capacidad de haz-píncel requerida no esta disponible, el canal asignado corresponderá a una frecuencia de haz-global. Si ni la frecuencia ya sea de haz-píncel o haz-global está disponible, un mensaje de "indicación de falla de llamada" es enviado a la MES.

#### 4.6 *Control de Potencia*

Los propósitos del control de potencia son para conservar la potencia satelital en banda "L", en la dirección de transmisión, para los canales SCPC operando en modo "Voz" (LESV/MESV) y en el modo "Datos" (LES/D/MES/D), y para reducir el rango del PIRE de transmisiones satelitales en banda "C" para los enlaces de recepción. El establecimiento de la potencia de transmisión (LES PIRE) depende del satélite operacional particular y del ángulo de elevación de la antena en la MES. Por otro lado, la colocación de potencia en el enlace de recepción (MES PIRE) depende tanto del satélite operacional como de la operación del haz "píncel/global".

El sistema de control de potencia del enlace de transmisión depende del conocimiento en la LES del ángulo de elevación de la antena en la MES. El ángulo de elevación de la antena de la MES se mide directamente en las MESs marítimas y está estimado por la fuerza de la señal de recepción en las MESs terrestres. En ambos casos, esta información es transferida hacia la LES o la NCS en los mensajes "petición de acceso" o "respuesta", según sea lo apropiado.

La fijación del control de potencia para el enlace de transmisión en la LES proporciona los siguientes valores de ejemplo para el PIRE de la LES en banda "C" para las portadoras SCPC, con respecto al PIRE nominal de la LES (denotado por "X" en dBW). El nivel absoluto puede depender de la localización actual de la LES:

"ángulo de elevación de la zona" [°]	PIRE de la LES
menor o igual a 15 [°]	X dBW
mayor que 15 [°]	X-Y dBW, donde Y es un valor predeterminado entre 0 dB y 5 dB en pasos de 1 dB.

Un valor típico para "X" es 57 dBW para una LES en el umbral de cobertura. Si la información del ángulo de elevación es señalizada como "no disponible" por la MES, la LES transmite la portadora de transmisión en el valor nominal de X dBW. Inicialmente sólo dos zonas de control de potencia son empleadas, pero el sistema de señalización de control de potencia es capaz de aumentar a 4 regulaciones con el fin de proporcionar futuros ahorros de potencia.

Para el control de potencia del enlace de recepción, y para los presentes tipos de servicio, la MES es capaz de ajustar hasta dos valores nominales de PIRE:

- (i) MESs marítimas: 27 dBW (*high select*) y 21 dBW (*low select*)
- (ii) MESs móviles terrestres: 25 dBW (*high select*) y 19 dBW (*low select*)

El campo "PIRE de la MES" del mensaje "asignación de canal" instruye a la MES para saber cual de estos niveles debe utilizarse para una llamada particular. No obstante, todos los canales de control de acceso y señalización de la MES son transmitidos al nivel máximo nominal de PIRE de 27 dBW y 25 dBW para MESs marítimas y MESs móviles terrestres respectivamente.

## **4.7 Manejo del Sistema**

A continuación se describirán brevemente algunos de los mecanismos disponibles para la NCS y las LESs para el manejo de la operación del sistema y las MESs dentro de cada red.

### **4.7.1 Sistema de Inicialización de la MES**

Los procedimientos para la inicialización de la MES utilizando las unidades de señal (SUs) del Boletín de Información (*Bulletin Board*) son como sigue:

- (a) cuando la MES es encendida, ésta sintoniza la frecuencia primaria NCSC de la NCS en la red satelital seleccionada por el operador de la MES. Los Identificadores de la NCS (NCS IDs), los Identificadores de Región Oceánica y los números de canal NCSC son realizados dentro de la memoria de la MES.
- (b) la MES almacena la información contenida en las SUs NCSC del Boletín de Información en su Registro del Estado de la Red.
- (c) la MES verifica, del Boletín de Información, si existen selecciones del haz-píncel, y si esto sucede determina el haz-píncel apropiado y almacena el Identificador de haz-píncel correspondiente en su memoria.

### **4.7.2 Cambio de Frecuencia del Canal NCSC y Falla de la NCS**

Si una frecuencia NCSC operacional no esta en función (debido a interferencia), las MESs sintonizan automáticamente una frecuencia NCSC alterna después de detectar la pérdida de la frecuencia NCSC que estaba operando.

Durante un periodo de falla en la NCS, cada LES en modo *stand-alone* envía el mensaje "estado *stand-alone*" con la bandera de "estado" puesta a "0", uno cada 10 segundos por el canal LESA para permitirle a las MESs confirmar que la NCS realmente está en falla. Cuando la NCS reasume su operación normal, las LESs operando en el modo "*stand-alone*" lo notifican a las MESs mediante la transmisión del mensaje estado "*stand-alone*" por el canal LESA, con la bandera de "estado" puesta a "1" y el número de canal MESRP colocado en 0000 (frecuencia no disponible), uno cada 15 minutos para las 24 horas siguientes a la recuperación de la NCS. Las MESs regresan entonces a su operación normal.

#### 4.7.3 Cambio de Región Oceánica o Satélite

Cuando la MES es encendida, y siempre que direcciona su antena hacia un satélite en una Región Oceánica diferente, ésta tiene la capacidad para automáticamente transmitir un mensaje de "registro de región oceánica" a la NCS con el fin de ayudar en el enrutamiento de llamadas de origen fijo.

Si la MES cambia de una red satelital a otra, o de un satélite a otro, la MES debe asegurarse de que todos los canales de comunicación son borrados previamente al direccionamiento de su antena.

#### 4.7.4 Tabla de Autorización de una MES en la LES

Cada LES mantiene una tabla de Autorización de una MES conteniendo por lo menos la siguiente información:

- (a) Identidad Móvil (9 dígitos)
- (b) Identidad de la MES (Identificadores de 24 bits separados por cada dirección de transmisión).
- (c) Estado de Autorización de la MES para cada uno de los tipos de servicio.
- (d) Categoría y Clase de la MES.
- (e) Capacidad de Codificación de Voz de la MES.

#### 4.7.5 Administración de las Listas MES " Busy " en la LES y la NCS

1) Cada LES mantiene una lista " busy " local de MESs para llamadas ordinarias y de grupo normal (conteniendo ID de 24 bits separados de transmisión y recepción para cada MES) las cuales están comprometidas en una llamada a través de esa LES. Para llamadas de área de grupo, los 36 bits representando los parámetros de área son usados por la LES y la NCS para identificar esta "área" en sus listas "busy".

En cada NCS, una Tabla de Estado (lista "busy" es mantenida), la cual contiene una lista similar de MESs "busy" empleadas en llamadas en la región total del satélite de esa NCS.

2) La LES y la NCS siempre acuden a sus tablas "busy" MES para todas las llamadas: esto incluye las llamadas normal, simplex de grupo normal, de grupo direccionadas a todas las MESs (campo MES ID de todas ellas) y grupo de área. En todos los casos, las llamadas a una MES individual no son rechazadas cuando su ID de grupo (de los cuales la MES es un miembro) o su ID de grupo de área esta en su lista "busy" y las llamadas de grupo no son rechazadas si una MES individual perteneciente al grupo esta en la lista "busy".

3) Las tablas MES en la LES y la NCS también identifican esas MESs empleadas en una llamada de prioridad 3 (peligro).

4) El control de acceso y procedimientos de señalización para referirse a las listas "busy" MES en la LES y la NCS son los mismos sin consideración a la prioridad de la llamada (suponiendo que el derecho de prioridad del canal no está permitido para MESs ocupadas en llamadas de prioridad 3 ).

5) Para llamadas de origen MES, la MES es agregada a la lista "busy" local en la LES cuando la LES ha verificado que la MES está libre o tan pronto como la llamada anterior ha sido confirmada " borrada por solicitud de llamada".

6) Para llamadas de origen fijo, la MES es agregada a la lista "busy" local en la LES justo antes de que la LES envíe el mensaje "petición para aviso de llamada" (F3<sub>m</sub>) a la NCS. En la NCS, la NCS agrega la MES a su Tabla de Estado (lista *busy*) después de enviar el mensaje "aviso de llamada" (81<sub>m</sub>) a la MES.

7) Para llamadas SCPC, si la LES recibe un mensaje de "petición de acceso" de una MES que esta en su lista "busy" local (LES) y si la LES ha recibido el mensaje de "asignación de canal SCPC" (FE<sub>m</sub>) de la NCS (referente a la solicitud de llamada previa siendo procesada por la misma MES), la LES borra la llamada previa enviando un mensaje de "notificación de liberación de canal SCPC" (FC<sub>m</sub>) a la NCS y comienza a procesar la "nueva" llamada enviando un mensaje de solicitud para asignación de canal (FF<sub>m</sub>) a la NCS.

8) Para llamadas SCPC, si la LES recibe un mensaje de petición de acceso de una MES (la cual esta en la lista "busy" local) antes de recibir el mensaje de asignación de canal SCPC de la NCS (referente a la solicitud de llamada anterior siendo procesada por la misma MES) la LES espera la asignación de canal SCPC para la solicitud de llamada anterior de la NCS y entonces borra la llamada anterior (enviando la notificación de liberación de canales a la NCS) antes de que continúe con la nueva solicitud de llamada.

9) Los procedimientos descritos en los párrafos 4) a 8) son válidos sin consideración al estado de la bandera "inicio/repetir" en el mensaje de petición de acceso.

10) Las llamadas de origen fijo direccionadas a una MES, la cual esta en la lista "busy" LES, son rechazadas (excepto aquellas mencionadas en el párrafo 2) y la LES enviará una señal de falla apropiada a la parte del lado fijo.

11) Si la NCS recibe un mensaje de petición para asignación de canal para una MES la cual esta en su lista "busy" NCS. (esto ocurrirá cuando la MES borre su llamada anterior y reintente establecer otra llamada con una LES diferente mientras los mensajes de liberación de canal no sean rechazados por la LES anterior por alguna razón), la NCS deberá eliminar el acceso de la MES "existente" (incluyendo los canales asignados previamente) de su Tabla de Estado MES e iniciar el proceso de asignación de canal para la " nueva " llamada.

12) Si la NCS ha transmitido un mensaje de aviso de llamada a una MES para el establecimiento de una llamada de origen fijo y en tanto que la NCS recibe de otra LES una solicitud para establecer una llamada de origen móvil a la misma MES antes de que la NCS reciba el mensaje de respuesta de la MES para el mensaje de aviso de llamada anterior, la NCS procederá con el establecimiento de la llamada de origen móvil y eliminará cualquier entrada asociada con la llamada de origen fijo anterior.

13) Si la NCS recibe un mensaje de petición para aviso de llamada para una MES la cual esta en su lista "busy", la NCS regresa un mensaje de " indicación de falla de llamada " (F9<sub>n</sub>) a la LES.

#### 4.7.6 Señalización del Ángulo de Azimuth de la Antena de la MES

Con el fin de ayudar en la coordinación del espectro de banda "L" y el re-uso de frecuencia la NCS toma en consideración una aproximación de la posición geográfica de la MES para las asignaciones de canales SCPC. Con este propósito, se requiere que todos los tipos de MESs transmitan la información del ángulo de azimuth dentro de los mensajes de petición de acceso y respuesta. Es de carácter obligatorio el que las MESs proporcionen la información cuantificada del ángulo de azimuth para una de cuatro zonas, cada 90° de amplitud, (por ejemplo, en cuadrantes). Este número de zonas de azimuth ha sido seleccionado como un compromiso entre los requerimientos de un proceso de coordinación ideal y la necesidad expresa de algunos usuarios de la MES para mantener la confidencialidad.

En operación normal, la MES es requerida para determinar el ángulo entre el satélite y el norte, cuantificando éste ángulo para uno de los cuatro cuadrantes con una aproximación de [+/- 5°] y envía esta información de cuadrante a la LES (llamadas de origen móvil) en el mensaje "petición de acceso" o a la NCS (llamadas de origen fijo) en el mensaje "respuesta". La NCS utiliza esta información del "ángulo de azimuth de la zona" para determinar la asignación de canal óptima.

En el caso de que la MES no pueda obtener la información correcta del azimuth de la zona, la MES debe de indicar a su mejor conocimiento el ángulo de azimuth a la LES/NCS, incluyendo cuando sea necesario, el "Azimuth no conocido de la zona". Si la información sobre el azimuth no se conoce ésta deberá ser "realizada" (lo mejor posible) combinándola con información obtenida de la LES antes de ser utilizada por la NCS para los procesos de asignación de canal.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

#### **4.7.7 Proceso sobre la puesta en servicio de la MES**

Como el sistema INMARSAT-M puede operar con dos niveles diferentes de PIRE, es esencial para la LES el tener la capacidad para verificar cada uno de estos niveles durante las pruebas sobre la puesta en servicio de una MES y también para verificar nuevamente los niveles posteriormente (si es necesario).

Después de una puesta en servicio exitosa, la información disponible en la LES para cada MES es la siguiente:

- (a) Número móvil internacional INMARSAT.
- (b) Identidades de la MES (Identificadores de Tx y Rx de 24 bits).
- (c) Tipo de MES (marítima o terrestre)
- (d) capacidades opcionales de comunicaciones suministradas por la MES, incluyendo lo siguiente:
  - (i) capacidades opcionales de velocidad de codificación de voz.
  - (ii) capacidades opcionales de datos.
  - (iii) capacidad opcional de facsímil Grupo-3 del CCITT.
  - (iv) capacidades adicionales

Después de haber completado las pruebas de apertura de la MES, la(s) LES(s) que hayan realizado las pruebas envían los resultados al Centro de Control de Operaciones de INMARSAT (OCC) en donde una lista maestra de todas las MESs inauguradas se guarda en una cinta. El OCC de INMARSAT distribuye la información de puesta en servicio de la MES a todas las NCSs y LESs en todo el sistema. Las LESs utilizan esta información con el fin de asegurar que la MES está autorizada para proporcionar el servicio solicitado.

#### **4.7.8 Llamadas Dúplex y Simplex**

Las llamadas simplex están definidas como llamadas en las cuales la MES no es requerida ni permitida para transmitir en el canal SCPC de recepción asociado con llamadas dúplex. Por lo tanto, las llamadas simplex cubren llamadas simplex de origen fijo para una sola MES, llamadas de grupo normal y llamadas de grupo de área. El "field" "naturaleza del servicio" en las unidades de señal apropiadas identifica si una llamada es de tipo dúplex o simplex; las llamadas simplex originadas en la MES no están actualmente definidas. Los procedimientos de borrado y de establecimiento de una llamada simplex para un servicio en particular difieren de aquellos correspondientes a una llamada de tipo dúplex en lo siguiente:

- (a) no hay transmisión de la ráfaga de respuesta por parte de la MES durante el establecimiento de una llamada de tipo simplex.
- (b) debido a la ausencia de un canal SCPC de recepción, no hay señalización en banda o sub-banda de recepción.

Los protocolos para llamadas simplex de origen fijo correspondientes a cualquier tipo particular de servicio son también utilizados para llamadas de grupo asociadas con ese servicio (por ejemplo, llamadas de grupo de facsímil Grupo 3 del CCITT).

#### **4.7.9 Reconocimiento de Llamadas Simplex de Origen Fijo**

Este servicio (el cual es obligatorio en la MES y opcional en la LES) habilita al originador terrestre de una llamada simplex (lado fijo-a-MES únicamente) de cualquier tipo de servicio para obtener la confirmación (con buena probabilidad) de que la llamada fue recibida por la MES o las MESs direccionada(s). Una aplicación particular de dicha facilidad es el reconocimiento de llamadas simplex de Grupo, en las cuales el originador de la llamada puede determinar cuales MESs del grupo especificado realizaron o no el acuse de recibo. La confirmación no garantiza que la llamada esté en efecto siendo recibida (completa o parcialmente) por el receptor deseado. No obstante, el mensaje de confirmación contiene los campos "causa" de falla de la llamada que pueden ser usados para señalar algunas de las razones posibles para la MES, suponiendo que el receptor deseado no ha recibido la llamada (por ejemplo, teletipo descargado).

Como el mensaje de confirmación es enviado por la MES a través del canal de acceso aleatorio (MESCA), utilizando un formato de ráfaga idéntico al empleado para una ráfaga de petición de acceso y al del protocolo de acceso (Slotted Aloha), explicado en capítulos posteriores, las colisiones ocasionales de ráfagas son posibles. Por lo tanto, la falta de las LES para recibir un mensaje de confirmación debe sólo interpretarse como la indicación de una gran probabilidad de que la MES direccionada falle al recibir el mensaje completo.

La diferencia principal en los protocolos de acceso para el proceso de transmisión de las ráfagas de confirmación y de petición es que, en el primer caso la MES siempre transmite tanto la ráfaga "inicial" como la ráfaga de "repetición", mientras que en el último caso (transmisión de la ráfaga de petición) la MES transmite ráfagas de "repetición" únicamente si el mensaje de señalización apropiado no es recibido dentro de los [T] segundos de haber transmitido la ráfaga "inicial".

#### **4.7.10 Borrado Anormal de una Llamada**

Los mensajes sobre el borrado anormal de una llamada se transmiten normalmente por el canal NCSC, pero si la red se encuentra seriamente perturbada (por ejemplo, debido a interferencia o falla en la NCS), éstos pueden transmitirse por cualquier canal de señalización o comunicaciones. Se definen los siguientes tipos de borrado anormal de un llamada:

- (i) mensajes de "borrado selectivo", utilizados para borrar MESs que puedan estar transmitiendo erróneamente debido a una falla.
- (ii) mensajes de "borrado de área direccionado" y que están recomendados para MESs marítimas y MESs terrestres opcionales, empleados para borrar MESs dentro de un área geográfica específica.

#### **4.7.11 Señalización de la Categoría de una MES**

Todo o parte del espectro de banda "L" usado por los sistemas INMARSAT-M puede ser dividido en un número independiente de bandas móviles marítimas o terrestres. Es necesario el poder determinar la categoría de la MES direccionada (MES marítima o terrestre) con el fin de hacer una asignación de frecuencias en la banda correcta. La información de categoría de una MES es proporcionada por la LES a la NCS en el campo "Categoría de la MES" definido en el mensaje "Petición para Aviso de Llamada" para llamadas de origen fijo, y en la "Petición para Asignación de Canal" para llamadas originadas en la MES.

#### **4.7.12 Funciones de Señalización de Socorro de la MES**

El mensaje "petición de acceso" es usado únicamente para los niveles de prioridad 0,1 y 2. En el caso de llamadas de socorro (prioridad 3) se utiliza un mensaje "petición de acceso" distinto y éste incluye los ángulos de elevación y azimuth de la antena de la MES. El procesamiento y uso subsecuente de la información sobre los ángulos de elevación y azimuth en la LES para el servicio de llamadas de socorro es obligatorio. La información sobre el ángulo de elevación de la zona es utilizado por la LES para el control de potencia de transmisión y la información sobre el ángulo de azimuth de la zona es empleado por la NCS para las asignaciones de canal SCPC.

#### **4.7.13 Registro Oceánico de la MES**

Un subscriptor terrestre que desee hacer una llamada a una MES INMARSAT-M tiene que conocer la "Localización de la Región Oceánica de la MES" con el fin de marcar el "código del país" correcto (para enrutar la llamada a través de una LES en la Región Oceánica apropiada), de no ser así, un operador en la red terrestre tiene que hacer el intento con las cuatro regiones hasta que la MES sea localizada.

Con el fin de cambiar esta limitante el CCITT ha propuesto que en un futuro la red global de INMARSAT deberá operar con el subscriptor terrestre marcando únicamente un solo código de país (para cualquier tipo de servicio específico, como el de telefonía) y la red terrestre deberá entonces enrutar automáticamente la llamada, mediante una LES, a la Región Oceánica apropiada. Para llevar a cabo esta operación será necesario que la red terrestre global de INMARSAT tenga la información de cada MES INMARSAT-M. El proceso mediante el cual ésta información está disponible (para la red terrestre) es llamado "Registro de la Región Oceánica de la MES".

Los aspectos de la NCS/LES y la red terrestre (elección de las localizaciones de las bases de datos conteniendo la información de la Localización de la Región Oceánica de la MES y la recepción de los mensajes de "Registro de la Región Oceánica" y sus mecanismos de confirmación) están aún en desarrollo.

#### 4.7.14 Mecanismos de "Registro de la Región Oceánica"

(a) Cuando una MES es encendida, tan pronto como ha sido inicializada, tiene la capacidad de declarar su "Localización en la Región Oceánica" transmitiendo el mensaje "Registro de la Región Oceánica" a la NCS (por el canal MESRR) que opera en la misma Región Oceánica que la MES.

(b) Las acciones que toma la MES en el proceso del Registro de la Región Oceánica dependen del contenido del campo "Control de Registro" en el mensaje "Notificación de Parámetros de la Red" del "*Bulletin Board*".

(c) Siempre que una MES direcciona su antena a un satélite dentro de una Región Oceánica diferente, éste mismo proceso es nuevamente realizado.

(d) Con el fin de proteger este mecanismo contra pérdidas de mensajes debido a colisiones de ráfagas en el canal MESRR, la NCS/LES confirmará la recepción del mensaje "Registro de la Región Oceánica" mediante la transmisión del mensaje "Confirmación de Registro" a la MES vía un nuevo canal funcional TDM (canal NCRA). Si esto no es recibido por la MES, la MES repetirá una vez más el mensaje original "Registro de la Región Oceánica".

(e) Como el formato del canal NCRA TDM es el mismo al del canal NCS TDM o LES TDM, éste canal NCRA puede multiplexarse con cualquier canal NCS TDM o LES TDM, dependiendo de la carga de éstos canales.

(f) Si la MES no recibe una confirmación del mensaje "Registro de la Región Oceánica", ésta iniciará el proceso de Registro cada 30 minutos (hasta que reciba exitosamente un mensaje de confirmación de la NCS/LES).

(g) El "*Bulletin Board*" informará a la MES si el Registro es requerido en cualquier Región Oceánica específica, y si las confirmaciones NCS/LES son de esperarse.

(h) La información (Confirmación de Registro de la Región Oceánica) transmitido por el canal NCRA es transmitida a las MESs vía el "*Bulletin Board*". Sin embargo, sin importar si una confirmación es esperada o no, la MES direccionará todos los mensajes "Registro de la Región Oceánica" a todas las LESs.

## 5. TÉCNICAS DE MODULACIÓN, CODIFICACIÓN Y ACCESO DE INMARSAT-M

Los sistemas INMARSAT-M emplean modulación completamente digital con el fin de utilizar eficientemente la potencia y el ancho de banda del satélite, y emplean técnicas de corrección de error FEC (Forward Error Correction).

Las técnicas de modulación utilizadas por INMARSAT-M son BPSK filtrado, O-QPSK filtrado, BPSK sin filtrar; con codificación convolucional y técnicas de acceso combinadas.

En la tabla 8 se muestran los servicios y tipos de canales empleados por INMARSAT-M.

Tipo de Canal	Velocidad (kbits/s)	Método de Modulación	Razón FEC	Método de Acceso
<b>Dirección de avance:</b>				
NCS TDM	6	BPSK (40% filtrado)	$\frac{1}{2}$	TDM
LESV (SCPC) (modo Voz)	8	O-QPSK (60% filtrado)	(a)	SCPC/FDMA
LESV (SCPC) (modo Datos)	8	O-QPSK (60% filtrado)	dual tx y $\frac{1}{4}$	SCPC/FDMA
<b>Dirección de retorno:</b>				
MESRQ, MESCA, MESRR (s. Aloha)	3	BPSK (sin filtrar)	$\frac{1}{2}$	Slotted Aloha
MESRP (TDMA)	3	BPSK (sin filtrar)	$\frac{1}{2}$	TDMA
MESV (SCPC) (modo Voz)	8	O-QPSK (60% filtrado)	(a)	SCPC/FDMA
MESD (SCPC) (modo Datos)	8	O-QPSK (60% filtrado)	dual tx y $\frac{1}{4}$	SCPC/FDMA

Tabla 8: Servicios y Tipos de Canales.

*Nota: (a) No se aplica código FEC al campo de voz cuando el canal SCPC está operando en modo voz.*

## 5.1 MODULACIÓN DIGITAL

La técnica de modulación digital más recomendada y utilizada actualmente es la modulación por impulsos codificados PCM. Sin embargo, existen otras técnicas suficientemente efectivas que por sus características y desempeño justifican su uso y aplicación.

Entre las otras técnicas de modulación digital que acompañan a PCM se encuentran las siguientes:

- ASK (Amplitude Shift Keying, modulación por corrimiento de amplitud).
- FSK (Frequency Shift Keying, modulación por corrimiento de frecuencia).
- PSK (Phase Shift Keying, modulación por corrimiento de fase).
- 4PSK (Modulación por corrimiento-4 fases).
- 8PSK (Modulación por corrimiento-8 fases).
- 16PSK (Modulación por corrimiento-16 fases).
- QAM (4 niveles-16 símbolos).
- DELTA
- OOK (On-Off Keying, ASK General).
- APK (Modulación por desviación amplitud-fase).

### 5.1.1 MODULACIÓN BPSK

La modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying, Modulación por Corrimiento de Fase Binaria) es la forma más simple de la modulación PSK. Este tipo de modulación hace que los datos digitales modulen una portadora senoidal como se ilustra en la fig. 13a. La salida modulada toma uno de dos estados de fase posible ( $0$  ó  $\pi$  radianes) durante cada intervalo de tiempo de cada bit ( $T_b$ ), representando  $0$  ó  $1$  binario. En el dominio del tiempo, la portadora modulada aparece como una senoidal constante con rápidos cambios de fase cuya ocurrencia se representa con una tasa de corrimiento, dependiente de la tasa de datos digitales. En el dominio de la frecuencia, la densidad espectral de la portadora modulada varía en concordancia con:  $H(\omega) = |(\sin \omega) / \omega|^2$ .

La mayor parte de la energía de la señal modulada está contenida en el lóbulo principal (fig. 13b), el ancho depende del tiempo de duración del bit o tasa de corrimiento. Se considera el ancho de banda de la señal modulada como la porción contenida dentro del lóbulo principal. Los lóbulos menores del espectro se repiten indefinidamente, a menor amplitud cada vez, decreciendo a una tasa de  $1/F$ . Por consiguiente, como en la modulación FM, el espectro de una señal modulada utilizando PSK es teóricamente infinito. En BPSK, limitando el ancho de banda a aproximadamente igual la tasa de velocidad de los bits, la energía en los lóbulos laterales se pierde, con un pequeño impacto en el desempeño.

Si se considera una señal BPSK en el dominio de la fase como la mostrada en la fig. 14 se nota que la fase puede asumir uno de dos posibles estados, representando un  $0$  o un  $1$  binario. La transmisión de una portadora modulada en PSK a través de un canal con perturbaciones de ruido puede causar errores en la salida demodula si el ruido perturba lo suficiente a la fase. La figura 14 ilustra el efecto de la señal de ruido en la fase de la portadora. Si el demodulador ha adquirido una referencia coherente, el componente de cuadratura del ruido puede no afectar a la percepción de la fase de la señal en el receptor. De esto se ve que sólo el ruido dentro de la fase puede causar el corrimiento de la fase por  $\pi$  a lo largo del eje horizontal, hasta  $2\pi$ . Este ruido puede entonces hacer que lo que se envió como un uno ( $2\pi$ ) sea en realidad un cero ( $\pi$ ) o viceversa, lo cual se muestra como un bit erróneo. Suponiendo que el efecto del ruido tiene una distribución de fase gaussiana (fig. 14) la probabilidad de que suceda un error es igual al área sombreada bajo las curvas. Para expresar esta probabilidad de una forma más clara se utiliza la razón portadora a ruido del canal RF.

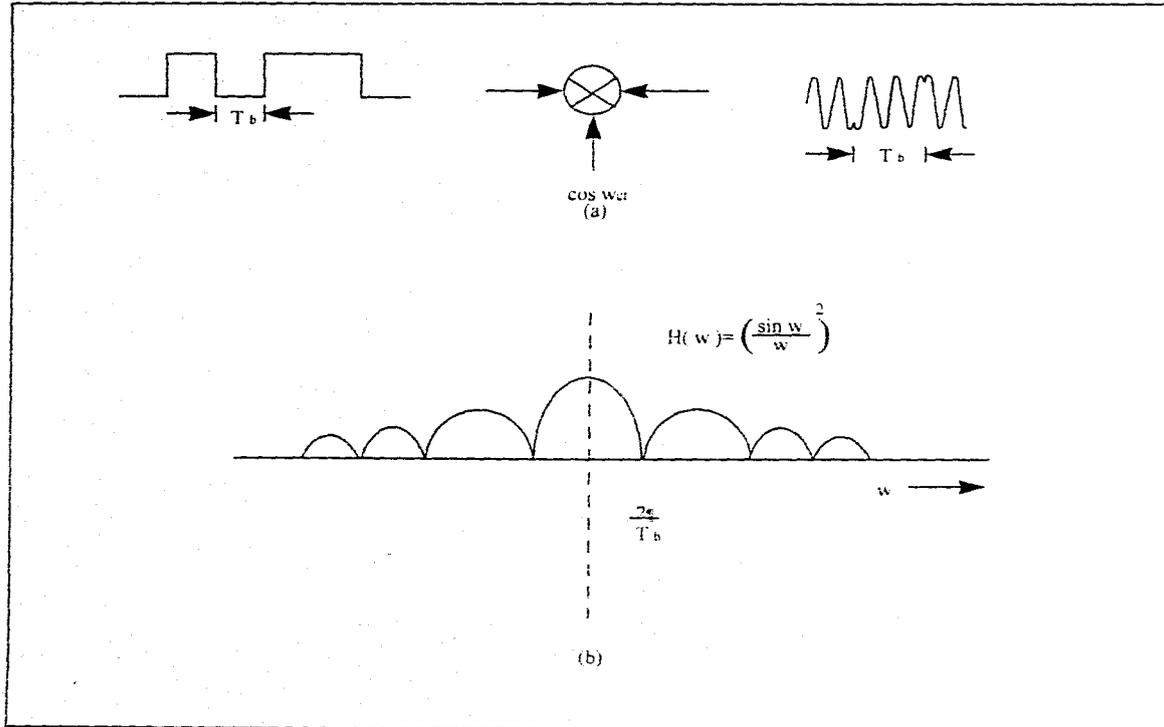


Fig. 13.- Modulación BPSK  
(a) Domino del Tiempo  
(b) Domino de la Frecuencia

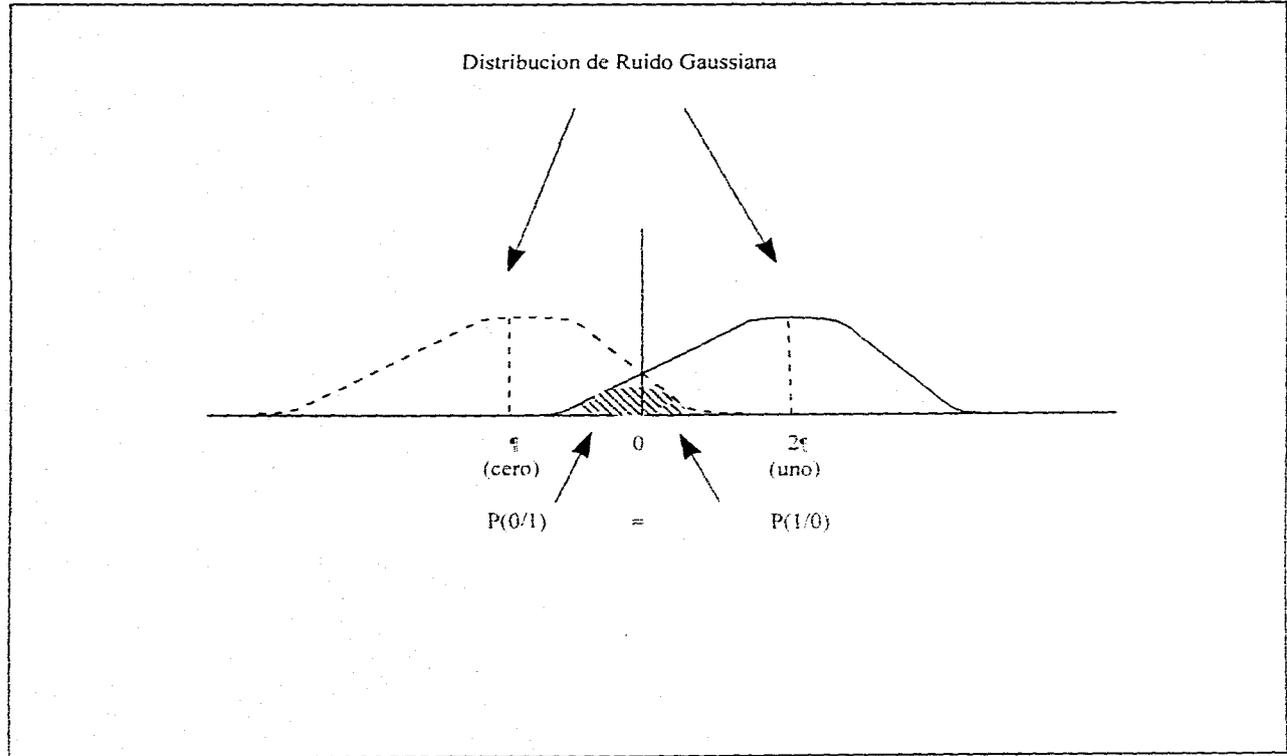


Fig. 14.- BPSK EN EL DOMINIO DE LA FASE

Dado que los demoduladores digitales toman decisiones en cada intervalo de tiempo de bit, independientemente de los intervalos adyacentes, esto puede mostrar que la tasa de error es una función del tipo de razón señal a ruido conocida como la razón energía de bit a densidad de ruido, escrita como  $E_b/N_0$ .

Revisando los varios tipos de razón señal a ruido conocidos, primero se ve que el ruido térmico está en función de la temperatura de ruido y el ancho de banda: esto es:

$$N = kTB = N_0B \quad (1)$$

- donde:
- $k$  es la constante de Boltzman.
  - $T$  es la temperatura de ruido en Kelvin.
  - $B$  es el ancho de banda en Hertz.
  - $N_0$  es la densidad de potencia de ruido normalizada a 1Hz de ancho de banda.

En la práctica, se mide la razón portadora a ruido sobre todo el ancho de banda. También se usa el término razón portadora a densidad de ruido o  $C/N_0$ , el cual se relaciona con la relación portadora a ruido o  $C/N$ , por la ecuación (2).

$$C/N = C/N_0B \quad (2)$$

Esto puede ser desarrollado en términos de la energía de bit  $E_b$  y la tasa de velocidad de los bits  $R_b$ , mediante:

$$C = E_b / T_b = E_b R_b \quad (3)$$

donde:  $T_b$  es el intervalo de tiempo del bit.

sustituyendo (3) en (2) la expresión queda:

$$C/N = (E_b R_b) / (N_0B) \quad (4)$$

Esto se simplifica a  $E_b/N_0$  únicamente, en el caso de que el ancho de banda sea igual a la tasa de velocidad del bit. En los sistemas prácticos, primero se mide  $C/N$  y después se convierte a  $E_b/N_0$  usando la ecuación (4) [Pritchard, 1993].

### 5.1.2 Modulación QPSK

La señal QPSK es de la misma forma básica que la señal BPSK, excepto que la modulación cuaternaria es empleada en lugar de la modulación binaria. De este modo la señal transmitida para el intervalo  $[nT, (n+1)T]$  puede ser escrita como:

$$s(t) = A \cos[2\pi f_c t + \theta_k + \phi]$$

donde  $k$  denota el mensaje a ser enviado en el  $n$ -ésimo intervalo ( $k = 0, 1, 2, \text{ ó } 3$ ). Los cuatro diferentes valores para  $\theta_k$  deberán estar separados por  $\pi/2$  radianes. Por ejemplo, podemos hacer  $\{\theta_k: k=0, 1, 2, 3\}$  ser el conjunto  $\{0, \pi/2, \pi, 3\pi/2\}$  o el conjunto  $\{\pi/4, 3\pi/4, 5\pi/4, 7\pi/4\}$ .

La señal QPSK puede expresarse como:

$$s(t) = A \cos[2\pi f_c t + \theta(t) + \phi]$$

La modulación de fase  $\theta(t)$  es una secuencia de pulsos rectangulares de duración  $T$  y amplitudes  $(\pi/2)b_n$ , con  $b_n = 0, 1, 2, \text{ ó } 3$ .

La señal QPSK puede ser vista como modulación de amplitud en cuadratura reescribiendo:

$$s(t) = A \cos[2\pi f_c t + \theta(t) + \phi]$$

como:

$$s(t) = A \{ \cos[\theta(t)] \cos[2\pi f_c t + \phi] - \text{sen}[\theta(t)] \text{sen}[2\pi f_c t + \phi] \}$$

Si  $\theta(t)$  toma valores del conjunto  $\{\pi/4, 3\pi/4, 5\pi/4, 7\pi/4\}$ , entonces  $\cos[\theta(t)]$  será  $+1/\sqrt{2}$  ó  $-1/\sqrt{2}$ , y  $\text{sen}[\theta(t)]$  toma los dos mismos valores. De este modo,  $s(t)$  puede ser escrita como:

$$s(t) = (A/\sqrt{2}) \{ a_1(t) \cos[2\pi f_c t + \phi] + a_2(t) \text{sen}[2\pi f_c t + \phi] \}$$

donde  $a_1(t)$  y  $a_2(t)$  son secuencias de pulsos rectangulares positivo y negativo de amplitud unitaria de duración  $T$ .

Esta formulación de QPSK claramente exhibe su relación con QASK. Si definimos las señales en fase y cuadratura como:

$$s_1(t) = (A/\sqrt{2}) a_1(t) \cos[2\pi f_c t + \phi]$$

y

$$s_0(t) = (A/\sqrt{2}) a_2(t) \sin[2\pi f_c t + \phi]$$

respectivamente, la señal QPSK puede ser escrita como:

$$s(t) = s_1(t) + s_0(t)$$

La señalización QPSK tiene el doble de la velocidad de transferencia de datos de BPSK ya que cada pulso de duración  $T$  toma uno de cuatro valores y esto da  $\log_2(4) = 2$  bits por pulso. La formulación de modulación de amplitud en cuadratura de QPSK muestra la señal como la suma de dos señales ASK en cuadratura binaria. Una señal QPSK puede ser también vista como dos señales BPSK en cuadratura.

La potencia en la señal QPSK es  $A^2/2$  y la energía por pulso es  $E = A^2 T/2$ , mientras que la energía por bit es  $E_b = A^2 T/4$  ya que cada pulso representa dos bits. Debido a que la forma del pulso y la duración son las mismas que para BPSK, las dos señales tienen el mismo ancho de banda.

Para muchos propósitos, es mejor comparar las señales BPSK y QPSK que tengan la misma energía por bit y la misma tasa de datos (en lugar de la misma duración de pulso). Para hacer esto, simplemente se reemplaza  $T$  por  $T_s$  en las expresiones QPSK, y haciendo  $T_s = 2T$ . Esto es, la señal  $s(t)$  está dada por:

$$s(t) = A \cos[2\pi f_c t + \theta(t) + \phi]$$

pero ahora, la modulación de fase  $\theta(t)$  es una secuencia de pulsos rectangulares  $T_s = 2T$ . Las amplitudes de estos pulsos están aún dadas por  $(\pi/2)b_n$  con  $b_n = 0, 1, 2, \text{ ó } 3$ ; sin embargo, la secuencia  $(b_n)$  es ahora transmitida a la velocidad de un símbolo cuaternario cada  $T_s$  segundos.

Debido a que un pulso QPSK de duración  $T_s$  proporciona dos bits, la tasa de datos de una señal QPSK que utiliza pulso de duración  $T_s$  es:

$$R_{\text{QPSK}} = 2/T_s = 1/T$$

bits por segundo. Si el dato digital consiste de una única secuencia de dígitos binarios, la mitad de los bits de datos pueden ser modulados dentro de la componente en fase y la otra mitad dentro de la componente de cuadratura.

Las formas de los pulsos para QPSK y BPSK son las mismas, pero la duración del pulso para QPSK es el doble que para BPSK. Esto significa que la señal QPSK tiene la mitad de el ancho de banda de la señal BPSK.

En resumen, si QPSK y BPSK son comparadas para la misma velocidad de transferencia de datos, BPSK requiere el doble de ancho de banda que QPSK. Si las dos señales tienen la misma tasa de datos e igual potencia, tendrán también la misma energía por bit de dato.

### 5.1.3 Modulación OQPSK

La señal OQPSK puede definirse por el remplazo de  $0_1(t)$  con  $0_1(t+T)$  en la modulación QPSK. Esto es, OQPSK puede representarse en términos de dos señales de cuadratura BPSK de la siguiente manera:

$$s(t) = (A/\sqrt{2}) \{ \cos[2\pi f_c t + 0_1(t+T) + \phi] + \text{sen}[2\pi f_c t + 0_2(t) + \phi] \}$$

donde  $0_1(t)$  y  $0_2(t)$  son secuencias de pulsos de duración  $T_s = 2T$ . Como la cantidad de desplazamiento es la mitad de la duración del pulso, las transiciones de fase para las componentes en fase y cuadratura de la señal OQPSK están separadas en tiempo por  $T$  segundos.

La señal OQPSK puede representarse como modulación de amplitud en cuadratura con la señal en banda base de la componente en fase desplazada por  $T$  segundos en relación a la señal en banda base de la componente de cuadratura. Así, la representación de la modulación de amplitud de OQPSK es:

$$s(t) = (A/\sqrt{2}) \{ a_1(t+T) \cos[2\pi f_c t + \phi] + a_2(t) \text{sen}[2\pi f_c t + \phi] \}$$

Note que la señal en banda base para la componente en fase puede cambiar de polaridad  $nT$  veces para enteros impares  $n$  únicamente, pero las transiciones de la señal en banda base para la componentes de cuadratura están a  $nT$  veces para valores pares de  $n$  únicamente. Esta es una característica importante de OQPSK para canales limitados en banda con no linealidades. Una versión limitada en banda de QPSK o BPSK tiene una envolvente que puede ir a cero cuando las señales en fase y de cuadratura conmutan de polaridad al mismo tiempo; el "offset" en OQPSK conduce a una envolvente más constante para señal limitada en banda.

Si la señal OQPSK se expresa como:

$$s(t) = A \cos[2\pi f_c t + \theta(t) + \phi]$$

La fase  $\theta(t)$  puede cambiar cada  $T$  segundos, mientras que los cambios de fase en QPSK ocurren únicamente a intervalos de  $2T$  segundos. Sin embargo, para OQPSK las magnitudes de los cambios de fase están limitados únicamente a  $0$  ó  $\pi/2$ .

El filtrado de BPSK o QPSK causa que la envolvente vaya a cero inmediatamente cada  $180^\circ$  de inversión de fase.

El filtrado de OQPSK aplana las transiciones de fase pero causa modulación de la envolvente. No obstante, el valor mínimo de la envolvente para un filtrado razonable no es menor a  $0.707$  de su valor pico, [Jordan, 1989].

## 5.2 CODIFICACIÓN CONVOLUCIONAL

En los sistemas de comunicación digitales es frecuente el uso de técnicas de codificación que permitan la detección y/o corrección de errores en recepción. Uno de estos esquemas es la codificación convolucional.

Un esquema de código convolucional segmenta la cadena de información de entrada en paquetes de mensajes generalmente más cortos. Los mensajes son continuamente procesados de forma seriada, produciendo bloques más largos en la salida. Una característica particular de este tipo de codificación es que un bloque de salida depende por historia de un cierto número de mensajes de entrada.

En otras palabras, el codificador es un sistema de memoria finita. Debido a su memoria, el codificador transforma secuencias de mensajes largos en secuencias de código de salida uniforme, más largas. Esta propiedad habilita el uso eficiente de métodos estadísticos de secuencias de error en el decodificador. La utilización típica de métodos probabilísticos en los decodificadores de códigos convolucionales, permite la sencilla implementación de un decodificador de decisiones blandas ("soft decision").

### 5.2.1 Representación Polinomial

Un código convolucional  $(n, k, m)$  puede ser generado por  $k$ -entradas,  $n$ -salidas de circuitería secuencial lineal con  $m$ -memoria. Generalmente,  $n$  y  $k$  son enteros pequeños. Por simplicidad, nos limitaremos a una clase especial de códigos convolucionales de tasa  $1/n$ .

Como ejemplo se tiene que una secuencia única de mensaje y una  $e$  es codificada en  $n$  secuencias de salida  $v^{(1)}, v^{(2)}, \dots, v^{(n)}$ . Las  $n$  secuencias de salida son multiplexadas para formar una secuencia única de código. Si a un tiempo  $l$  el bit de mensaje de entrada es  $e$ , entonces la salida es una secuencia de  $n$ -dígitos:

$$v_l = (v_l^{(1)}, v_l^{(2)}, \dots, v_l^{(n)}) \quad (5)$$

Dado que el codificador tiene  $m$  elementos de memoria, la salida  $v_l$  está en función de la entrada  $e_l$  y también de  $(m-1)$  bits previos de entrada. El parámetro  $K=(m+1)$  es llamado la *longitud restringida* ("constraint length") del código, y la secuencia del mensaje de entrada puede ser expresado como un polinomio de longitud finita o infinita [Miller, 1993]:

$$e(X) = \dots + e_0 + e_1 X + \dots + e_l X^l + \dots \quad (6)$$

donde  $X$  es el operador de retardo.

La secuencia de código de salida está determinada por conexiones de las etapas de registros de corrimiento. Cada una de las  $n$  conexiones puede ser representada por un polinomio de grado  $m$ . Por consiguiente, el codificador de un código convolucional  $(n, 1, m)$  está especificado por  $n$  polinomios llamados polinomios generadores, de la forma de la ecuación (7):

$$g^{(j)}(X) = g_0^{(j)} + g_1^{(j)} X + g_2^{(j)} X^2 + \dots + g_m^{(j)} X^m \quad j=1, \dots, n \quad (7)$$

El polinomio generador puede ser puesto en una matriz de la forma:

$$G(X) = [g^{(1)}(X), g^{(2)}(X), \dots, g^{(n)}(X)] \quad (8)$$

La matriz  $G(X)$  es llamada matriz del polinomio generador. Cada  $j$ -ésima secuencia de código de salida puede ser expresada como un polinomio:

$$v^{(j)} = \dots + v_0^{(j)} + v_1^{(j)}X + v_2^{(j)}X^2 + \dots + v_l^{(j)}X^l \quad j=1, \dots, n \quad (9)$$

La secuencia entera del código de salida puede ser representada como un vector de  $n$  polinomios llamado el *vector de código polinomial* como:

$$v(X) = [v^{(1)}(X), v^{(2)}(X), \dots, v^{(n)}(X)] \quad (10)$$

La operación de codificación puede ser expresada como un producto de matrices:

$$v(X) = c \bullet G \quad (11)$$

### 5.2.1.1 Ejemplo

Si se considera el código convolucional (2.1.2) para el cual la matriz del polinomio generador es  $G(X) = [1+X^2, 1+X+X^2]$ . Y si el mensaje polinomial es:  $c(X) = 1+X^2+X^3+X^4$ , para encontrar la palabra código.

El vector de código polinomial es obtenido como:

$$\begin{aligned} v(X) &= c(X) \bullet G(X) \\ &= (1+X^2+X^3+X^4) \bullet (1+X^2, 1+X+X^2) \\ &= (1+X^3+X^5+X^6, 1+X+X^4+X^6) \end{aligned}$$

La secuencia binaria codificada correspondiente a  $v(X)$  es:

$$v = (11, 01, 00, 10, 01, 10, 11, 00)$$

### 5.2.2 Diagrama de Estado

La operación de un codificador convolucional, como una máquina de estado finita puede ser descrita por un diagrama de estado. Considerando un codificador convolucional  $(n, m, k)$ . Sus estados están definidos como el mensaje de bits más reciente, almacenado en el registro al tiempo  $l$ :

$$S_l = (c_{l-1}, c_{l-2}, \dots, c_{l-m}) \quad (12)$$

Con cada símbolo de información nuevo corrido hacia el registro, el codificador se mueve hacia un estado nuevo:

$$S_{l+1} = (c_l, c_{l-1}, \dots, c_{l-m+1}) \quad (13)$$

El estado actual del codificador  $S_{l+1}$  está en función del bloque de mensaje de entrada  $c_l$  y el estado previo del codificador  $S_l$ , su relación se da como:

$$S_{l+1} = f(c_l, S_l) \quad (14)$$

Existen entonces  $2^{mk}$  estados distintos. El bloque de salida esta en función del bloque actual de entrada  $c_l$  y el estado del decodificador  $S_l$  de tal forma que:

$$v_l = g(c_l, S_l) \quad (15)$$

Las ecuaciones (14) y (15) pueden ser gráficamente representadas por una gráfica llamada diagrama de estado. Los estados del codificador son representados por nodos y las transiciones de estado por ramas que emanan de cada nodo. Cada rama está etiquetada con el correspondiente bloque mensaje/salida. Dado un estado actual del codificador, la secuencia de información en la entrada determina la trayectoria a través del diagrama de estado, lo cual da la secuencia de código de salida.

Por ejemplo, considerando el código (2,1,2) dado en el punto 5.2.1.1 el diagrama de estado para este código se muestra en la fig. 15a. El codificador tiene cuatro estados, (00), (01), (10) y (11).

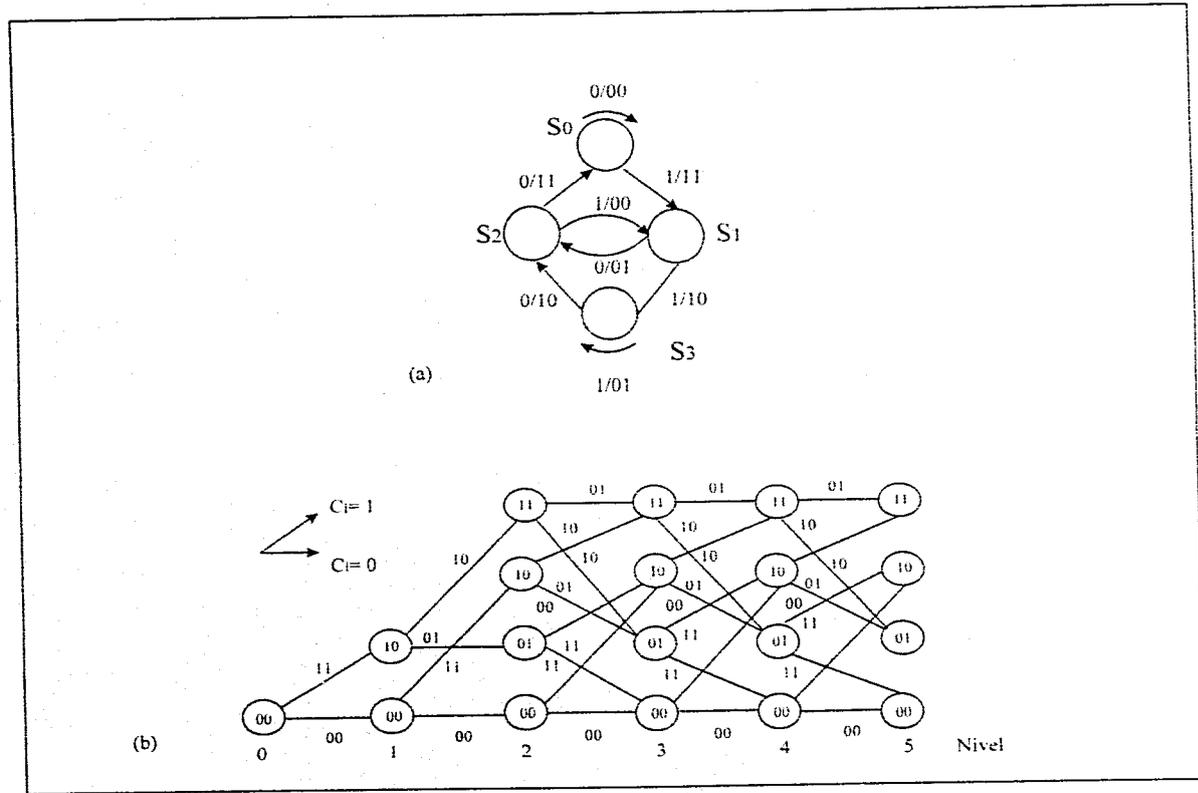
### 5.2.3 Diagrama de Trellis

El diagrama de Trellis (amazon) está derivado del diagrama de estado mediante el trazo de todas las posibles secuencias de entrada/salida y las transiciones de estado [Miller, 1993]. Como un ejemplo, el diagrama de Trellis para el código (2,1,2) especificado por el diagrama de estado de la figura 15a. se muestra en la figura 15b. El diagrama de Trellis se obtiene expandiendo en el tiempo cada transición de estado y cada trayectoria comenzando del estado todo cero (00).

Cuando el primer mensaje es corrido dentro del registro, el codificador puede moverse entonces al estado (10) si el símbolo de entrada es 1, o al estado (00) si el símbolo de entrada es 0. Cuando el siguiente símbolo entra al registro el codificador puede estar en uno de los cuatro estados posibles (00), (01), (10) y (11). El número de estados es doblado con cada corrimiento del registro.

El codificador alcanza el número máximo de posibles estado,  $2^m$ , después de  $m$  unidades de tiempo donde  $m$  es el orden de la memoria del codificador. Para  $m > 2$ , la estructura del Trellis llega a ser repetitiva. Entonces hay dos ramas emanando de cada estado correspondiente a dos diferentes símbolos de mensaje. También hay dos ramas uniéndose en cada estado. Las transiciones causadas por un símbolo de entrada 0 son indicadas por las ramas que bajan mientras que las transiciones causadas por un símbolo de entrada 1 son indicadas por ramas que suben. Cada rama está etiquetada por el bloque de salida.

La secuencia de código de salida puede obtenerse trazando la trayectoria en el Trellis especificada por la secuencia de información de entrada. Por ejemplo, si la secuencia de entrada es  $e = (11001)$ , la secuencia de código de salida corresponde a la trayectoria indicada por la línea gruesa en el Trellis de la figura 15. Este es  $v = (111010111)$ . En general un código convolucional es representado por un diagrama de Trellis con  $2^m$  ramas saliendo de cada estado y  $2^m$  ramas entrando a cada estado. Entonces hay  $2^m$  posibles estados. El diagrama de trellis es usado para decodificación de códigos convolucionales.



#### 5.2.4. Consideraciones Para Códigos Convolucionales

El desempeño de la probabilidad de error de los códigos convolucionales esta determinada por sus propiedades de distancia. Como con los bloques de código, nosotros consideramos dos tipos de distancias dependiendo del algoritmo de decodificación. Para la decodificación de decisión blanda recibe señales cuantizadas o analógicas del demodulador, y tanto la operación del decodificador como el desempeño están basados en la distancia de Euclides.

La distancia mínima libre, denotada como  $d_{min}$ , de un código convolucional esta definida como la mínima distancia de Hamming entre dos cualesquiera secuencias de código en el código. Dado que los códigos convolucionales son lineales, la distancia de Hamming entre dos secuencias de código es igual al valor de la suma módulo-2, el cual es otra secuencia de código. Luego entonces, la distancia mínima libre es el mínimo valor de todas las secuencias de código que no son todas cero. En otras palabras, la secuencia de código toda cero es usada como la secuencia de referencia en la determinación de la distancia mínima libre.

La distancia mínima libre de Euclidean, denotada por  $d_{free}$ , está definida como la distancia de Euclidean mínima entre cualesquiera dos secuencias de código. La distancia mínima de Euclidean depende tanto de la estructura del Trellis del código convolucional como del tipo de modulación.

#### 5.2.5 Algoritmo de Decodificación Viterbi "Soft Decision"

Si se considera la transmisión de un dato codificado convolucionalmente sobre un canal AWGN (Average White Gaussian Noise, Promedio de Ruido Blanco Gaussiano). El demodulador en este modelo toma decisiones blandas y presenta esta secuencia de decisión blanda en la entrada del decodificador. La máxima regla de semejanza para decisiones blandas sobre un canal AWGN consiste en encontrar una secuencia de código con la mínima distancia cuadrada de Euclidean de la secuencia recibida. Hay que hacer notar que las decisiones duras pueden también ser usadas en un decodificador Viterbi. Sin embargo, los decodificadores Viterbi usan casi universalmente las decisiones blandas debido a que estas son fáciles de implementar dentro del algoritmo, resultando en aproximadamente 2 dB más de ganancia de codificación.

Para un código convolucional, cada secuencia de código  $v$  es una trayectoria en el diagrama de Trellis del código. La búsqueda para la secuencia de código recibida puede, por consiguiente, ser llevada a cabo por comparación de la secuencia binaria recibida contra todas las posibles trayectorias en el Trellis.

Aplicar estrictamente esta regla puede resultar en un algoritmo computacional complejo. El algoritmo de Viterbi es un método práctico de decodificación de máxima semejanza que reduce la complejidad computacional. Este está basado en eliminar trayectorias menos probables en cada nodo donde se unen trayectorias, y conservar solamente una trayectoria con la más alta semejanza. Por lo tanto, la comparación no necesita hacerse entre secuencias enteras pero puede ejecutarse continuamente, nivel por nivel, a través de las trayectorias en el Trellis, reduciendo de este modo los requerimientos en el número de operaciones de cómputo y de memoria.

Otro concepto importante es que la comparación puede ser ejecutada a lo largo de secuencias relativamente cortas, aproximadamente cinco veces la longitud forzada del código, sin afectar el desempeño de la decodificación. Suponiendo que una secuencia de mensaje  $c$  consiste en bloques de mensajes de  $k$  bits cada uno:

$$c = (c_0, c_1, \dots, c_l, \dots) \quad (16)$$

donde el  $l$ -ésimo mensaje es:

$$c_l = (c_l^{(1)}, c_l^{(2)}, \dots, c_l^{(k)}) \quad (17)$$

La secuencia de código  $v$ , en la salida de un codificador convolucional  $(n, k, m)$  consiste en bloques de código de  $n$  dígitos cada uno:

$$v = (v_0, v_1, \dots, v_l, \dots) \quad (18)$$

donde el  $l$ -ésimo bloque de código es:

$$v_l = (v_l^{(1)}, v_l^{(2)}, \dots, v_l^{(n)}) \quad (19)$$

Cada bloque de código  $v_l$  está representado por una rama y cada una de las secuencias de código  $v$  por una trayectoria en el código Trellis. Suponiendo que la secuencia de código  $v$  es transmitida. Entonces:

$$r = (r_0, r_1, \dots, r_l, \dots) \quad (20)$$

será la secuencia recibida, donde el  $l$ -ésimo bloque recibido es:

$$r_l = (r_l^{(1)}, r_l^{(2)}, \dots, r_l^{(n)}) \quad (21)$$

La *rama métrica*, denotada por  $\mu_l(r_l, v_l)$ , es definida para la decodificación de decisiones duras, como la distancia de Hamming entre el bloque recibido  $r_l$  y el bloque de código  $v_l$  en el Trellis, escrito como:

$$\mu_l(r_l, v_l) = d(r_l, v_l) \quad (22)$$

Para decodificación de decisiones blandas, se usa la distancia Euclidean cuadrada. La *trayectoria métrica*, denotada por  $M_l(\mathbf{r}, \mathbf{v})$  está definida como la distancia Hamming (o Euclidean cuadrada) entre la secuencia recibida  $\mathbf{r}$  y la trayectoria  $\mathbf{v}$  en el Trellis. Dado que la distancia de una trayectoria es la suma de las distancias de las ramas, la trayectoria métrica esta calculada como la suma de las ramas métricas:

$$M_l(\mathbf{r}, \mathbf{v}) = \sum_{i=1}^l \mu_i(\mathbf{r}_i, \mathbf{v}_i) \quad i = 1, 2, \dots, 2^l \quad (23)$$

Donde  $l$  es el largo de la secuencia recibida y  $2^l$  es el número total de trayectorias de largo  $l$ .

### 5.2.5.1 Algoritmo Viterbi

El procedimiento de decodificación del algoritmo Viterbi consiste en las siguientes operaciones:

1. Generar el Trellis para el código.

2. Se supone que la secuencia óptima de la señal del pasado infinito a todos los estados Trellis en un tiempo  $l$  son conocidos: sus trayectorias métricas son denotadas por:  $M_{i,l}$ ,  $i = 1, 2^m$ .

Nótese que el número de secuencias óptimas es igual al número de estados en el Trellis  $2^m$  donde  $m$  es el orden de la memoria del código.

3. Incrementar el tiempo  $l$  por uno. En el tiempo  $(l+1)$ , el decodificador computa la trayectoria métrica  $M_{i,l+1}$  para todas las trayectorias insertando  $(l+1)$  nodos por la adición de ramas métricas a las trayectorias métricas de conexión de los  $M_{i,l}$  sobrevivientes.

4. Comparar las trayectorias métricas de todas las trayectorias, insertando cada nodo y seleccionando la trayectoria con la mínima trayectoria métrica. Estas trayectorias son llamadas *sobrevivientes*. Se almacenan  $2^{mk}$  sobrevivientes y se descartan las otras trayectorias.

5. Repetir el procedimiento iterativamente.

6. Observando hacia atrás en el tiempo, los sobrevivientes tienden a asociarse en algún tiempo  $(l-D)$  en la misma "trayectoria histórica". Seleccionar el simbolo de la trayectoria histórica común en el tiempo  $(l-D)$ , como la salida decodificada, donde  $D$  es la llamada *decisión de fondo* (aproximadamente cinco veces la longitud forzada del código).

Si la secuencia transmitida es finita,  $m$  símbolos cero son puestos al final para limpiar el registro de corrimiento del codificador. Para secuencias continuas, el procedimiento se repite procesando una nueva rama y liberando un bloque de mensaje decodificado.

Note que los decodificadores Viterbi usualmente se implementan considerando decisiones blandas dado que esto provee aproximadamente 2 dB de mejoría en el desempeño sobre los decodificadores con decisiones duras.

### 5.2.5.2 Ejemplo

Considérese el código convolucional (2,1,2) dado en el ejemplo del punto 5.2.1.1, cuyo diagrama de Trellis se muestra en la figura 15b. Suponiendo que la secuencia toda ceros es transmitida sobre un BSC (Base Station Channel, Canal de Estación de Base) y la secuencia recibida es  $r = (01\ 00\ 00\ 10\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00)$  para describir el proceso de decodificación Viterbi hacemos:

El proceso de decodificación comienza en el nivel  $l=2$  mediante el cálculo de las trayectorias métricas de las cuatro trayectorias importantes (leading) hacia los cuatro nodos en el Trellis. La secuencia recibida en el nivel dos es:

$$r = (0100)$$

Las cuatro trayectorias en el Trellis representan las siguientes secuencias de código:

$$v_1 = (0000)$$

$$v_2 = (0011)$$

$$v_3 = (1101)$$

$$v_4 = (1110)$$

Las cuatro trayectorias métricas para las cuatro trayectorias son:

$$M_2^{(0)} = d(r, v_1) = 1$$

$$M_2^{(2)} = d(r, v_2) = 3$$

$$M_2^{(6)} = d(r, v_3) = 2$$

$$M_2^{(4)} = d(r, v_4) = 2$$

Las trayectorias métricas se muestran sobre cada nodo en el nivel dos en la figura 16a. En el nivel tres la secuencia recibida es:

$$r = (01000)$$

Hay dos trayectorias entrando a cada nodo en éste nivel. La trayectoria métrica en este nivel se obtiene sumando las ramas métricas a las trayectorias métricas de las  $M_i^{(n)}$ ,  $i = 1,2,3,4$ ; trayectorias conectadas. Para cada nodo solamente un sobreviviente con la mínima trayectoria métrica es retenido. Los sobrevivientes y sus trayectorias métricas se muestran en la figura 16b. El mismo procedimiento es repetido para los niveles 4 y 5. En el nivel 5 hay cuatro sobrevivientes con trayectorias métricas 3,3,3 y 2. Los números sobre los nodos indican las trayectorias métricas. En el nivel 7 todos los sobrevivientes se unen en una trayectoria única sobre las primeras ramas 3. Esto es, todas las trayectorias sobrevivientes dirigen el bloque decodificado en un nivel hacia 7 niveles atrás del actual.

La profundidad a la cual ocurre la unión de los sobrevivientes varía con el número y posición de los errores en la secuencia recibida. Asumiendo que la decisión de profundidad esta fija en 10. Después de procesar cada nueva rama el decodificador se mueve atrás 10 ramas y decodifica un bloque de mensaje en la trayectoria con la métrica más pequeña. En el nivel 10, en la figura 16j, la trayectoria con la métrica mínima es la trayectoria toda cero con métrica 2 y el mensaje decodificado es el bloque de mensaje 0 en la rama 1. En el siguiente paso de decodificación, en el nivel 11, un nuevo bloque de mensaje decodificado es liberado del sobreviviente, este es 0.

El compromiso al usar estos esquemas es lograr efectuar la decodificación en un tiempo razonable y lograr una buena seguridad en el manejo de la información.

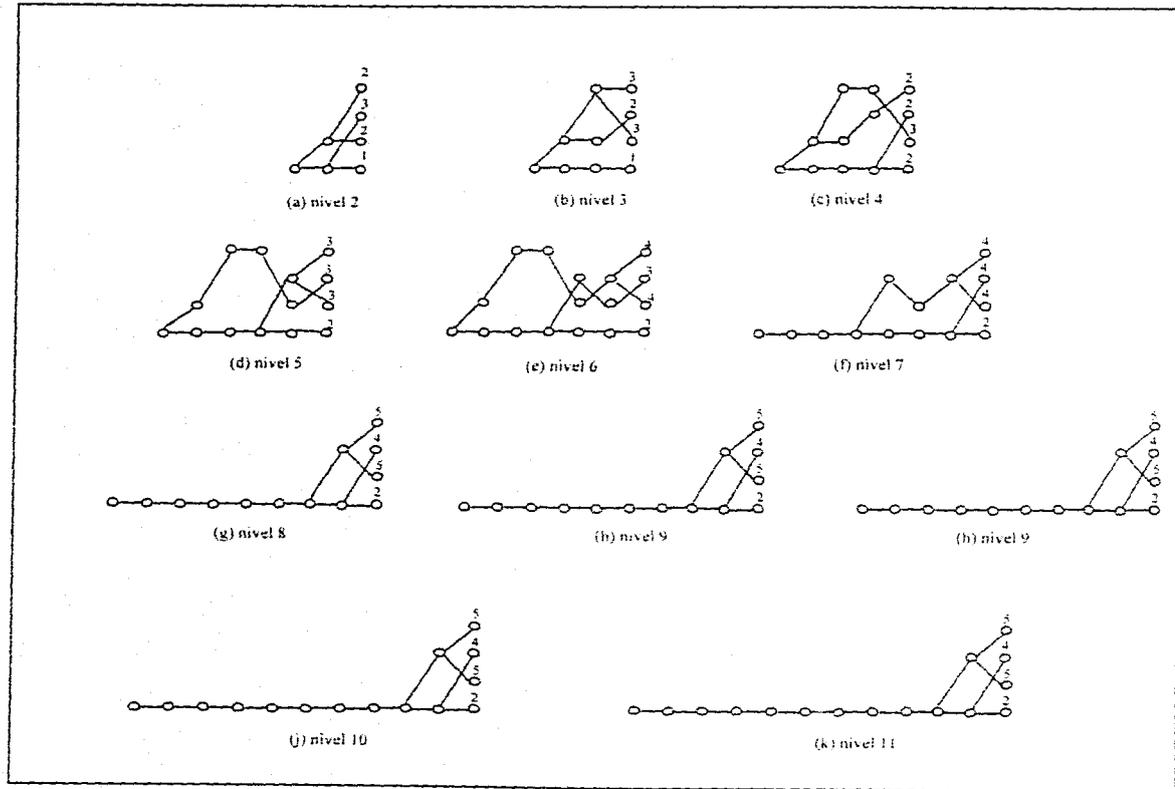


FIG. 16.- Proceso de Decodificación Viterbi para Código (2,1)

### 5.3 TÉCNICAS DE ACCESO AL SATÉLITE

En INMARSAT-M el acceso al satélite se lleva a cabo mediante el empleo de varias técnicas conocidas de acceso múltiple las cuales se muestran en la tabla 8.

#### 5.3.1 TDM

Con el fin de optimizar los recursos en potencia y ancho de banda, y optimizar el uso de un mismo canal de transmisión, es usual multiplexar diferentes señales en una sola señal resultante. La forma de hacer esto con señales digitales es mediante el Multiplexaje por División de Tiempo (TDM por sus siglas en inglés).

La manera de ver esto es considerando que el teorema de muestreo de Nyquist permite transmitir la información completa de una señal continua limitada en banda, sin enviar más que muestras de  $f(t)$  tomadas a intervalos de tiempo regulares. Ya que la transmisión de estas muestras ocupa el canal sólo durante una parte del tiempo, existe la posibilidad de transmitir varias señales bajo la base de tiempo compartido. Esto se logra al muestrear todas las señales a transmitir y al intercalar las muestras de cada señal con técnicas adecuadas y con la referencia de tiempo apropiada.

Si se desea que las muestras de una señal lleven la información completa, entonces la rapidez mínima de muestreo nunca debe ser menor que  $2f_m$  muestras por segundo, esto se conoce como la rapidez de muestreo de Nyquist. [Lathi, 1983].

#### 5.3.2 FDMA

El Acceso Múltiple por División de Frecuencia conocido ampliamente por sus siglas en inglés FDMA (Frequency Division Multiple Access), es una técnica que consiste en dividir el ancho de banda total de un canal satelital (denominado transpondedor) en ranuras de frecuencia, y asignar cada una de estas ranuras a una estación terrena. Estas ranuras de frecuencia tienen un ancho banda generalmente pequeño (suficiente para el manejo de un canal de voz), permiten la transmisión de señales moduladas analógica o digitalmente y puede efectuarse una transmisión continua o en ráfagas. [Pritchard, 1993].

Las bandas asignadas no precisan ser del mismo ancho de banda, sin embargo, un caso típico es la igualdad de las ranuras. Las asignaciones pueden modificarse de acuerdo a la demanda y el tráfico. Cada estación conoce en todo momento la portadora disponible para transmisión y la respectiva para recepción. Cada estación es responsable de la utilización que le da al espectro que tiene asignado. Sin embargo, debe de existir cierta normalización en las potencias de transmisión para combatir la interferencia entre canales vecinos, así como un control de operación del satélite para minimizar los efectos de las no linealidades.

La técnica FDMA es muy versátil en función del número de portadoras de transmisión y el ancho de banda. Las desventajas principales de FDMA son la posibilidad de intermodulación, supresión de la señal causadas por la no linealidad de los amplificadores, filtros y el transpondedor, y el desperdicio de una porción del ancho de banda debido a las bandas de guardia entre canales para evitar que se interfieran.

Las bandas de guarda juegan un papel muy importante en la eliminación de los productos de intermodulación; las dimensiones de estas bandas dependen de los residuos laterales de cada señal transmitida y los pequeños barridos de frecuencia (inestabilidad) en la operación de los osciladores locales que proveen la portadora.

El satélite recibe todas las portadoras como una sola, y se encarga de filtrar, amplificar y retransmitir el conjunto de señales hacia todas las estaciones terrenas. Cada estación tiene un filtro selectivo colocado a la frecuencia de su canal de recepción, el cual elimina el resto de las señales, [Durazo, 1993].

Pueden distinguirse dos modos generales de operación: el primero es la transmisión por portadoras múltiples, en cuyo caso la estación es responsable de multiplexar las señales en frecuencia y modularlas como una señal única. El segundo modo es conocido como transmisión de portadora por canal único, en el cual se transmiten los canales individualmente modulados.

### 5.3.3 TDMA

En la técnica Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access, TDMA), lo que se divide es el tiempo de acceso al satélite. El tiempo se divide en ranuras, cada una de las cuales está asignada a una estación terrena particular, cada estación tiene disponible todo el ancho de banda del recurso satelital durante un tiempo fijo breve que se repite a intervalos de tiempo constantes denominados tramas. Una trama es un ciclo completo de transmisión de todas y cada una de las estaciones que componen la red, indistintamente de que la estación tenga o no paquetes para transmitir, [Durazo, 1993].

Esta técnica se caracteriza por el uso de una sola portadora, modulada digitalmente, por "transponder", lo cual consigue maximizar su tasa de bits (bit rate).

A diferencia de la técnica FDMA, el fenómeno de intermodulación no existe y el amplificador de potencia del satélite puede operar en su punto de saturación [Ha, 1986].

Claramente los requisitos de temporización son críticos, la estación maestra es responsable de todo el sistema y es la encargada de indicar al resto de las estaciones mediante una ráfaga de bits de sincronía el principio y el fin de cada trama.

En un instante de tiempo dado el satélite recibe la información de sólo una de las estaciones. Los elementos que ocasionan intermodulación en TDMA son la respuesta de los filtros y la amplitud de los transitorios. Esta técnica presenta retardos directamente proporcionales al número de estaciones que están integradas al sistema.

#### **5.3.4 SCPC/FDMA**

La técnica SCPC (Single Channel Per Carrier), canal único por portadora, tiene gran aplicación cuando se desean interconectar estaciones terrenas de muy baja capacidad o demanda de tráfico. Consiste en que a cada canal de telefonía se le asigna una frecuencia portadora R. F., misma que es modulada por la señal de voz en FM o PSK. [TELMEX, 1990].

Cada señal en banda base modula directamente una portadora. Esto es llamado SCPC/FDMA y puede estar acompañado por la transmisión de una portadora modulada por información digital (SCPC/PSK/FDMA) o por información analógica (SCPC/FM/FDMA). Cada portadora accesa al satélite a una frecuencia asignada única al mismo tiempo que otras portadoras, en otras frecuencias, de la misma estación o de otras estaciones. El enrutamiento de información es realizado de acuerdo al principio "una portadora por enlace". [Maral, 1993].

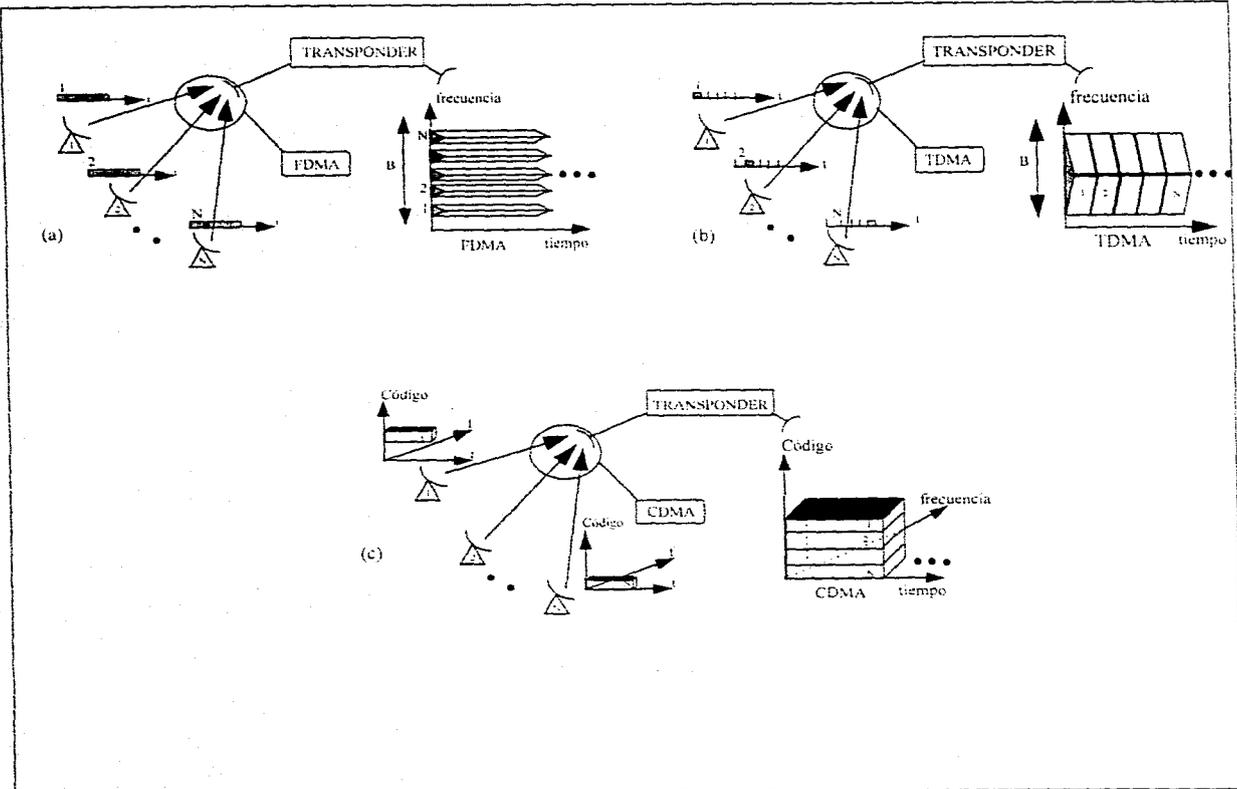


Figura 17.- Principio de Acceso Múltiple (a) Acceso Múltiple en división de frecuencia (FDMA). (b) Acceso Múltiple en División de Tiempo (TDMA). (c) Acceso Múltiple en División de Código (CDMA). (B= Ancho de banda del canal transponder).

### 5.3.5 ALOHA

Esta es una técnica ideada a principios de 1970 por Norman Abramson, en la Universidad de Hawaii, para que los usuarios compitan eficazmente por un canal.

Fue creado para interconectar terminales y computadoras vía satélite, conjuntamente con enlaces terrestres de radio. En este protocolo, cada una de las estaciones terrenas transmite sus paquetes de datos, sin indagar si alguna otra estación de la red está transmitiendo o no. Nótese que todas las estaciones operan "simultáneamente" en TDMA.

Debido a que no existe ninguna coordinación de asignación de tiempos para cada una de las estaciones terrenas, puede suceder que los paquetes de varias estaciones lleguen al mismo tiempo al satélite y "choquen" (paquet collision); cuando esto sucede, la información de todos los paquetes que chocan o se traslapan se pierde. Por consiguiente, es necesario retransmitirlos.

Como el canal de comunicación del satélite empleado con el protocolo Aloha en modo de "difusión", la estación transmisora cuyo paquete se perdió tiene la capacidad de detectar la colisión, e inmediatamente se prepara para retransmitir el paquete. La eficiencia en el uso de la capacidad del canal es de 18%.

#### 5.3.5.1 ALOHA ranurado

La eficiencia en el uso de la capacidad del canal puede mejorarse usando el protocolo Slotted-Aloha (S-Aloha). Suponiendo que todos los paquetes de todas las estaciones son del mismo tamaño, entonces el canal de comunicación disponible en el satélite se ranura en segmentos cuya duración es exactamente igual al tiempo de transmisión de un solo paquete. Todas las estaciones terrenas se sincronizarán de tal forma que sólo inicien la transmisión de paquetes al principio de una ranura. Este procedimiento evita el traslape parcial de paquetes, pero todavía puede haber traslape total; sin embargo, la eficiencia aumenta a 36% (dos veces más que Aloha); por supuesto a cambio de un control más complejo de las estaciones terrenas.

Uno de los más graves riesgos de los sistemas de acceso aleatorio Aloha y Slotted-Aloha es que pueden llegar a ser inestables si no se cuenta con un mecanismo de control eficiente para prevenir una "reacción en cadena de choques", retrasos, enormes colas de "nueva" información, etc., [TELMEX, 1990].

**Tabla 9 : Características de los Esquemas de Acceso Múltiple**

Tipo	Características	Ventajas	Desventajas
FDMA	<p>Señales de envolvente constante</p> <p>Modulación Angular (analógica o digital)</p> <p>Separación por filtrado</p>	<p>Fácil interconexión con facilidades terrestres analógicas.</p> <p>No requiere de sincronización</p> <p>Equipo de estación terrena simple</p>	<p>El ruido de intermodulación en los amplificadores no lineales reduce la capacidad de comunicaciones</p> <p>Se requiere coordinación de la potencia del enlace de subida</p> <p>El plan de transmisión es difícil de reconfigurar</p>
TDMA	<p>Las ráfagas desde y para diferentes estaciones no se traslapan</p> <p>Sólo una ráfaga esta presente en un tiempo dado</p> <p>Separación por compuerta de tiempo</p>	<p>Relativa facilidad de interconexión con las facilidades digitales terrestres</p> <p>Los amplificadores de potencia operan cerca de la saturación a una eficiencia muy alta</p> <p>Gran capacidad de comunicaciones</p> <p>No se requiere de control de potencia y coordinación</p> <p>Plan de transmisión flexible</p>	<p>Requiere de sincronización coordinada</p> <p>Equipo de estación terrena más complejo</p> <p>Requiere de conversión A/D y D/A</p> <p>Alto costo</p>
CDMA	<p>Señales de envolvente constante</p> <p>Cada acceso toma el ancho de banda "C" total del "transponder"</p> <p>Separación por correlación</p>	<p>La amplitud del espectro proporciona protección contra interferencias</p>	<p>Requiere de sincronización</p> <p>La capacidad de comunicaciones está limitada</p> <p>La calidad de la señal empeora cuando el número de accesos se incrementa</p> <p>Requiere de coordinación de potencia</p>

## **6. EL CASO MEXICANO CON LAS TERMINALES ESTÁNDAR M**

En este capítulo se presenta un panorama general acerca del estado actual de los servicios satelitales móviles (SSM) en México. También se mencionan algunos de los sistemas satelitales móviles, como INMARSAT-M, que en un futuro pudieran ofrecer servicios de comunicación en México y se hace un análisis sobre las posibles ventajas y desventajas que tendrían los usuarios al elegir un sistema que convenga a sus necesidades de comunicación.

### **6.1 Introducción al servicio de comunicaciones móviles vía satélite en México.**

Actualmente existen varias aplicaciones de servicios de comunicaciones móviles en México, tanto terrestres como satelitales, aunque estas últimas son muy pocas.

Los servicios terrestres incluyen aplicaciones en donde la terminal móvil es semijija (radiobase), móvil (vehículo), o portátil (manual). Este tipo de servicios son ampliamente conocidos ya que datan desde la primera mitad de siglo. Los primeros usuarios de estos servicios fueron los grupos militares, de policía y bomberos. Posteriormente se iniciaron aplicaciones civiles a partir del desarrollo del transistor.

Quizás los más comunes han sido los aparatos de radiocomunicación bidireccional portátil, conocidos como "Walkie Talkies". La principal característica de estos sistemas es que sólo transmitían voz en sistemas cerrados (red privada), estaban modulados en FM y tenían un alcance de unos cuantos kilómetros.

La comunicación móvil, tal y como se entiende ahora, se inició al disponerse de acceso a la Red Pública Telefónica (RPT) mediante los sistemas de radio privado conocidas ahora como "Trunking". Estos sistemas están generalmente instalados en vehículos y tienen acceso a una radiobase. Algunas radiobases cuentan con conexión a troncales de la RPT, con lo que se logra un enlace telefónico desde el vehículo. Sin embargo, esto no es muy común en estos sistemas. Existen sistemas analógicos y digitales en el mercado actual, por lo que debe existir compatibilidad entre el sistema privado y la RPT.

El radiolocalizador (pager-beeper) es otro sistema que cae dentro de la clasificación de sistemas de comunicaciones móviles. En este caso, la comunicación es unidireccional desde la radiobase al receptor, llevando información de datos de interés al usuario. Se requiere de un enlace extra como canal de retorno por otro medio.

El sistema de comunicación móvil terrestre de mayor utilización es el de telefonía celular. Este sistema está basado en el uso de múltiples radiobases de baja potencia que tienen una cobertura de unos cuantos kilómetros. El arreglo geográfico de estas radiobases hace que las áreas de cobertura coincidan en algunos puntos, formando de esta manera pequeñas celdas o células, desde donde el usuario puede acceder la RTPC. Las redes de telefonía celular están presentes en la mayoría de las ciudades importantes del país y en todas se tiene acceso a la RTPC.

México está dividido en ocho regiones de cobertura celular, y en cada región existen dos compañías concesionarias que ofrecen este servicio. La demanda de servicio celular ha crecido de manera constante en nuestro país en los últimos años, por lo que se prevee que seguirá siendo una opción viable de comunicación terrestre durante un futuro próximo y mediano.

La cobertura del sistema celular está limitada a áreas urbanas y a algunas carreteras de corta longitud y gran tráfico. Esto permite una mayor movilidad a los usuarios urbanos, pero ignora las necesidades de usuarios remotos, rurales, marítimos y aeronáuticos. A partir de esta premisa es que se justifica la existencia de Sistemas Satelitales Móviles (SSM).

Aprovechando las ventajas de gran cobertura que ofrecen los sistemas satelitales, se unen ambas tecnologías (móviles y satélites) para cubrir un área de gran interés: el servicio de comunicaciones desde sitios remotos.

## **6.2 Sistema Solidaridad.**

Con la puesta en órbita de los satélites Solidaridad se abre una nueva era de las comunicaciones en México. Su capacidad para manejar la banda "L" proporciona al sistema la posibilidad de suministrar servicios de comunicación móvil vía satélite a usuarios en todo nuestro país.

El sistema en banda "L" de Solidaridad esta planeado para dar servicio a usuarios terrestres, marítimos y aéreos. La finalidad del sistema es cubrir las necesidades internas de comunicación del país en lo que se refiere al enlace de las terminales móviles hacia redes de comunicación públicas o privadas y viceversa.

El manejo de los servicios es por parte de Telecomunicaciones de México (TELECOMM) y se estudia la posibilidad de ser concesionado a una o varias empresas privadas, las cuales estarían supervisadas por TELECOMM, el cual cuenta en sus instalaciones con una LES INMARSAT-C. y en proceso de instalación un servicio móvil por satélite de voz desarrollado por un proveedor estadounidense.

### **6.2.1 SISTEMA MOVISAT**

Telecomunicaciones de México operará el sistema MOVISAT-Voz/Datos. Este sistema permitirá comunicaciones de voz/datos vía satélite desde o hacia cualquier punto del territorio nacional, incluida su plataforma marítima.

Con el sistema MOVISAT-Voz/Datos. TELECOMM se convierte en pionera dentro de Latinoamérica en las comunicaciones domésticas móviles vía satélites regionales.

#### **6.2.1.1 MOVISAT-VOZ**

##### **Infraestructura del sistema**

- Sistema de Satélites Solidaridad.
- Centro de Control de Comunicaciones Móviles (CCCM, Contel Iztapalapa).
- Interconexión a la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC).
- Terminales móviles.

### **Servicios que ofrece el sistema**

- Comunicaciones de calidad fuera del rango de cobertura de sistemas con infraestructura terrestre.
- Tipos de servicios para las llamadas:
  - Interconexión para la RTPC
  - Usuarios del grupo cerrado (Red Privada)
- Tipos de llamadas:
  - Voz
  - Fax
  - Transmisión de Datos
  - Mensajes
- Tipos de Mensajes:
  - Emergencia
  - SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)
- Servicios de Posicionamiento Global.

### **Desempeño del sistema**

- Velocidad de Transmisión:
  - 2.4 kbps mínimo para voz
  - 2.4 kbps mínimo para fax
  - 2.4 kbps mínimo para datos
- Capacidad de circuitos:
  - 150 inicial
  - 1200 final
- Tiempos de Operación:
  - Duración de llamada: 50 seg. promedio
  - Asignación de canal: 10 a 60 segs.
  - Desconexión de circuito: 50 msecs. promedio
- Capacidad de Procesamiento de Llamadas:
  - 15 llamadas/seg. intermedio
  - 23 llamadas/seg. máximo
- Disponibilidad de Comunicaciones:
  - 99.5 % en el peor mes
  - 99.95 % en todo el año

### Características del Equipo Móvil

- Banda de Frecuencia:  
1626.5 - 1660.5 Mhz (Transmisión)  
1525 - 1595 Mhz (Recepción)
- Corriente de Operación:  
2 Amperes (Recepción)
- Dimensiones:  
30.8 cm X 18 cm X 5.7 cm (Transreceptor)  
22.6 cm X 18 cm X 6.4 cm (Equipo de antena)
- Peso:  
Transreceptor 3.4 kg  
Equipo de antena 3.4 kg
- Temperatura de operación:  
-30°C a + 55°C

### Acceso al Satélite

- 1 Canal de señalización TDM del controlador de grupo a la terminal móvil (GCS) para sincronía.
- 1 Canal (Piloto) compensado para control de potencia de las señales.
- 1 Canal común.
- 1 Canal (Piloto) no compensado para referencia.
- 2 Canales de señalización : MT-SR de acceso aleatorio de la terminal móvil al controlador de grupo (Ráfagas) y MT-ST de acceso múltiple por división de tiempo de la terminal móvil al controlador de grupo (TDMA).
- Velocidad de todos los canales: 2.4 kbps.
- Modulación BPSK.

## 6.2.1.2 MOVISAT-DATOS

### Infraestructura del sistema

- Sistema de Satélites Solidaridad.
- Centro de Control de Comunicaciones Móviles (CCCM, Contel Iztapalapa).
- Interconexión a la : Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC).  
Red de Datos Pública Conmutada (RDPC).  
Red de Télex Pública Conmutada (RTxPC).
- Terminales móviles.

### Servicios que ofrece el sistema

- Comunicaciones de calidad, fuera del rango de cobertura de los sistemas con infraestructura terrestre.
- Sistema "Almacenamiento-Envío" (Store&Forward).
- Tiempo de entrega de mensajes : 2-5 mins.
- Reintentos de entrega de mensajes automáticos.
- Reportes de posición y de información de sensores en el vehículo sin intervención de conductor.
- Comandos remotos al vehículo desde oficinas.
- Mensajes multidirección (hasta 20 direcciones).
- Llamadas a grupos de terminales móviles (256).
- Llamadas a grupos de terminales móviles en área geográfica específica.
- Confirmación de entrega de mensaje.
- Llamadas de Grupo Ampliada (EGC).

### Características del Equipo Móvil

- Banda de Frecuencia:  
1626.5 - 1660.5 Mhz (Transmisión)  
1525 - 1595 Mhz (Recepción)
- Corriente de operación : 9-12 Amperes (Transmisión)  
3-2 Amperes (Recepción)
- Dimensiones : 26.67 cm X 20.32 cm, 2.736 kg (Antena)  
33.5 cm X 39 cm X 9 cm (Transreceptor)

### Acceso al Satélite

- 1 Canal TDM para envío de mensajes y señalización hacia terminales móviles.
- 3 Canales TDMA para envío de mensajes de terminal móvil a centro de operaciones.
- 3 Canales Aloha ranurados para envío de señalización de terminal móvil a centro de operaciones.
- Modulación BPSK.
- Velocidad de todos los canales: 600 bps.
- Protocolo robusto con corrección de errores.

### **Ventajas del Sistema Solidaridad:**

- El proveedor del servicio es nacional.
- Puede cubrir las necesidades de los usuarios móviles a nivel nacional.
- Permite la integración de comunidades rurales a redes de comunicación pública con un sistema propiamente mexicano.
- Los servicios ofrecidos serían de acuerdo a las necesidades prioritarias del país por ser un sistema propio.
- Integración completa con los servicios celulares establecidos en el país.
- El enrutamiento sería a nivel nacional, lo que implica un menor costo a los servicios ofrecidos a los usuarios.
- En cuestión de servicios para datos se ofrecerían las diferentes opciones del sistema en cuanto a todo tipo de necesidades de los usuarios como la transmisión de archivos grandes de datos, transmisión de datos en sesiones pregunta-respuesta (paquetes pequeños de datos).

### **Desventajas del Sistema Solidaridad:**

- Es una limitante que sólo se pretendan ofrecer servicios dentro del país.
- Tiempos de propagación de la señal de comunicación con mayor retardo, en comparación con los sistemas basados en satélites LEOs.
- Es un sistema que no puede soportar grandes velocidades de transmisión de datos a diferencia de los sistemas LEOs de banda ancha.
- A diferencia de los sistemas LEOs, donde el acceso de un usuario está restringido de acuerdo a la posición que tenga el usuario al momento de realizar su petición al sistema (zonas donde el sistema no tenga autorización de funcionamiento), el sistema Solidaridad podrá ser accesado desde fuera del territorio nacional aunque esto no sea autorizado. Lo anterior por la forma de patrón de radiación del haz de banda "L", el cual no se encuentra definido puntual y específicamente para México.

En resumen, se puede decir que el sistema Solidaridad es un sistema planeado específicamente para las necesidades de usuarios mexicanos y que es un sistema recomendable para usuarios con mercado en todo el territorio nacional, por ejemplo flotillas de camiones de autotransporte, transportes de carga pesada, Ferrocarriles Nacionales de México, etc.

Las características del sistema en banda "L" de Solidaridad lo hacen un sistema recomendable para usuarios con tráfico de voz y datos sólo en territorio nacional pero no para usuarios con tráfico a nivel internacional.

### 6.3 Sistema INMARSAT-M.

A partir de enero de 1994, México es miembro del consorcio internacional INMARSAT. El signatario oficial por México ante dicho organismo internacional es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través de TELECOMM, donde se concentra y controla la información requerida para su operación en nuestro país.

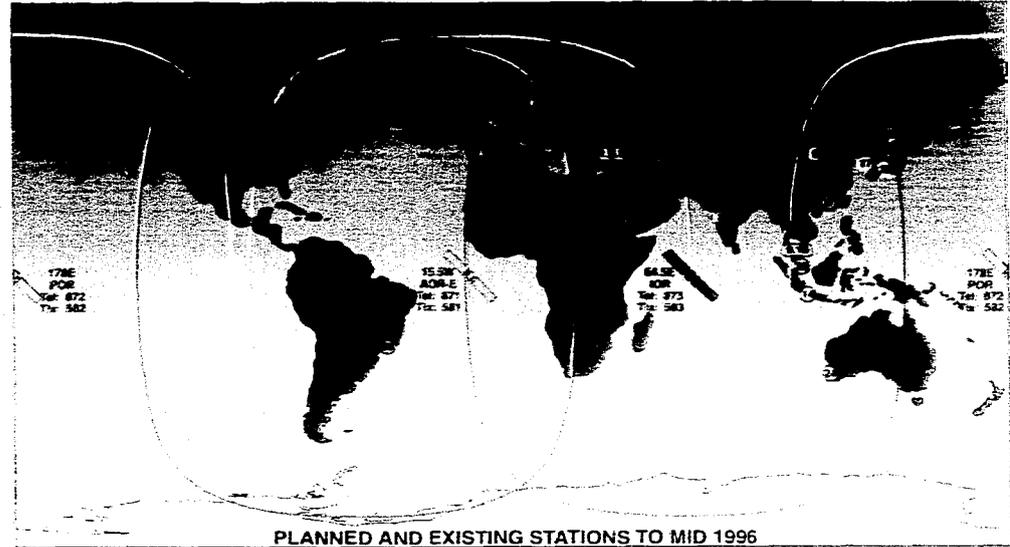
Debido a la cobertura actual del sistema INMARSAT-M (fig.18), México se encuentra dentro de los haces globales de sus satélites y, por lo anterior, cualquier vehículo que entre al territorio mexicano, sea marítimo, terrestre o aeronáutico, puede utilizar el sistema INMARSAT-M. Sin embargo, se requiere usar una estación de enrutamiento en otros países para poder acceder las redes públicas de voz y datos.

A causa de que en fechas recientes México no formaba parte del consorcio INMARSAT, no había manera de controlar el uso de los servicios de INMARSAT. Dentro de los posibles servicios en uso en México, por razones de antigüedad se supone que INMARSAT-A para voz y datos es el más utilizado, implantado desde 1976. En cuanto a las aplicaciones, se han mencionado a las marítimas como las más utilizadas. El servicio INMARSAT-M es otro de los que se están utilizando actualmente.

Cabe resaltar que los usuarios actuales de INMARSAT en México tienen la necesidad de dicho servicio, y si a la fecha no hay suficiente supervisión gubernamental es por falta de mecanismos que lo permitan. Esta situación cambiará pronto debido tanto a la aceptación de México en INMARSAT como a la oferta de servicios similares en México por los satélites Solidaridad.

Es importante destacar que ya desde ahora hay demanda por los servicios de comunicaciones móviles satelitales, con carácter internacional en México; esto se debe tanto a la apertura de mercados internacionales como a las necesidades de competitividad, crecimiento y desarrollo de nuestro país.

Es esencial definir los marcos de operación que tendría el sistema INMARSAT-M en México, referente a aplicaciones, servicios, etc., requeridos para su convivencia con el sistema Solidaridad. También es importante definir sobre la conveniencia de instalar una estación de interconexión en México para el sistema internacional INMARSAT-M. Esto sería importante debido a que se reducirían los costos del tráfico terrestre al usuario nacional. Finalmente, es un hecho que como signatario, Telecomunicaciones de México (TELECOMM) será el operador de los servicios INMARSAT-M en México.



**Fig. 18 : Cobertura del Sistema Inmarsat-B/M**

Key L.E.S.	B/M	Svc Provider	Key L.E.S.	B/M	Svc Provider	Key L.E.S.	B/M	Svc Provider
2 Arvi	⊙	VSNL	18 Laurentides	⊙	Teleglobe/IDB	29 Santa Pau	⊙	COMSAT
4 AUSAQUEL	⊙	France Telecom			Morsvazspuznik	30 Sentosa	⊙	Singapore T.com
5 Beijing	⊙	MCN			Telstra	32 Southbury	⊙	COMSAT
8 Cape D Agulhas	⊙	HK Telecom			HK Telecom	34 Station '2	⊙	PTT Telecom
9 COMSAT Eurasia	⊙	COMSAT	22 Nonthaburi	⊙	C.A.T.			KDD
10 Ek	⊙	Telenor AS	24 Perth	⊙	Telstra	36 Thermopylae	⊙	OTE
11 Fucino	⊙	Telecom Italia			Morsvazspuznik	37 Towi Al Saman	⊙	ETISALAT
13 Goonhilly	⊙	British Telecom			Teleglobe/IDB	38 Yamaguchi	⊙	KDD
14 Jatiluhur	⊙	INDOSAT	27 Raisting	⊙	DeTeTMobil			PTT Telecom
16 Kuantan	⊙	Telekom Malaysia	28 Riyadh	⊙	Saudi Telecom			

### Características del Sistema INMARSAT-M

- Cobertura Mundial <sup>(1)</sup>: Global
- Peso de la SES: 25 kg
- Tamaño de la Antena de la SES (diámetro y altura): Aprox. 0.5 m
- Tipo de Comunicaciones: En Tiempo Real (inmediatas)

### Servicios del Sistema INMARSAT-M

- Voz: 6.4 kbit/s
- Fax Grupo 3: 2.4 kbit/s
- Datos <sup>(2)</sup>: 2.4 kbit/s
- X-25: Canal de Datos Dedicado
- X-400: Correo Electrónico

### Llamadas de Grupo<sup>(3)</sup>

- SafetyNet<sup>(4)</sup>
- FleetNet<sup>(5)</sup>

*(1) Cobertura Mundial: Disponibilidad global excepto en los polos o latitudes extremas.*

*(2) Tasa de Datos: Altas tasas pueden lograrse con técnicas de compresión de datos.*

*(3) Llamadas de Grupo: Transmisiones simultáneas a grupos selectos de usuarios o áreas geográficas.*

*(4) Servicios de Transmisión que incluyen información de peligro y seguridad, información de navegación y de clima para el manejo de flotas.*

*(5) Para el manejo de flotas los servicios de suscripción incluyen noticias y otras aplicaciones comerciales.*

**Dentro de las ventajas que presenta la oferta del servicio INMARSAT-M en México, se tienen principalmente las siguientes:**

- Cobertura global a usuarios marítimos, aéreos y terrestres en todo el planeta, excepto los polos donde habría poco tráfico.
- Gran disponibilidad de equipo probado a nivel mundial, con múltiples fabricantes y proveedores.
- Compatibilidad con redes públicas extranjeras, a través de las distintas estaciones de interconexión.
- El equipo de la Estación Móvil Terrestre (MES-Mobile Earth Station) es menor que la mitad del tamaño y peso de los equipos INMARSAT-A existentes.
- Las MESs INMARSAT-M cuestan menos, entre US\$8-20,000, comparadas con los precios promedio de INMARSAT-A, alrededor de US\$30,000.
- Los cargos por uso son mucho más bajos, US\$3-6 por minuto o menos, en comparación a los US\$8.75 por minuto de INMARSAT-A.
- Terminales ligeras (10 kg), compactas (tamaño de un maletín), móviles o fácilmente portátiles que establecen comunicaciones instantáneas y seguras con las redes públicas internacionales de teléfonos y datos desde cualquier lugar del mundo.
- Establecimiento de comunicaciones telefónicas directas de gran claridad y capacidad para 2.4 kbit/s de datos y facsímil, y 6.4 kbit/s para telefonía.

**Desventajas que tendría un usuario del sistema INMARSAT-M en México:**

- Necesidad de enlace terrestre internacional en caso de no existir estación de interconexión en México, aumentando costos en llamadas nacionales inclusive.
- En caso de incompatibilidad con el sistema Solidaridad se tendría duplicidad de servicios y equipos, aunque cada uno de los sistemas cuenta con su propio mercado.

En resumen, se podría afirmar que para un usuario mexicano convendría afiliarse al sistema INMARSAT-M, aún a pesar de las desventajas anteriores si se tiene un tráfico alto con otras naciones. Esto se daría en caso de usuarios y viajeros internacionales, especialmente:

- Hombres de negocios.
- Prensa y agencias de noticias.
- Ingenieros.
- Agencias internacionales de socorro o emergencia.
- Diplomáticos y funcionarios gubernamentales.
- Equipos de explotación petrolera y mineral.
- Policías.
- Trabajadores de empresas de servicio público.
- Firmas constructoras internacionales y agentes de ventas.
- Compañías de radiodifusión.
- Compañías internacionales de comercio.
- Aerolíneas y agencias de viajes.
- Hoteles.
- Viajeros de negocios internacionales.

Cualquier usuario operando más allá del alcance de las comunicaciones celulares o fijas. Algunos ejemplos de otros usos para el INMARSAT-M son:

*Móviles:*

- Camiones (comunicaciones para conductores).
- Automóviles (patrulla fronteriza).
- Ferrocarriles (comunicaciones para pasajeros y empleados).

*Fijas:*

- Comunicaciones remotas y rurales.
- Comunicaciones de emergencia para bancos, agencias gubernamentales, oficinas en el exterior, subsidiarias.

#### **6.4 Cuestiones Normativas y Regulatorias.**

Los signatarios, fabricantes y usuarios deben fomentar el desarrollo de normas y regulaciones nacionales apropiadas.

En lo concerniente al espectro deben tomarse en consideración la problemática que surge con los siguientes puntos:

- Cómo se debe compartir el espectro de la banda "L" con otros operadores de Sistemas Satelitales Móviles (SSM), en algunos casos resulta difícil la coordinación.
- El espectro en que operan los SSM también se utiliza para otros servicios.
- En la reunión de CMR-1995 se establece que las bandas 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz están destinadas a su utilización, a nivel mundial por las administraciones que desean introducir los futuros sistemas públicos de telecomunicaciones móviles terrestres (FSPTMT). Dicha utilización no excluye el uso de estas bandas por otros servicios a los que están atribuidas. Las bandas de frecuencia deberán ponerse a disposición de los FSPTMT de acuerdo con lo dispuesto en la Resolución 212(Rev. CMR-95).
- Los países deben asegurar que haya la suficiente disponibilidad de espectro para los SSM.

#### **Temas de Regulación:**

- Fijación de precios.
- Licencias de uso establecidas en tarifas razonables, según estándares o tipos, suspensión o renuncia.
- Derechos de aduana.
- Necesidad de asistencia en caso de desastres o catástrofes, medios de información, flotas de transporte (camiones), etc.
- Libre movimiento y usos de Estaciones Terrestres Móviles.
- Homologación.
- SMSSM (Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos).
- Facilidades de interconexión hacia las redes públicas de comunicación.

### Licencias de uso para las terminales INMARSAT-M:

Debe considerarse un régimen de licencias que cubra las necesidades de los clientes.

Las Normas en materia de telecomunicaciones deben reflejar las necesidades de los clientes.

Es esencial tener en cuenta las consideraciones técnicas, administrativas, comerciales, de uso doméstico y operaciones transfronterizas.

#### *Consideraciones Técnicas:*

- ¿ Qué aspectos técnicos deben tener en cuenta las Administraciones al evaluar las cuestiones en materia de licencias de uso?.
- El uso del espectro. ¿ se usan en el país las frecuencias 1.5-1.6 GHz para otros servicios?.
- Niveles de PIRE. ¿ cuenta nuestro país con el nivel de umbral para las unidades móviles?.
- Homologación. INMARSAT homologa toda MES (Estación Terrena Móvil) antes de que entre en operación en el mercado.
- Tipos de aprobaciones. pruebas individuales que puedan solicitar la Administración para cada tipo de LES o. en materia de homologación, ¿ aceptaríamos nuestro país el Manual de Definición del Sistema. (SDM por sus siglas en inglés)?.

#### *Consideraciones Administrativas:*

- Puesta en servicio, la organización de encaminamiento debe comprobar el equipo (homologado o no), verificar que exista una autoridad contable para lo referente a pagos por el uso del servicio, otorgar el número de identificación de la terminal.
- Licencias de Radio.
- La autoridad que otorga las licencias requiere: aceptar el SDM u otro, comprobar el tipo de equipo (homologado o no ), emitir una licencia por radio, proteger la seguridad nacional.

### *Consideraciones Comerciales:*

- Interconexión con las redes de comunicación.
- Suministro de servicios en áreas remotas.
- Suministro de servicios en áreas congestionadas o poco desarrolladas.
- Fuentes de ingresos: la autoridad contable puede obtener ingresos del tráfico, las redes obtienen ingresos por el tráfico tierra-móvil, la autoridad que otorga las licencias obtiene ingresos al cobrar derechos.

Existen algunos consumidores o grupos de consumidores que necesitan de un tratamiento especial como lo son:

- Organismos de socorro en caso de desastres o emergencias.
- Cruz Roja.
- Medicina sin fronteras.
- Medios de comunicación locales y extranjeros.
- Defensa nacional.

### *Adopción de normas para el desarrollo:*

¿Cuáles son las necesidades de los clientes?:

- Facilidad en la puesta en servicio de las estaciones INMARSAT-M.
- Facilidad en la adquisición de licencias de uso: operadores nacionales o internacionales; tarifas representativas.
- Facilidad en trámites aduaneros: que las oficinas aduaneras reconozcan el equipo, derechos de importación (impuestos) razonables.
- Funcionamiento a nivel mundial.
- Sistemas de comunicaciones confiables.
- Costos accesibles de acuerdo al servicio prestado.

### ¿Cuáles son las necesidades de las Administraciones?:

- Conocimiento y aceptación de las especificaciones técnicas: que no cause interferencia, seguridad pública, seguridad nacional, interconexión con la red, limitación en las frecuencias.
- Un mínimo de papeleo o formalismos burocráticos.
- Licencias de uso representativas: el mejor de los casos gratuito, en el peor de los casos \$10.000 por año, caso representativo \$40 por año (p.ej. Canadá). [INMARSAT, 1990].

En resumen, el sector de telecomunicaciones es hoy en día uno de los más dinámicos y uno de los pilares del desarrollo económico nacional. De su regulación adecuada depende no sólo el crecimiento del mismo, sino también el de otros sectores que lo necesitan para integrarse de una forma eficiente y competitiva a la economía nacional e internacional. El acceso a tecnologías de punta, el control de tarifas, la racionalidad y claridad de los objetivos de la introducción de competidores, etc., son algunas de las complejas variables que deben tomar en cuenta los reguladores que deseen promover la construcción de sistemas de telecomunicaciones que garanticen un acceso igualitario a su población, una infraestructura moderna y precios competitivos.

## 7. CONCLUSIONES, APORTACIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

Cualquiera que sea el ámbito de la sociedad humana (político, social, económico, ecológico), es cada día más evidente la necesidad de replantear y redefinir los proyectos, entornos o sistemas en que éstos se desarrollan, en virtud de que las soluciones deben atender a nuevos esquemas que respondan con mayor rapidez, superando las formas tradicionales.

La manera que han encontrado las sociedades modernas es la integración regional, que ha venido permitiendo atender globalmente los nuevos requerimientos. Es evidente que los actuales mecanismos y sistemas han empezado a ser insuficientes en relación con las demandas que los seres humanos planteamos en nuestro actual proceso de cambio, de frente al tercer milenio.

Algunos de estos nuevos mecanismos y sistemas, que implican la necesaria globalización e integración de las fuerzas de nuestras naciones, se reflejan, por ejemplo, en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, que adiciona y supera los acuerdos sobre aranceles de México con Estados Unidos y Canadá, y de manera similar a los acuerdos comerciales que se desarrollan en Asia y Europa, con la finalidad de abatir rezagos y debilidades y contar con una posición negociadora y de competencia mundial, que una nación por sí sola no alcanzaría a cubrir.

Asimismo, se pueden citar como ejemplo de integración y globalización, las reuniones cumbre entre los países de una misma región, para dar soluciones globales a problemas de contaminación, inmigración, lucha contra el narcotráfico, etcétera, que de otra manera no podrían ser atendidos y mucho menos enfrentados.

En este mismo ámbito de integración y globalización se encuentra la industria de las telecomunicaciones, en donde ningún país que trate de desarrollarse interna y localmente será capaz, por sí mismo, de atender necesidades internacionales o mundiales de telecomunicaciones, por lo que si una nación quiere ser competitiva, deberá acelerar su integración a la industria internacional y mundial de telecomunicaciones.

Todos hemos sido testigos de como, en años recientes, se presta más atención y se genera un interés creciente en torno a los servicios satelitales móviles (SSM). Al igual que anteriormente con los sistemas celular y móvil terrestres, se ha producido una gran expansión de los servicios, una revolución tecnológica y, como resultado, el desarrollo de nuevos mercados y nuevas aplicaciones. Además, se ha anunciado la posible entrada al mercado de varios operadores de sistemas móviles satelitales.

Si bien INMARSAT era el único operador de SSM en la década de los 80, ahora existen varios operadores y diversos proyectos en estado de concepción, planificación, financiamiento, mercadeo o desarrollo. El éxito de los nuevos operadores, así como el hecho mismo de su surgimiento, responden a la expansión de los nuevos mercados mundiales para estos servicios móviles.

Los servicios celulares y otros servicios terrestres siempre ofrecerán comunicaciones a un precio menor y serán preferidos mientras estén disponibles. Sin embargo, los SSM pueden complementar al servicio celular, proporcionando comunicación en áreas geográficas no cubiertas, donde no hay disponibilidad de servicios similares, a clientes que viajan a través de las fronteras o que entran y salen de las áreas de cobertura celular.

Colectivamente estos servicios pueden alcanzar una dimensión considerable. Los operadores que, como INMARSAT, suministran servicios mundiales de norma única, podrían tener ventaja sobre los operadores regionales por el acceso a mercados mayores con economías de escala. Un operador que da servicio a un sólo país o a una sola región debe hacer frente al hecho de que sus mercados están limitados por el potencial de su país o región. Al mismo tiempo, los costos de capital para establecer un sistema satelital y una red de estaciones terrenas siguen siendo elevados.

INMARSAT tiene la ventaja de que su sistema global de satélites ya está establecido y, por medio de sus estaciones terrenas que operan en diversos países y regiones, ha desarrollado y trabaja exitosamente con una red mundial de estaciones terrenas.

La comunicación móvil satelital juega un papel decisivo para mejorar el posicionamiento y la eficiencia de la inserción internacional. Una infraestructura tecnológica articulada en torno a la tecnología de la información aporta nuevos conocimientos, refuerza la capacidad de procesamiento y favorece la conexión e interacción de todas las partes involucradas en el proceso productivo.

En la alborada del siglo 21 México puede beneficiarse mucho con los SSM en la realización de su triple empeño de avanzar hacia el desarrollo socioeconómico y la expansión de los negocios, el fomento del libre comercio y la forja de la integración regional.

Las terminales móviles satelitales proporcionan servicios de comunicación de gran calidad. Así se podría avanzar hacia la realización de una estrategia de desarrollo que permita la incorporación sistemática del progreso técnico para lograr crecientes niveles de productividad sustentable y una mayor generación de empleo productivo.

INMARSAT-M es una terminal digital portátil para la comunicación global de voz, fax, datos y correo electrónico y que al entrar en servicio a fines de 1992, de hecho comenzó la comunicación móvil personal por satélite a escala mundial.

## 7.2 Aportaciones

La culminación de este trabajo de tesis nos permite considerar las siguientes aportaciones:

- 1) Mejor conocimiento del sistema de comunicaciones móviles satelitales INMARSAT, ya que la información disponible en México es limitada.
- 2) Análisis y descripción del estándar M de INMARSAT, lo cual permite tener una referencia sobre tecnología de terminales portátiles disponibles en el mercado.
- 3) Descripción general del servicio de comunicaciones móviles vía satélite en México.
- 4) Se explican las ventajas que tendría un usuario al contar con un sistema de comunicaciones móviles con carácter internacional.
- 5) Se mencionan los tipos de usuarios que pueden beneficiarse con el uso de las terminales INMARSAT, así como la ventaja de contar con una estación de interconexión en México.
- 6) Se considera la importancia que juegan las normas jurídicas en torno a los sistemas de comunicaciones vía satélite para regular su establecimiento, uso y control con el fin de alentar el desarrollo y mejoramiento de éstos sistemas en beneficio del individuo y la sociedad, lo cual no es sencillo debido a que la tecnología avanza con mucha mayor rapidez que la ciencia jurídica.

### 7.3 Recomendaciones

Conforme a la información proporcionada en este trabajo de tesis se hacen las siguientes recomendaciones para estudios posteriores.

- Se recomienda un análisis más detallado del Proyecto 21: el teléfono satelital, cuya iniciativa nació en mayo de 1994.
- Se recomienda un estudio más detallado acerca de las cuestiones normativas y reguladoras en materia de telecomunicaciones.
- Análisis de los sistemas LEOS, participación de México, pros y contras de este sistema y conveniencia para nuestro país.
- Proyección de satélites domésticos con banda de frecuencia para SSM.
- Evaluación de las diferentes opciones para MES, análisis físico y de aprovechamiento.

## ABREVIACIONES Y GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACSE	Access Control and Signalling Equipment (Equipo de Control de Acceso y Señalización)
AFC	Automatic Frequency Compensation (Compensación Automática de Frecuencia)
ALOHA	Protocolo de Acceso Aleatorio
AOR	Atlantic Ocean Region (Región del Océano Atlántico)
ASCH	American Standard Code for Information Interchange (Código Estándar Americano para el Intercambio de Información)
AWGN	Average White Gaussian Noise (Ruido Blanco Gaussiano Promedio)
Banda C	4/6 GHz
Banda L	1.5/1.6 GHz
BER	Bit Error Rate (Tasa de bits erróneos)
BPSK	Binary Phase Shift Keying (Modulación Binaria por cambio de Fase)
CCIR	International Radio Consultative Committee (Comité Consultivo Internacional de Radio)
CCITT	International Telegraph and Telephone Consultative Committee (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía)
CES	Coast Earth Station (Estación Terrena Costera)
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
CRC	Cyclic Redundancy Check (Verificación por Redundancia Cíclica)
DAV	Datos a Alta Velocidad
DAVD	Datos a Alta Velocidad Dúplex (Full)
dB	Decibel
dBm	Decibelios referenciados a 1 miliwatt
dBW	Decibelios referenciados a 1 Watt
EGC	Enhanced Group Call (Llamada de Grupo Ampliada)
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva)
EMC	Electromagnetic Compatibility (Compatibilidad Electromagnética)
FAX	Facsimil
FDMA	Frequency Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)
FEC	Forward Error Correction (Corrección de Errores Adelantada)
FIU	Facsimile Interface Unit (Unidad de Interface de Facsimil)
FTE	Facsimile Terminal Equipment (Equipo Terminal de Facsimil)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
G/T	Figura de Mérito
Hz	Hertz
IMO	International Maritime Organization (Organización Internacional Marítima)
INMARSAT	International Mobile Satellite Organization (Organización Internacional de Comunicaciones Móviles por Satélite)
INTELSAT	International TELEcommunications SATellite Organization (Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite)
IOR	Indian Ocean Region (Región del Océano Índico)
ISDN	Integrated Services Digital Network (Red Digital de Servicios Integrados)
ITU	International Telecommunication Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

## ABREVIACIONES Y GLOSARIO DE TÉRMINOS

(continuación)

LES	Land Earth Station (Estación Terrena Terrestre)
LESA	Land Earth Station Assignment Channel (Canal de Asignación de la LES)
LESD	Forward SCPC channel operating in the "Data" mode (Canal SCPC de transmisión operando en modo "Datos")
LESI	LES Interstation Signalling Channel (Canal de Señalización Interestación de la LES)
LES-SIG	Forward SCPC channel operating in the "In-band signalling" mode (Canal SCPC de transmisión operando en modo "Señalización en banda")
LESV	Forward SCPC channel operating in the "Voice" mode (Canal SCPC de transmisión operando en modo "Voz")
mW	Miliwatt
MCC	Mobile Country Code (Código Móvil del País)
MCS	Maritime Communications Sub-System (Subsistema de Comunicaciones Marítimas)
MES	Mobile Earth Station (Estación Terrena Móvil)
MESD	Return SCPC channel operating in the "Data" mode (Canal SCPC de Recepción operando en modo "Datos")
MESRP	Mobile Earth Station Response Channel (Canal de Respuesta de la MES)
MESRQ	Mobile Earth Station Request Channel (Canal de Petición de la MES)
MES-SIG	Return SCPC channel operating in the "In-band signalling" mode (Canal SCPC de Recepción operando en modo "Señalización en banda")
MESV	Return SCPC channel operating in the "Voice" mode (Canal SCPC de Recepción operando en modo "Voz")
MID	Maritime Identification Digits (Dígitos de Identificación Marítima)
MIU	Modem Interface Unit (Unidad de Interfaz del Modem)
MNRU	Modulated Noise Reference Unit (Unidad de Referencia de Ruido Modulado)
Modem	Modulador/Demodulador
NCS	Network Coordination Station (Estación de Coordinación de Red)
O-QPSK	Offset Quadrature Phase Shift Keying (Modulación en Cuadratura por Corrimiento de Fase Desbalanceado)
OCC	Operations Control Centre (Centro de Control de Operaciones)
PCM	Pulse Code Modulation (Modulación por Impulsos Codificados)
PM	Phase Modulation (Modulación en Fase)
POR	Pacific Ocean Region (Región del Océano Pacífico)
PSK	Phase Shift Keying (Modulación por Corrimiento de Fase)
RF	Radio Frequency (Radiofrecuencia)
RTPC	Red Telefónica Pública Conmutada
SCC	Satellite Control Centre (Centro de Control de Satélites)
SCPC	Single Channel Per Carrier (Canal Único por Portadora)
SDM	System Definition Manual (Manual de Definición del Sistema)
SES	Ship Earth Station (Estación Terrena de Barco)
SU	Signal Unit (Unidad de Señal)
SUB	Sub-band Signalling Channel in SCPC channels (Canal de Señalización en banda en canales SCPC)
TDM	Time Division Multiplex (Multicanalización por División de Tiempo)
TDMA	Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Tiempo)
TELECOMM	Telecomunicaciones de México
UW	Unique Word (Palabra Única)

## BIBLIOGRAFÍA

- Brunstrom, Alan. "*Launch of a New System*". *Transat*, November 1993, No. 23, pp 18-19.
- Durazo Acevedo, Salvador. "*Análisis de la Técnica de Espectro Extendido (CDMA) en Aplicaciones de Comunicaciones Satelitales con Tráfico Variable*", Tesis de Maestría. CICESE, Ensenada B.C. México, 1993.
- Jordan, Edward C. "*Reference Data for Engineers: Radio, Electronics, Computer, and Communications*", 7<sup>th</sup> edition, Howard Sams & Company, 1989.
- INMARSAT. "*INMARSAT-M System Definition Manual Module 1: System Description*". London, UK, June 1992.
- INMARSAT. "*Project 21: The Development of Personal Mobile Satellite Communications*", London, UK, June 1992.
- INMARSAT. "*INMARSAT-M: The Portable Terminal*". London, UK, June 1992.
- INMARSAT. "*INMARSAT-M Facts*". London, UK, 1 September 1993.
- INMARSAT. "*INMARSAT Product Portfolio*". London, UK, 1 September 1993.
- INMARSAT. "*El Mundo en un Maletín*". London, UK, 1993.
- INMARSAT. "*Cuestiones Normativas y Regulatorias*". London, UK, 1990.
- Lara R., Domingo; Muñoz R., David; Rosas G., Salvador. "*Sistemas de Comunicación Móvil. Una Introducción*", IMC-Alfaomega, México, D. F., 1992.

## BIBLIOGRAFÍA

(continuación)

- Lathi, B. P. "*Introducción a la Teoría y Sistemas de Comunicación*".  
Linusa, México, D. F., 1983.
- Maral G., M. Bousquet. "*Satellite Communications Systems*", 2th  
edition, Wiley, 1993.
- Pritchard L., Wilbur. Suyderhoud, Henri. Nelson, Robert. "*Satellite  
Communications Systems Engineering*", PTR Prentice Hall,  
New Jersey, USA, 1993.
- Slack, Edward R. "*INMARSAT Applications in the Pacific Rim*".  
Proceedings PTC'91, Accessing the Global Network:  
Weaving Technology and Trade in the Pacific. Honolulu,  
HI, USA, 13-16 Jan. 1991.
- Mobile Satellite News. "*INMARSAT Seeking Navigation Service Bids*".  
September 8, 1994. Washington, D. C. Vol. 6, No. 19.
- Staffa, Eugene and Subramaniam, Ram. "*Evolution of INMARSAT  
Systems and Applications. The Land Mobile Experience*".  
Proceedings of the Third International Mobile Satellite  
Conference 1993 (IMSC-93). Pasadena, CA, USA, January  
16-18, 1993.
- Subramaniam, Ram. "*Development of INMARSAT-M Mobile Earth  
Station for Land Mobile Application*", Proceedings of  
American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA-  
92-1816-CP, USA, 1992.
- TELMEX. "*Sistemas de Telecomunicaciones Via Satélite*", 1990.
- Transat. "*What is INMARSAT-M and what will it offer?*", January 1993,  
Number 18. pp.10-11.
- Williamson, John. "*The Links in the Chain*". Journal of the British  
Interplanetary Society, Vol. 42, pp. 267-276, 1989.

# Inmarsat-M

## ANEXO A

land mobile earth station (LMES) commissioning application form  
Maritime users should obtain the maritime commissioning application form

Please type or write in BLOCK CAPITALS and forward the form to your national Routing Organization

Do not fill in the area below  
RO Office Use Only  
NO way use this space to re-write  
items attached which may be RO USE

### SECTION A APPLICATION DETAILS

RO Code: \_\_\_\_\_

City: \_\_\_\_\_

Usage: \_\_\_\_\_

Routing organization: \_\_\_\_\_

Country of registry: \_\_\_\_\_

LMES use - please tick only one type of use;  
mobile  fixed  portable  transportable   
(see section C below for installation details which should correspond)

Transaction required - please tick only one transaction type:  
(a)  initial LMES commissioning  
(b)  additional channel in a multi-channel LMES.  
for additional channels supply primary (first voice) IMN of primary channel: \_\_\_\_\_  
(c)  additional end terminal  
(e.g. telephone, fax for addition to existing LMES)

Environment: \_\_\_\_\_

Industry: \_\_\_\_\_

### SECTION B USER INFORMATION

Please tick only one box in each column:

type of use or vehicle:	Industry:
<input type="checkbox"/> remote data collection/control	<input type="checkbox"/> transport/distribution
<input type="checkbox"/> business/office communications	<input type="checkbox"/> media
<input type="checkbox"/> truck > 10t	<input type="checkbox"/> telecommunications
<input type="checkbox"/> truck < 10t	<input type="checkbox"/> financial sector
<input type="checkbox"/> coach/bus	<input type="checkbox"/> government
<input type="checkbox"/> car	<input type="checkbox"/> lease/hire
<input type="checkbox"/> rail operations	<input type="checkbox"/> natural resource mgmt
<input type="checkbox"/> rail passenger use	<input type="checkbox"/> construction/mining
<input type="checkbox"/> inland waterways	<input type="checkbox"/> police/ambulance
<input type="checkbox"/> test and demonstration	<input type="checkbox"/> fuel/power industries
<input type="checkbox"/> education	<input type="checkbox"/> disaster relief
<input type="checkbox"/> containers	<input type="checkbox"/> electronics
<input type="checkbox"/> other	<input type="checkbox"/> other

### SECTION C INSTALLATION DETAILS

Complete only one of the following three parts - print or tick as appropriate

#### Part 1 : MOBILE INSTALLATIONS (on a vehicle):

Vehicle registration number \_\_\_\_\_

Country of registration \_\_\_\_\_

#### Part 2 : FIXED INSTALLATIONS:

Location: \_\_\_\_\_

Country: \_\_\_\_\_

Usage: Attended:  Unattended:   
Part of a fixed group: Yes:  No:

#### Part 3 : PORTABLE or TRANSPORTABLE TERMINALS:

Will the portable or transportable be used internationally: 138  
Yes:  No:



**SECTION F PRIMARY CHANNEL SERVICE & EQUIPMENT DETAILS (up to 6 end-terminals)**  
 There is no need to identify facsimile or data equipment which will use a voice channel and switch with voice equipment.  
 Please use the last page of this form (Section F) for primary channels with more than 6 end-terminals  
 and for all applications for additional (secondary) channels and/or additional end-terminals for existing LMESs.

A. FOR SINGLE LMES OR  
 PRIMARY CHANNEL ONLY:

a Manufacturer: \_\_\_\_\_

b Model: \_\_\_\_\_

c Inmarsat Serial No:   
 (should not include dots dashes or spaces)

d Software Revision No: \_\_\_\_\_

e Is there a facility for immediate payment by credit card on the LMES (Y/N): \_\_\_\_\_

f Antenna Size: \_\_\_\_\_

*Do not fill in area below  
 RO Office Use Only*

INMARSAT MOBILE NUMBER RO to supply one IMN for each specified end-terminal	END-TERMINAL SERVICES name the service for each required end-terminal only one service per end-terminal on each line services should be VOICE, FAX or DATA	PRIVACY INDICATOR (Y/N)

*Do not fill in the area below  
 RO Office Use Only*

**SECTION G COMMISSIONING LES DETAILS**

Commissioning LES Preferred: \_\_\_\_\_

Commissioning Date (dd/mm/yy): \_\_\_\_\_

Commissioning Site/Ocean Region: \_\_\_\_\_

Commissioning Agent: \_\_\_\_\_

Agent's Address: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Town: \_\_\_\_\_ Post/Zip: \_\_\_\_\_

Country: \_\_\_\_\_ Tel. No: \_\_\_\_\_

Tlx: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

**CERTIFICATION and AGREEMENT**

The Applicant agrees to comply with the attached Terms and Conditions for the Utilization of the Inmarsat space segment applicable to the land mobile earth station (LMES) described in this Application, and the Routing Organization agrees, pursuant to Article XIV(3) of the Inmarsat Operating Agreement, to be responsible to Inmarsat for such compliance by the LMES.

PRINT Applicant Name: \_\_\_\_\_

Signature: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

PRINT RO Rep. Name: \_\_\_\_\_

Signature: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_



INSTRUCTIONS FOR COMPLETING THIS INMARSAT-M LMES COMMISSIONING APPLICATION FORM

To commission your LMES, certain information is required about the equipment itself, its owner and licensee and about the arrangements made for the payment of bills. Your national Routing Organization (RO) will process the form and issue the necessary Inmarsat Mobile Number(s) (IMN), which will be used by public service subscribers to communicate with you.

Your RO will inform you of the IMN(s) for your LMES. On the form, you should specify when and where and through which Land Earth Station (LES) you would like to perform the commissioning test. You should contact the LES to confirm these arrangements.

If you have any difficulties completing this application you should contact your national Routing Organization. An up-to-date list of ROs may be obtained from Inmarsat Commissioning, who will also help if your RO can not:

Telephone:	+ 44 71 728 1491/1518	Inmarsat Commissioning
Telefax:	+ 44 71 383 0152	40 Melton Street, London NW1 2EQ
Telex:	297201 INMSAT G	United Kingdom

How to fill in the form:

**SECTION A** Application Details

Fill in the country where your LMES will be registered and the name of the RO of that country. Please designate whether your mobile will be used as a mobile (on a vehicle), at a fixed location, or as a portable or transportable. A portable terminal can be hand-carried and used while on the move. A transportable can be hand-carried but must be in a stationary position while in use. Please also tick whether this is an initial commissioning or whether it is an application to add another channel or end-terminal to an existing LMES.

**SECTION B** User Information

Tick only one box in each of the two columns.

**SECTION C** Installation Details

These are the details about the installation. They must correspond to the choices made in Section A, whether mobile, fixed, portable or transportable.

**SECTION D** Applicant Details

Complete this section with the appropriate names and addresses of the Applicant, Owner and Licensee.

**SECTION E** Accounting and Billing Details

You **MUST** nominate (with RO authorisation) an accounting authority, to which accounts for the LMES will be forwarded (unless an LES Operator chooses to use a Billing Entity). All accounting authorities have been assigned codes and are internationally recognised. Only the code is required. No application will be processed without an accounting authority. You may also nominate a Billing Entity (BE), which may be used by the LES Operator at their discretion. Arrangements for use of the BE must be made with the LES.

After satisfactory attempts have been made to resolve issues delaying payment for telecommunication services, LES Operators have the right to suspend services to LMES users due to non-payment of invoices. Service will be reinstated only after a payment is received in full or an agreement is reached between the two parties.

**SECTION F** Primary Channel Equipment Details

Supply all the available information required in this section to describe the primary channel equipment intended for commissioning. Secondary channel equipment details should be provided under Section H.

Please enter the service name (VOICE, FAX or DATA) once for each end-terminal intended to be commissioned in the column END-TERMINAL SERVICES. You should also indicate whether or not you require privacy for each terminal - private terminals will not be listed in public directories. If you have more than six end-terminals, please use Section H for additional terminals.

The RO will provide the IMN for each end-terminal in the table to the left.

**SECTION G** Commissioning LES Details

Please note the name of the LES through which you would prefer to conduct the commissioning test. You should also note the name and address of the Commissioning Agent if you intend to use one.

**CERTIFICATION AND AGREEMENT**

You must clearly write or type your name here and sign and date the application. Terms and conditions for use of this LMES are available on the reverse of this page. You should read them before signing the application form.

**SECTION H** Additional Channel Information

Use this section to supply details about extra end-terminals for the primary channel.

For multi-channel applications please supply the additional channel information here. Once again, please simply list the service name once for each end-terminal required. The RO will supply the IMN for each end-terminal in the table to the left.

Be sure to read the Terms and Conditions for Utilization of the Inmarsat Space Segment by LMES on the back of this page before you sign the application form. Submit the completed form to your national Routing Organization.

**TERMS AND CONDITIONS FOR THE UTILIZATION OF THE INMARSAT SPACE SEGMENT  
BY LAND MOBILE EARTH STATIONS**

**Article 1: Scope of Terms and Conditions**

Subject to, and complementary to, the relevant provisions of the INMARSAT Convention and Operating Agreement, and any further terms and conditions that INMARSAT may attach, the terms and conditions set forth herein shall apply to the authorization made by INMARSAT to the Licensee of the Land Mobile Earth Station (LMES) described in the attached Access Authorization Certificate, with respect to the utilization of the INMARSAT Space Segment by the LMES.

**Article 2: Land Mobile Earth Station Performance, Criteria and Operations**

**(A) Authorization Subject to Compliance with Technical and Operating Requirements**

(1) Throughout its utilization of the INMARSAT space segment, the LMES shall comply with the criteria and performance standards to which it was type-approved by INMARSAT, and the LMES Operator shall comply with the operating procedures notified by INMARSAT to the LMES Licensee and LMES Operator at any time or times.

(2) The authorization to utilize the INMARSAT space segment shall be conditional upon such compliance. The LMES Operator shall not utilize the INMARSAT space segment for any purpose or in any manner other than as specified in the application for authorization and in these Terms and Conditions, without the prior written consent of INMARSAT.

**(B) Sanctions in the Case of Non-compliance**

(1) INMARSAT shall be entitled, at any time or times, and with immediate effect, unilaterally to modify, restrict, suspend or terminate, temporarily or permanently, the authorization by notification to the LMES Licensee and LMES Operator, if INMARSAT deems the LMES or the LMES Operator to not so comply, or to practise a utilization not so authorized, no matter what the cause or causes of such non-compliance or practice.

(2) Unless the authorization has been terminated, INMARSAT shall lift such modification, restriction or suspension, if it is demonstrated to INMARSAT's satisfaction that compliance has been resumed and will be maintained, or that such unauthorized practice has been and will be discontinued by the LMES Operator.

**(C) Suspension and Termination in Special Circumstances**

(1) The authorization shall be deemed to be suspended during any period in which persistent malfunction or any operation of the LMES that degrades the performance of the INMARSAT space segment occurs.

(2) The authorization shall be deemed to be terminated if any one of the following circumstances occurs:

- (a) any change in the information contained in the commissioning application which would require a change in LMES identity;
- (b) significant modification or change to the LMES.

(3) The LMES Licensee or LMES Operator, as the case may be, shall notify INMARSAT promptly of any of the events specified in paragraphs (1) and (2) above.

**(D) Compliance with National Regulations**

In utilizing the INMARSAT space segment, the LMES Licensee and LMES Operator shall comply with the regulations governing the use of radio-communications of any State in which the LMES is located at any time.

**Article 3: Financial Obligations**

The establishment of charges for the telecommunications services provided by the land earth stations (LESs) is the prerogative of the owner and/or operator of the LES. All accounts for telecommunications services via the LESs must be paid without delay. In the event of delayed payment, the LESs concerned may discontinue telecommunications services for the LMES in default.

**Article 4: Telecommunications Disclaimer**

INMARSAT, its Parties, Signatories, their officers, employees, agents, the lessors, manufacturers and other providers of the INMARSAT space segment, or their assignees, or any of them, shall not be liable to the LMES Licensee or any other person or entity for any direct, indirect or consequential loss, damage, liability or expense sustained by reason of any unavailability, delay, interruption, disruption or degradation in or of the INMARSAT space segment capacity or any modification, restriction, suspension or termination of the authorization, regardless of the cause or causes thereof.

**Article 5: Language and Communications**

(A) These terms and conditions and all documentation and communications required thereunder shall be in the English language.

(B) All communications pertinent to the authorization or to these terms and conditions shall be made or confirmed, by telex, facsimile, data transmission or other written form. Communications by INMARSAT to the LMES Licensee shall be sent to its last known address and communications to the LMES Operator shall be sent to the LMES.

**Article 6: Amendments**

The terms and conditions as herein stated are subject to amendment by the Council of INMARSAT, such amendment to become effective upon the date specified by the INMARSAT Council, but not less than thirty (30) days after the date of notification of the amendment to the LMES Licensee, the LMES Operator and the Routing Organization through which the LMES Licensee's application for authorization was forwarded to INMARSAT.