

**Escuela Politécnica Superior de Ingeniería**  
*Sección de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval*

*Trabajo de Fin de Grado*

**“Sistema de Comunicación Marítima**  
**INMARSAT ”**

*Grado en Náutica y Transporte Marítimo*

***Autor:*** *Luchezar Plamenov Boiajiev*

***Tutor:*** *José Ángel Rodríguez Hernández*

Julio 2022

El Dr. D. **José Ángel Rodríguez Hernández**, profesor de la  
Universidad de La Laguna, y adscrito al Área de Conocimiento  
*Ingeniería de los Procesos de Fabricación*,

***Certifica:***

Que bajo su dirección y supervisión se ha realizado el *Trabajo de  
Fin de Grado* del alumno D. **Luchezar Plamenov Boiajiev**, correspondiente  
al *Grado en Náutica y Transporte Marítimo*, titulado

***“Sistema de Comunicaciones Marítimas Inmarsat”***,

el cual se considera apto para su presentación y defensa,

y para que así conste a los efectos oportunos, firma el presente

En Santa Cruz de Tenerife a 23 de Junio de 2022.

*El tutor*

*José Ángel Rodríguez Hernández*

# Índice

	<i>Pág.</i>
<b>Introducción</b> .....	7
 <b>Capítulo 1</b>	
<b>Navegación marítima y comunicaciones por satélite</b> .....	9
1.1 Modalidades de comunicaciones marítimas .....	10
1.2 Evolución y adaptación de las comunicaciones marítimas .....	12
1.3 Avances hacia las tecnologías digitales .....	14
1.4 Historia y desarrollo de las comunicaciones satelitarias .....	16
1.4.1 El primer satélite artificial Sputnik .....	
1.4.2 Satélites de comunicación Syncom y Marisat .....	17
 <b>Capítulo 2</b>	
<b>Los Satélites artificiales</b> .....	19
2.1 Los satélites artificiales .....	
2.2 Lanzamiento .....	20
2.3 Leyes de Kepler y Newton aplicables a la órbita de los satélites. ....	21
2.4 Clasificación de las órbitas por su altura .....	24
2.4.1 LEO (Low Earth Orbit) .....	25
2.4.2 MEO (Medium Earth Orbit) .....	26
2.4.3 HEO (Highly Elliptical Orbit) .....	
2.4.4 GEO (Geosynchronous Earth Orbit) .....	
2.5 Espectro electromagnético satelital .....	27
2.5.1 Bandas de frecuencias .....	28

### **Capítulo 3**

<b>Organización Inmarsat</b> .....	31
3.1 Organización INMARSAT .....	32
3.2 Organización IMSO .....	33
3.3 Inmarsat empresa comercial privada .....	
3.4 Inmarsat y GMDSS .....	34
3.4.1 Zonas marítimas de navegación .....	35
3.4.2 MSI y SafetyNET y GMDSS .....	36
3.4.3 Resolución A.888(21) de la OMI .....	38
3.4.4 Resolución A.1001(25) de la OMI .....	39

### **Capítulo 4**

<b>Segmento espacial</b> .....	43
4.1 El segmento espacial de INMARSAT .....	44
4.2 Primera generación de satélites Inmarsat .....	
4.3 Segunda y tercera generación de satélites. Inmarsat-2 e Inmarsat-3 .....	45
4.4 Cuarta generación de satélites. Inmarsat-4 .....	49
4.5 Quinta constelación de satélites. Inmarsat-5 .....	50
4.6 Sexta constelación de satélites. Inmarsat-6 .....	52

### **Capítulo 5.**

<b>Segmento espacial</b> .....	55
5.1 El segmento espacial de INMARSAT .....	56
5.2 Estaciones terrenas costeras LES .....	
5.3 Estaciones de coordinación de la red NCS .....	57
5.4 Centro de control de la red NOC .....	58
5.5 Estaciones móviles MES .....	59
5.5.1 Estaciones mono-canal y multi-canal .....	60
5.5.2 Número de identificación de una estación, IMN .....	

## Capítulo 6

<b>Estándares Inmarsat</b> .....	63
6.1 Inmarsat-A .....	64
6.2 Inmarsat-B .....	65
6.2.1 ADE (Above Deck Equipment) Inmarsat-B .....	67
6.2.2 BDE (Bellow Deck Equipment) Inmarsat-B .....	68
6.3 Inmarsat-M .....	70
6.4 Inmarsat Mini-M .....	71
6.5 Inmarsat-C .....	72
6.5.1 ADE Inmarsat-C .....	74
6.5.2 BDE Inmarsat-C .....	74
6.5.3 Especificaciones técnicas MES Inmarsat-C .....	75
6.5.4 Clases de terminales Inmarsat-C .....	76
6.5.5 Servicios de los terminales Inmarsat-C Y Mini-C .....	77
6.5.5.1 Alerta de socorro y mensajes con prioridad de socorro .....	
6.5.5.2 Mensajes bidireccionales .....	78
6.5.5.3 Notificación e interrogación de datos y situación .....	79
6.5.5.4 Aplicaciones SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)	
6.5.5.5 Llamada intensificada a grupos (EGC, Enhanced Group Calling)	
6.5.5.6 Códigos de dos cifras .....	80
6.5.5.7 SSAS (Ship Security Alerting System) .....	
6.6 Inmarsat Fleet .....	
6.6.1 Fleet 77 .....	82
6.6.1.1 ADE (Above Deck Equipment) Fleet 77 .....	83
6.6.1.2 BDE (Bellow Deck Equipment) Fleet 77 .....	
6.6.2 Fleet 55 .....	85
6.6.3 Fleet 33 .....	
6.7 Inmarsat FleetBroadBand .....	86

6.7.1	Terminales FleetBroadBand .....	
6.7.2	Aplicaciones FleetBroadBand .....	88
6.8	Inmarsat Global Xpress .....	90
6.8.1	Terminales Global Xpress .....	
6.9	Inmarsat FleetPhone .....	91
6.10	Inmarsat Fleet One .....	92
6.11	IsatPhone de INMARSAT .....	93

## **Capítulo 7**

<b>Trabajo de campo</b> .....	95
7.1 Trabajo con equipo Inmarsat-C a bordo del M/V Volcán de Tamasite .....	96
7.2 Como enviar mensaje de socorro con equipo Inmarsat-C Felcom 18 .....	99
7.3 Como enviar mensaje de socorro con equipo Inmarsat-C Felcom 18 especificando la naturaleza del peligro .....	100
<b>Conclusiones</b> .....	103
<b>Conclusions</b> .....	105
<b>Bibliografía</b> .....	107
<b>Glosario de términos y acrónimos</b> .....	110

## ***Resumen***

Las comunicaciones por satélite son un activo importante para la industria marítima, que puede ayudar a salvar vidas humanas en el mar y mantiene la tripulación conectada con sus familias y seres queridos. En los últimos 40 años el crecimiento de la flota mercante y por otro lado los numerosos trágicos accidentes producidos por la falta de comunicación son abrumador. Así, la demanda de una comunicación más precisa y urgente en situaciones de peligro se ha vuelto crítica. En 1972, la OMI, con la asistencia del CCIR, inició un estudio de nuevo sistema mundial de socorro y seguridad marítima. Después de muchos años de planificación y consulta internacional, la OMI y los gobiernos miembros con la coordinación del CCIR, la UIT, la OMM, la OHI, Inmarsat y Cospas-Sarsat desarrollaron el nuevo GMDSS (Global Maritime Distress Safety System). El GMDSS se incorporó al capítulo 4 del Convenio SOLAS y en 1992 comenzó su implementación. A partir de 1 de febrero de 1999 el GMDSS es obligatorio para todos los buques sujetos al Convenio. El relativamente nuevo en ese momento sistema Inmarsat, estaba destinado a tener un papel crucial en las comunicaciones de emergencia del GMDSS.

El desarrollo y el potencial de la industria satelital fueron reconocidos en el remoto 1979 por la Organización Marítima Internacional (OMI), estableciendo una red de comunicaciones marítimas por satélite para la gestión de buques y aplicaciones de seguridad. Se crea la Organización **Internacional de Telecomunicaciones Marítimas Satélites** (Inmarsat). Inmarsat opera y mantiene la red terrestre Inmarsat Ground Network (IGN), una constelación de 14 satélites GEO, muchas estaciones terrenas costeras (LES) y estaciones terrenas móviles (MES). Inmarsat fue el primer operador mundial internacional no gubernamental de comunicaciones móviles por satélite que ofreció una gama amplia de servicios de comunicación modernos a usuarios móviles o semifijos terrestres, marítimos y aeronáuticos.

En este trabajo intentaremos describir la evolución hacia las comunicaciones por satélite en el mar. El segmento espacial y las generaciones de satélites involucrados en el programa Inmarsat. Los servicios y aplicaciones específicos ofrecidos por Inmarsat, también está presente mi experiencia personal de operación con el sistema Inmarsat-C a bordo.

Finalmente, con todo lo expuesto a lo largo de los capítulos anteriores, esperamos haber logrado ofrecer una visión general del sistema Inmarsat.

## ***Abstract***

Satellite Communications are an important asset for the Maritime industry, which can help save human life at sea and maintains crew connected with their families and loved ones. In the last 40 years with the growth of the merchant fleet and on another hand the numerous tragic accidents produced due to the lack of communication is overwhelming. Thus, the demand of more precise and urgent communication in distress situations has become critical. In 1972, IMO, with the assistance of CCIR, commenced a study of new Distress and Safety systems for maritime communications. After many years of planning and international consultation, the IMO authority and its member governments developed the new GMDSS (Global Maritime Distress Safety System), with the coordination of the CCIR, ITU, WMO, IHO, Inmarsat, and Cospas-Sarsat. The GMDSS was incorporated into chapter 4 of the SOLAS Convention and ships subject to the Convention began implementing the GMDSS in 1992. It's full implementation took place on February 1, 1999. The relatively new by that time Inmarsat system was bound to have a crucial role in emergency GMDSS communications.

The development and the potential of satellite industry was noticed in the remote 1979 by the International Maritime Organization (IMO), establishing a maritime satellite communication network for ship management and Safety applications. The International Maritime Satellite Organization (Inmarsat) was created. Inmarsat operates and maintains the Inmarsat Ground Network (IGN) constellation of 14 GEO satellites and many Mobile Earth Stations (MES) and Land Earth Stations (LES) terminals. Inmarsat was the world's first international and non-governmental Global Mobile Satellite Communication (GMSC) operator offering a mature range of modern communication services to maritime, land, aeronautical, and other mobile or semi-fixed users.

In this article, we will try to describe the evolution towards the satellite communications at sea. The space segment and generations of satellites involved in Inmarsat program. The specific services and applications offered by Inmarsat, a detailed on board operation experience with Inmarsat-C system is also presented.

Finally, with everything exposed throughout the preceding chapters, we hope to have managed to offer a general overview the Inmarsat system.

# ***Introducción***

En este trabajo se analiza el sistema de comunicación marítima por satélite Inmarsat. El trabajo tratará de explicar la base del sistema de comunicación por satélite, las normas de seguridad que recogen el sistema, las modalidades del sistema y su desarrollo desde su implementación hasta la actualidad, también se agregarán conocimientos prácticos adquiridos a bordo. Para ello se ha utilizado toda la información necesaria encontrada en la biblioteca de La Universidad de la Laguna, la biblioteca digital Punto Q de la ULL y Internet. Además, se cuenta con los conocimientos adquiridos en determinadas asignaturas del grado en Náutica y Transporte Marítimo como: Sistema de Radiocomunicaciones SMSSM, Prácticas de Radiocomunicaciones, Navegación Radioelectrónica, Inglés Normalizado OMI y las prácticas curriculares realizadas a bordo de buque Volcán de Tamasite.

El trabajo está dividido en siete partes diferenciadas.

En la primera parte del trabajo se hace una introducción, hablando de las diferentes modalidades de comunicación marítima. También se explican la necesidad de evolución y adaptación de las comunicaciones hacia las tecnologías digitales y se describe brevemente la historia de los primeros satélites.

En el segundo bloque se profundiza sobre los satélites artificiales, tipos de orbitas, características de órbita geoestacionaria y las bandas de frecuencias.

El tercer bloque habla de Inmarsat como organización y explica la parte legislativa que hace referencia a GMDSS. Se explican las zonas marítimas, la MSI y SafetyNet.

El próximo cuarto bloque está dedicado al segmento espacial de Inmarsat y las generaciones de satélites, desde la primera hasta la última sexta generación I-6.

En el quinto bloque se habla de las características del segmento terrestre, las estaciones costeras LES, estaciones de coordinación de red NCS, el centro de operaciones de red NOC y las estaciones MES.

El sexto bloque es sobre los estándares de Inmarsat, explicando en detalles cada uno en orden de su implementación, sus características, funcionamiento y equipos disponibles.

El séptimo apartado es sobre trabajo práctico con equipo Inmarsat-C y procedimientos básicos a bordo de Volcán de Tamasite durante mi periodo de prácticas curriculares.

# ***Capítulo 1***

## ***Navegación marítima y comunicaciones por satélite***

## 1.1 MODALIDADES DE COMUNICACIONES MARÍTIMAS

La aparición de nuevas tecnologías a principios del siglo XX potencia el comercio marítimo, lo que da lugar a un aumento del tráfico y a la necesidad de control monitorización y comunicaciones complejas. En este contexto aparecen los primeros sistemas de comunicaciones con la finalidad de mejorar la seguridad marítima, la protección del medio marino y/o la zona costera adyacente, y la eficiencia de la navegación. Si bien en un principio la necesidad de comunicarse podía cubrirse mediante el uso de balizas y otros objetos señalizadores luminosos, más adelante estos sistemas fueron sustituidos por sistemas de comunicaciones por voz en MF/HF y VHF.

Las nuevas tecnologías, como el radar marítimo (1935) en banda S (2,9 – 3,1 GHz) y banda X (9,2 – 9,5 GHz) y el sistema LORAN (1942) usando el espectro LF, revolucionaron la navegación marítima. El aumento considerable del tráfico y la necesidad de algún mecanismo para su monitorización harían que en 1949 apareciese el primer VTS (Vessel Traffic Services). Un VTS se basa en una red más o menos amplia de radares, junto con la información tan completa como sea posible sobre la zona (carta electrónica, datos meteorológicos y oceanográficos, etc.) y una red de comunicaciones de voz VHF-FM (Very High Frequency - Frequency Modulation), la cual permite el informe periódico de la posición por parte de cada buque y la recepción de información por parte de la central.

Cabe mencionar el NAVTEX un sistema automatizado para distribuir de forma instantánea información de seguridad marítima, tal como advertencias de

navegación, pronósticos meteorológicos y advertencias o avisos de búsqueda y rescate. La frecuencia de los mensajes NAVTEX, utiliza 518 kHz para emisiones en inglés y 490 kHz y 4.209,5 kHz para transmitir tanto en inglés como en el idioma local. NBDP, también conocido como radio télex, es una técnica que automatiza las señales de radio a la telegrafía. Trabaja con modulación FSK en canales HF de 0,5 kHz y soporta transmisiones de datos de baja velocidad (100 bps) en las bandas de servicio móvil marítimo dentro de 1,6 – 26,5 MHz. La IMO ha indicado que el radio télex podría dejar de considerarse un sistema requerido dentro de GMDSS. [1]

Sistema	Banda	Frecuencia de canal	Tasa de datos de ancho de banda	Servicio	Propósito
<b>Comunicaciones por voz HF</b>	MF/HF	1,6-25,5 MHz	3 kHz	Móvil a móvil De móvil a fijo De fijo a móvil	Comunicaciones generales por voz
<b>Comunicaciones por voz VHF</b>	VHF	156,025-161,950 MHz	25 kHz	Móvil a móvil De móvil a fijo De fijo a móvil	Comunicaciones generales por voz
<b>NBDP</b>	MF/HF	1,6-25,5 MHz	0,5 kHz	Móvil a móvil De móvil a fijo De fijo a móvil	Comunicación de texto generales
<b>Comunicaciones a bordo</b>	UHF	457,5125-457,5875/ 467,5125-467,5875 MHz		Móvil a móvil Comunicación interna	Comunicaciones a bordo

Tabla 1.1: Principales sistemas para comunicaciones generales.

## 1.2 EVOLUCIÓN Y ADAPTACIÓN DE LAS COMUNICACIONES MARÍTIMAS

La situación más simple de transmisión de información mediante ondas electromagnéticas es la de una antena transmisora que transmite directamente a la antena receptora, sin obstáculos en el trayecto que atraviesan las ondas electromagnéticas. En este caso, hay visibilidad total entre ambas antenas. Esta situación se produce cuando las antenas están situadas en la superficie de la Tierra y la distancia entre ellas es relativamente corta, debido a la forma esférica del planeta. A medida que la distancia entre las dos antenas aumenta, el trayecto ya no es directo (de visibilidad directa). A fin de aumentar la longitud del trayecto, puede incrementarse la altura de las antenas, pero sólo hasta el punto en que los costos no resulten prohibitivos. En un caso así, el problema puede resolverse por medio de satélites de telecomunicaciones. Como estos satélites se sitúan en altitudes muy elevadas, su alcance es muy superior al de las torres más altas que puedan construirse sobre la superficie de la Tierra. Cuando dos antenas situadas en la superficie de la Tierra están muy separadas y no hay visibilidad entre ellas, puede utilizarse un satélite de comunicaciones para retransmitir la señal. Así pues, una antena transmisora enviará la señal al satélite que a su vez retransmitirá la señal a la antena receptora. En este caso, hay visibilidad entre la antena transmisora y el satélite, y entre el satélite y la antena receptora. Como los satélites de telecomunicaciones se sitúan en altitudes elevadas respecto a la superficie de la Tierra, dan cobertura a una zona amplia, lo cual es especialmente

ventajoso para los océanos, pues se puede establecer la radiocomunicación entre puntos distantes utilizando pocos enlaces, reduciendo con ello los costos correspondientes. Tabla 2 muestra la distancia entre dos puntos sobre la superficie de la Tierra en función de la altura de una antena de satélite. De hecho, el alcance real de la señal de la antena es ligeramente superior a los valores indicados en la Tabla 2, si se tienen en cuenta los efectos de la atmósfera de la Tierra y de difracción a lo largo de su superficie, y ligeramente inferior cuando se tiene en cuenta la precipitación, aunque los valores indicados sirven como referencia. [3]

Altura, $h$ (km)	Ángulo, $\alpha$ (grados)	Distancia, $d$ (km)
10 <sup>(1)</sup>	3,313	368,4
30 <sup>(2)</sup>	5,549	617,1
150 <sup>(3)</sup>	12,312	136,2
780 <sup>(4)</sup>	27,008	3003,6
2 000 <sup>(4)</sup>	40,438	4497,1
10 000 <sup>(5)</sup>	67,095	7461,7
35 600 <sup>(6)</sup>	81,268	9037,8

(1) Altitud de vuelo internacional.  
 (2) Altitud de un globo estratosférico.  
 (3) Altitud de un satélite de investigación espacial.  
 (4) Altitud de satélite LEO.  
 (5) Altitud de satélite MEO.  
 (6) Altitud de satélite GEO.

Tabla 1.2: Relación entre la altura y la distancia de una antena.

En la siguiente figura 1 se muestran gráficamente los parámetros de altura  $h$ , ángulo  $\alpha$  y distancia  $d$ , mencionados en la Tabla 2 arriba:

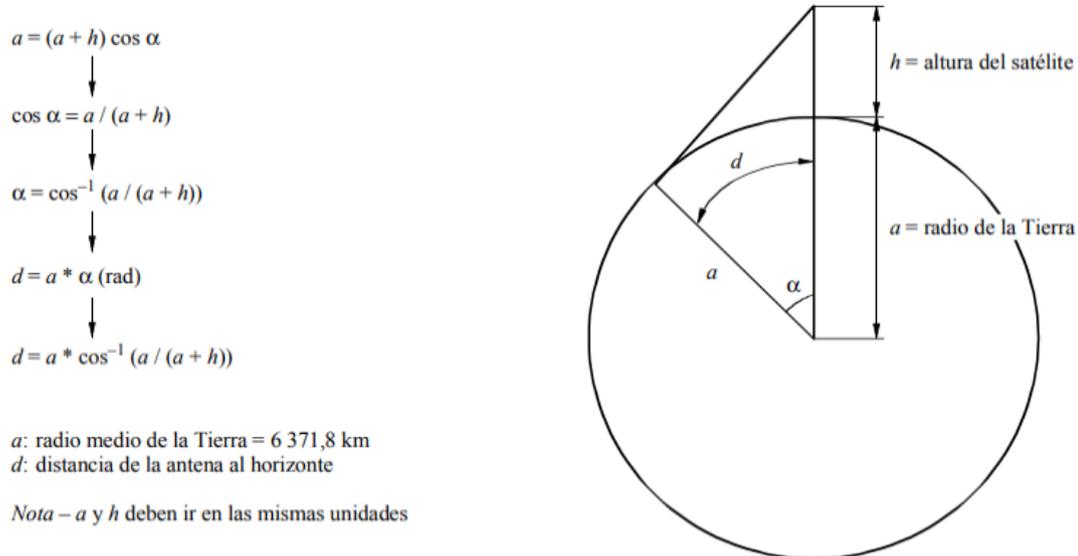


Figura 1.1: Parámetros de Tabla. [3]

### 1.3 AVANCES HACIA LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES

Sin embargo, el hecho de que las comunicaciones se realicen por voz ha dado lugar a graves accidentes a lo largo de los años. Las estadísticas estiman que entre el 75% y 96% del total de accidentes marítimos son producto del error humano. Los radares, por su parte, también cuentan con limitaciones inherentes que causan un pequeño número de catástrofes. Sus prestaciones se reducen en condiciones adversas y tampoco ofrecen una buena respuesta ante la presencia de obstáculos como un islote o un peñasco. [2]

Al mismo tiempo, el paso de los años y la consecuente evolución de la tecnología propiciaron la migración de las comunicaciones analógicas hacia un

ámbito digital, en el cual se encuentran los sistemas que prevalecen en la actualidad. Hoy en día existe, además, una inquietud por comunicarse con propósitos menos triviales que los que se acaban de mencionar, como puede ser el establecer contacto intrascendente o de carácter personal desde una embarcación por parte de los integrantes de la tripulación o los pasajeros. Intereses de este tipo conllevan la necesidad de una revisión y constante evolución de los sistemas de comunicación.

La irrupción de las comunicaciones vía satélite en los buques ha supuesto la cobertura mundial, posibilitando conectar con cualquier red telefónica o de datos del mundo de forma rápida y eficaz. La ventaja es que en todo momento podemos conocer cuáles son las necesidades del buque y la oficina de tierra está en permanente contacto. La industria naviera se encuentra en el umbral de un rápido cambio tecnológico, lo que desafía a las compañías de este sector a incorporar una amplia gama de soluciones digitales para seguir siendo competitivas.

Por ejemplo, los dispositivos IoT (Internet of Things) están en uso monitoreando los entornos y sistemas de barcos y yates en tiempo real. Estos dispositivos brindan valiosas alertas tempranas de inundaciones, incendios y descargas profundas de baterías y de cierto modo logran monitorear e informar constantemente las salas de máquinas, la sentina y las baterías. Los operadores de flotas comerciales deben implementar la automatización y digitalización de los

procesos a bordo para garantizar un rendimiento, eficiencia y confiabilidad óptimos. [10]

## **1.4 HISTÓRIA Y DESARROLLO DA LAS COMUNICACIONES SATELITARIAS**

Las comunicaciones por satélites tenían al principio un tinte más de ficción que de ciencia, debido a que el uso de los satélites se inició en octubre de 1945, después que el escritor británico de ciencia ficción Arthur C. Clark publicara en la revista británica *Wireless World* el artículo titulado *Extra-Terrestrial Relays*, en el cual incluía la propuesta de un sistema de comunicación global utilizando estaciones espaciales en los siguientes términos: Un satélite artificial a la distancia apropiada de la tierra puede hacer una revolución cada 24 horas, esto es, podría parecer estacionario sobre un punto de la superficie de la Tierra, y tendría un rango óptico de casi la mitad de la superficie terrestre. Tres estaciones repetidoras, con una separación de 120 millas entre sí, pueden dar cobertura de señales de radio y microondas a todo el planeta. [3]

### **1.4.1 EL PRIMER SATÉLITE ARTIFICIAL SPUTNIK**

El 4 octubre de 1957 en plena Guerra Fría el mundo se despertó con la noticia del lanzamiento del primer satélite artificial de URSS SPUTNIK 1. Emitía señales con una frecuencia de 20 megahercios - fácil de captar por cualquier radioaficionado, en un hábil movimiento para que ciudadanos de todo el mundo

podieran registrar los pasos del Sputnik sobre sus cabezas. También se podía observar la ligera variación en la frecuencia con la aproximación del satélite - debida al llamado efecto Doppler, el mismo que altera el sonido del silbato de un tren mientras pasa por una estación. El SPUTNIK (satélite o compañero de viaje en ruso), fue lanzado en una órbita elíptica de baja altura. El satélite estuvo en funcionamiento durante 21 días, marcando así el inicio de la era de las comunicaciones vía satélite.

#### **1.4.2 SATÉLITES DE COMUNICACIÓN SYNCOM Y MARISAT**

El primer satélite repetidor totalmente activo fue el COURIER, lanzado por el Departamento de Defensa de los EEUU en octubre de 1960. Este transmitía conversaciones y telegrafía, aunque sólo duró 70 días.

En 1963-1964, la NASA lanzó los primeros satélites de comunicaciones geoestacionarios SYNCOM II y SYNCOM III. El SYNCOM II se lanzó a una órbita con periodo de 24 h, a 36 000 km, aunque su órbita estaba en un plano muy inclinado. El SYNCOM III era realmente geoestacionario, con una órbita de 24 h en un plano orbital ecuatorial casi perfecto, es decir, con 0° de inclinación.

Los satélites SYNCOM se utilizaban para retransmitir comunicaciones desde estaciones terrenas fijas a diversos emplazamientos por el mundo. Una de las estaciones estaba situada a bordo del buque USNS Kingsport, anclado en Honolulu, Hawai. La terminal de Kingsport podría considerarse como la primera terminal terrena móvil marítima. El proyecto SYNCOM fue un éxito, demostrando

la utilidad práctica de la órbita geoestacionaria para las comunicaciones por satélite. Pero, debido al gran tamaño de la antena de la estación terrena del Kingsport, se llegó a la conclusión de que las comunicaciones por satélite en el mar nunca resultarían prácticas. El verdadero éxito vino con el lanzamiento de los tres satélites MARISAT, en 1976. Estos satélites fueron lanzados por Comsat General Corporation, posteriormente constituyeron el cimiento del segmento espacial del Sistema Internacional de Satélites Marítimos, o Inmarsat.

A partir de entonces se han lanzado al espacio unos 5000 satélites artificiales, de los cuales solo hay operativos unos 700. [4]

# ***Capítulo 2***

## ***Los satélites artificiales***

En este capítulo se explica que es un satélite artificial, como orbita alrededor de la tierra y cuáles son las órbitas según su altura. También se tratarán las ondas electromagnéticas, su modulación y las bandas de frecuencias usadas en las comunicaciones por satélite.

## 2.1 LOS SATÉLITES ARTIFICIALES

Un satélite es cualquier cuerpo celeste opaco que gira alrededor de un planeta primario. El adjetivo artificial significa que es un objeto que ha sido puesto en órbita intencionadamente y se emplea para distinguirlos de los satélites naturales, como la Luna de la Tierra.

Los satélites pueden usarse para hacer observaciones hacia el planeta orbital o hacia el cosmos, por ejemplo, para obtener fotografías de los planetas en los que son lanzados, así también como para mapas estelares y mapas de superficies planetarias. Entre las modalidades más frecuentes se incluyen a los satélites de observación terrestre, tanto civiles como militares, satélites de comunicaciones, satélites de navegación, satélites meteorológicos y telescopios espaciales.

## 2.2 LANZAMIENTO

Para posicionar un satélite en órbita sobre la superficie terrestre se necesita un medio de transporte que le permita dejar la superficie de la Tierra, vencer la gravedad y salir de las capas más densas de la atmósfera y al final alcanzar una velocidad y altura que lo dejen en la órbita deseada. Esto se realiza por medio de un cohete.

Hay distintos procedimientos para llevar el satélite a su órbita geoestacionaria por ejemplo el cohete Ariane 4 de la Agencia Espacial Europea lo hace en 3 fases distintas.

Fase 1: El cohete sube verticalmente propulsado por motores muy potentes para salir rápido de las capas más densas de la atmosfera, sin alcanzar gran velocidad y así se sitúa a unos 200 Km sobre la Tierra en una órbita elíptica de gran excentricidad y con el centro de la Tierra en sus dos focos. La etapa dura unos tres minutos.

Fase 2: Se adquiere velocidad y se asciende para alcanzar la trayectoria horizontal y dura unos dos minutos. Mientras se cruzan las capas densas de la atmosfera se desprende la ojiva que protege el satélite.

Fase 3: El satélite gana velocidad horizontal hasta 10,2 km/s, que le permita obtener la altura buscada en el apogeo de unos 35.800 km. Una vez orientado el satélite se pasa de la órbita elíptica de transferencia a la geoestacionaria, momento en el que el apogeo y el perigeo deben de estar en el plano del ecuador.

[3]

## 2.3 LEYES DE KEPLER Y NEWTON APLICABLES A LA ÓRBITA DE LOS SATÉLITES

Los satélites de comunicaciones son objetos que giran alrededor de la Tierra conforme a las tres leyes de Kepler sobre el movimiento de los planetas alrededor del Sol, la ley de gravitación universal de Newton y la Segunda ley de movimiento de Newton.

Por un lado, tenemos la Ley de gravitación universal de Newton:

$$F = G \frac{M.m}{r^2} \quad (\text{ecuación 1})$$

Y la Segunda ley de movimiento:

$$F = m \cdot a \text{ (ecuación 2)}$$

Por otro lado, la aceleración del satélite es centrípeta (en caso de una órbita circular) o sea  $a = v^2/r$  sustituyendo  $a$  e igualando los dos términos  $F$  de ecuaciones 1 y 2 obtenemos:

$$G \frac{M \cdot m}{r^2} = m \cdot v^2/r, \text{ dividiendo los dos lados por } m \text{ nos queda } G \cdot M = v^2 \cdot r$$

En el periodo  $T$  el satélite recorre una distancia  $v \cdot T = 2 \cdot \pi \cdot r$  de donde  $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$

sustituyendo  $v$  obtenemos  $G \cdot M = \left[ \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} \right]^2 \cdot r$  y nos quedamos con  $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M}$  lo que

expresa la 3ª Ley de Kepler:

*"Para cualquier planeta, el cuadrado de su período orbital es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita elíptica"*

Donde:

$T$  es el periodo

$G$  es la constante de gravitación universal =  $6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

$M$  es la masa de la Tierra =  $5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$

$m$  es la masa del satélite (no nos importa para el cálculo por que se simplifica en la ecuación)

$r$  = la distancia entre los centros de los dos cuerpos

Para un cálculo básico de la altura de una órbita de nuestro interés que posicionara un satélite en órbita geoestacionaria podemos utilizar la 3ª Ley de Kepler.

Podemos despejar la distancia entre los cuerpos  $r$  que sería nuestra altura del

$$\text{satélite } r = \left[ \frac{T^2 \cdot G \cdot M}{4\pi^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Se sabe que la duración de un día sidéreo es  $T = 23 \text{ h } 56 \text{ m } 04 \text{ s} = 86.164 \text{ s}$

Despejando la distancia entre los centros de los dos cuerpos  $r$  y sustituyendo los valores de en las magnitudes correspondientes, que son conocidos se obtiene:

$$r = \left[ \frac{86164^2 \cdot 6,67 \times 10^{-11} \cdot 5,98 \times 10^{24}}{4,3,1416^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 42.166.300 \text{ m.}$$

No nos olvidemos de restar de dicho valor el radio de la Tierra = 6.378 km y por tanto tenemos  $42.166 \text{ km} - 6.378 \text{ km} = 35.788 \text{ km}$ , y esta es la altura a la que debe estar colocado un satélite geoestacionario.

La trayectoria de un objeto que está en órbita alrededor de la Tierra coincide con una elipse o un círculo, dependiendo de la dirección y la velocidad del satélite cuando se le sitúa en órbita. Para cada altura de un objeto situado en órbita alrededor de la Tierra hay un periodo de rotación llamado periodo orbital.

Cuanto más alto se sitúe el satélite, mayor es el periodo orbital alrededor de la Tierra. Hay una altura a la que el periodo orbital del satélite alrededor de la Tierra es igual al periodo de rotación de ésta. Para un observador situado en la superficie de la Tierra, el satélite puede parecer inmóvil o estacionario en el

espacio, y de ahí la denominación de órbita de los satélites geoestacionarios (GEO).

Hemos supuesto una órbita de Kepler perfecta donde un satélite estaría sometido únicamente a la fuerza gravitatoria de la Tierra y sin influencia de otras fuerzas o perturbaciones. Las órbitas geoestacionarias o también llamadas Keplerianas no son reales, puesto que para su deducción se han empleado hipótesis matemáticas que describen sólo parte de las fuerzas que existen a tal altura. Por otra parte, debemos tener en cuenta la masa de la Luna y la masa del Sol con sus respectivas fuerzas de atracción que provocan, la falta de esfericidad de la Tierra y su distribución de masas, además de la radiación solar y la fricción atmosférica. Todos estos factores producen cambios en la posición y la orientación de los satélites artificiales dependiendo también de su masa, su superficie y de la altura en que se posiciona. Para contrarrestar dichos efectos y mantenerlos dentro de los límites de su posición se emplean los impulsores de los satélites. [3]

## **2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS ÓRBITAS POR SU ALTURA**

Los satélites artificiales se pueden colocar a distintas alturas y en distintos tipos de órbitas. Existen 4 órbitas que se pueden clasificar según se describe en los siguientes párrafos.

### 2.4.1 LEO (LOW EARTH ORBIT)

Órbitas bajas a alturas entre 500 y 1.500 Km. El límite inferior está limitado por la existencia a fricción atmosférica y el límite superior a la proximidad del cinturón de Van Allen – la zona de intensa radiación producida por partículas con carga positiva o negativa que están atrapadas en una trayectoria espiral alrededor del campo magnético terrestre. Los satélites LEO tienen un periodo orbital muy corto alrededor de 100 minutos y por tanto se necesita una constelación grande para conseguir cobertura global. Por ejemplo, el sistema Iridium dispone de una constelación de 66 satélites colocados en 6 planos orbitales (11 satélites por órbita) y situados a altura de 780 km. [3]

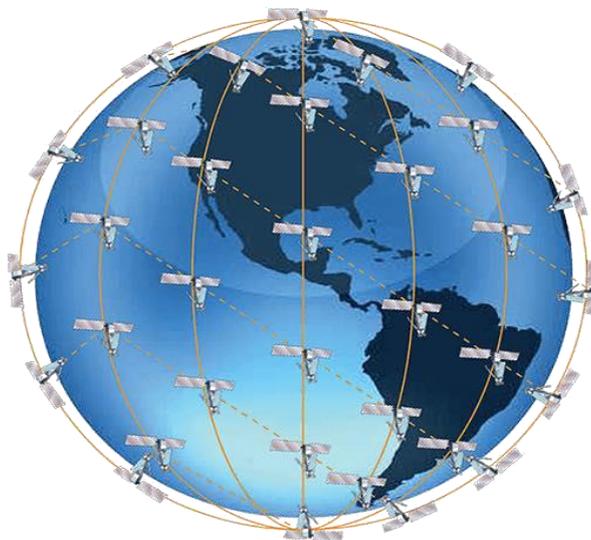


Figura 2.1: Constelación de Iridium. [5]

### **2.4.2 MEO (MEDIUM EARTH ORBIT)**

La órbita media se usa por satélites situados entre altitudes de órbita baja y órbita geostacionaria. En esta órbita se encuentran los satélites del sistema GPS a una altura de 20.200 km, los satélites del sistema ruso GLONASS a 19.140 km y los satélites GALILEO a 23.222 km. [3]

### **2.4.3 HEO (HIGHLY ELLIPTICAL ORBIT)**

Son órbitas muy elípticas con una distancia máxima en el apogeo de unos 42.000 km y una mínima en el perigeo de 400 km. Estas órbitas permiten cubrir zonas polares situadas en el apogeo del satélite donde la velocidad es menor y donde por ejemplo los satélites geostacionarios no tienen cobertura. [3]

### **2.4.4 GEO (GEOSYNCHRONOUS EARTH ORBIT)**

Los satélites están posicionados en una órbita ecuatorial circular a unos 35.800 km de altura, con lo que se consigue que giren con la misma velocidad que la Tierra, y de esta forma parecerían inmóviles desde la superficie de ésta. [3]

## **2.5 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO SATELITAL**

Desde el punto de vista clásico, la radiación electromagnética son las ondas electromagnéticas generadas por las fuentes del campo electromagnético y que se propagan a la velocidad de la luz. Las ondas electromagnéticas que componen la radiación electromagnética pueden ser representadas como campos eléctricos

y magnéticos auto-propagados en forma de onda transversal. Por tanto, una onda electromagnética puede considerarse una fuerza eléctrica oscilante viajando a través del espacio e inseparablemente acompañada por una fuerza magnética oscilante en un plano formando ángulos rectos.

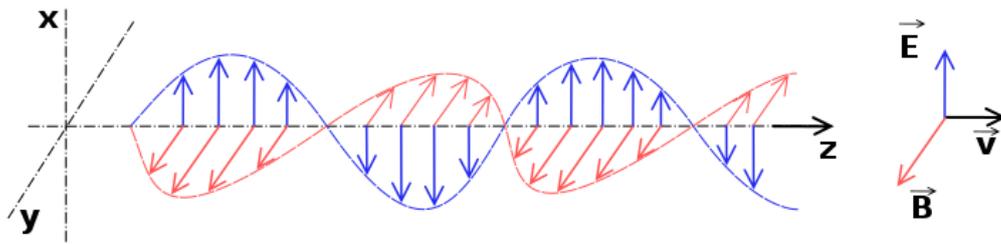


Figura 2.2: Onda electromagnética sinusoidal que se propaga a lo largo del eje z positivo y muestra los vectores de campo eléctrico (azul) y campo magnético (rojo). [36]

El espectro electromagnético dependiendo de la longitud y la frecuencia de la onda se divide en: ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

Dado que las ondas de radio son susceptibles de transportar energía, éstas son utilizadas para transmitir información, bien sea analógica o digital, variando la amplitud y/o la frecuencia de estas. La forma de introducir información en las ondas electromagnéticas se llama modulación de la onda portadora. Este proceso consiste en variar alguna de las características de la onda portadora: la amplitud, la frecuencia o la fase (AM, FM o PM). En las comunicaciones satelitales, al ser información digital, se utiliza la modulación de la fase. Este tipo de modulación presenta varias ventajas respecto a las demás: ausencia de distorsión, de

interferencias entre estaciones cercanas y libres de parásitos atmosféricos. Sus únicos inconvenientes son la necesidad de utilizar frecuencias muy altas y que alguna de las bandas de estas frecuencias se ven más afectadas por la lluvia. [26]

### **2.5.1 BANDAS DE FRECUENCIAS**

Las frecuencias que se usan en las comunicaciones por satélite están dentro de las denominadas microondas, comenzando por encima de 1 GHz hasta aproximadamente 40 GHz. La razón principal por la que se utilizan frecuencias tan altas es su alta capacidad de atravesar la atmósfera. A diferencia de otras frecuencias utilizadas en las transmisiones marítimas como MF o HF (2-30 MHz) las utilizadas por los satélites (UHF, SHF y EHF) no se refractan en ninguna capa de la atmósfera. [4]

Las frecuencias usadas en las comunicaciones por satélite son las siguientes:

- **Banda L 1-2 GHz**

Las frecuencias utilizadas para las comunicaciones por satélite en la mar de la gama baja tienen la ventaja que las ondas experimentan menos atenuación atmosférica. Al ser una frecuencia relativamente baja, la banda L es más fácil de procesar, requiere equipos de RF menos sofisticados y de bajo coste. [28]

- **Banda C 4-8 GHz**

Utiliza antenas grandes (2,4 a 3,7 metros). Estas son las grandes cúpulas blancas que ves en la parte superior de los cruceros y embarcaciones comerciales.

La banda C también se utiliza para enlaces terrestres de microondas, que pueden presentar un problema cuando los barcos llegan al puerto e interfieren con enlaces terrestres críticos. Esto ha resultado en serias restricciones dentro de los 300 km de la costa, lo que requiere que las terminales se apaguen cuando se acercan a tierra. [28]

▪ **Banda K<sub>u</sub> 12-18 GHz**

Se usa principalmente para la transmisión de datos de alta velocidad, TV y por los sistemas VSAT. En esta banda debemos tener en cuenta la mayor atenuación por lluvia por lo que en estos casos habría que transmitir con mayor potencia. La precisión de apuntamiento de las antenas debe ser mucho más ajustada que los terminales Inmarsat de banda L, debido a los anchos de haz más estrechos y, en consecuencia, los terminales deben ser más precisos y costosos. La cobertura de la banda K<sub>u</sub> se realiza generalmente mediante haces puntuales regionales, que cubren las principales áreas terrestres con recepción de televisión. [28]

▪ **Banda K 18-26 GHz**

Aunque está dentro del espectro de las microondas utilizadas por los sistemas satelitales esta banda sufre una gran absorción de vapor de agua por lo que sólo es utilizada en algunas pocas transmisiones de corto alcance. [28]

▪ **Banda K<sub>a</sub> 26-40 GHz**

Es una frecuencia extremadamente alta que requiere una gran precisión de apuntado y un sofisticado equipo de RF. Al igual que la banda K<sub>u</sub>, es

susceptible a atenuación por la lluvia. El ancho de banda es abundante y una vez implementado debería ser bastante económico en comparación con banda K<sub>u</sub>. Inmarsat desarrollo sus sistemas en banda K<sub>a</sub> en sus satélites I-5.

[28]

# ***Capítulo 3***

## ***Organización INMARSAT***

### 3.1 ORGANIZACIÓN INMARSAT

Inmarsat se estableció en 1979 como Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas por Satélites (Inmarsat), una organización sin fines de lucro organización internacional creada a instancias de la Organización Marítima Internacional (OMI) y Naciones Unidas (ONU), para la finalidad de establecer una red de comunicaciones marítimas por satélite para buques aplicaciones de gestión y seguridad. El convenio constitutivo se adoptó en 3 de septiembre de 1976 y define en su Artículo 3 la finalidad de INMARSAT:

- 1. La finalidad de la Organización será proveer el segmento espacial necesario para perfeccionar las comunicaciones marítimas, contribuyendo así a mejorar las comunicaciones de socorro y las destinadas a la seguridad de la vida humana en la mar, el rendimiento y la explotación de los barcos, los servicios marítimos de correspondencia pública y los medios de radio-determinación.*

[6]

La intención de los signatarios era crear un organismo autofinanciado, que mejoraría las Comunicaciones y la Seguridad de la vida en el mar. La obligación de Inmarsat de prestar servicios de socorro y seguridad marítimos mediante satélite fue definida en las enmiendas de 1988 al Convenio SOLAS que introdujeron en el GMDSS. Se requirió a los buques que navegases en determinadas áreas a que llevarsen equipo de comunicaciones de Inmarsat para llamadas de socorro y seguridad y para recibir los radioavisos náuticos. [33]

Con el fin de mantener su deseo de servicio público, especialmente la atención de socorro en el mar, la organización inicial se divide en dos entidades, ambas con sede en Londres:

- La Organización Internacional de Telecomunicaciones Móviles por Satélite, **IMSO** (International Mobile Satellite Organization). Es la empresa garante del acuerdo de Servicio Público firmado con Inmarsat Ltd.
- **Inmarsat Ventures Ltd.**, que es la empresa comercial responsable del mantenimiento de la red satelitaria.

### **3.2 ORGANIZACIÓN IMSO**

La Organización Internacional de Telecomunicaciones Móviles por Satélite (IMSO) se ha establecido como un organismo intergubernamental que supervisa la provisión de servicios de comunicación de socorro marítimo basados en satélites, en particular los utilizados en el Sistema mundial de socorro y seguridad marítimos (GMDSS). La sede de la IMSO se encuentra en Londres y cuenta con 100 estados miembros. Esta organización monitoriza también el promedio de disponibilidad de Inmarsat que debe de exceder de 99,9%, es decir que como máximo puede estar fuera de servicio unas 8,8 horas por año. [7]

### **3.3 EMPRESA COMERCIAL PRIVADA INMARSAT VENTURES LTD**

El 15 de abril de 1999 se creó la empresa comercial privada Inmarsat Ventures Ltd. La nueva empresa funciona en el ámbito de comercio internacional,

pero con el compromiso de mantener sus obligaciones de servicio público con GMDSS.

Inmarsat Ventures opera y mantiene la constelación de Inmarsat Ground Network (IGN) de nueve satélites GEO y muchas estaciones terrestres móviles (MES) y Land Earth Estaciones (LES) terminales. La empresa tiene más de 33 años de experiencia en el diseño, implementar y operar redes GMSC (Global Maritime Satellite Communications). Inmarsat brinda sus servicios a través de un IGN de aproximadamente 260 socios en más de 80 países, incluidas algunas de las empresas de telecomunicaciones más grandes del mundo y ofrece una cartera de GMSC para gobiernos y empresas que requieren comunicaciones confiables de voz, datos y video en tierra, mar o aire, con más del 98% de la superficie terrestre (exceptuando las Regiones Polares).

### **3.4 INMARSAT Y GMDSS**

El Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos SMSSM o GMDSS en inglés es la estructura técnica, operativa y administrativa para las comunicaciones de socorro y seguridad marítimos en todo el mundo. Fue establecido en 1988 por la Organización Marítima Internacional (OMI), que adoptó un texto revisado del Capítulo IV del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS) de 1974, que trata de las radiocomunicaciones, y se implementó a nivel mundial entre 1992 y 1997. El GMDSS establece el equipo mínimo de

radiocomunicaciones que los barcos deben llevar, cómo se debe mantener este equipo y cómo se utiliza. [33]

### 3.4.1 ZONAS MARITIMAS DE NAVEGACIÓN

El Convenio SOLAS establece que “. . . todo buque estará provisto de instalaciones radioeléctricas capaces de cumplir los requisitos funcionales . . . durante todo el viaje previsto . . . .” Por lo tanto, cada buque debe llevar un equipo básico que sea aplicable de acuerdo con las aguas específicas en las que navegue. Estos requisitos se definen por la distancia mar adentro que recorrerá el buque.

En el Real Decreto 1185/2006, punto 5 del art. 3 están definidas las zonas de navegación según el Convenio SOLAS.

- *Zona marítima A1: zona comprendida en el ámbito de cobertura radiotelefónica de, como mínimo, una estación costera de ondas métricas, en la que se dispondrá continuamente de la alerta de llamada selectiva digital (LSD) y cuya extensión está delimitada por el Gobierno contratante interesado.*
- *Zona marítima A2: zona de la que se excluye la zona marítima A1, comprendida en el ámbito de cobertura radiotelefónica de, como mínimo, una estación costera de ondas hectométricas, en la que se dispondrá continuamente de alerta LSD y cuya extensión está delimitada por el Gobierno contratante interesado.*

- *Zona marítima A3: zona de la que se excluyen las zonas marítimas A1 y A2, comprendida en el ámbito de cobertura de un satélite geoestacionario de INMARSAT, en la que se dispondrá continuamente de alerta.*
- *Zona marítima A4: cualquiera de las demás zonas que quedan fuera de las zonas marítimas A1, A2 y A3.*

La zona marítima A3 está definida como zona de la que se excluyen las zonas marítimas A1 y A2, comprendida en el ámbito de cobertura de un satélite geoestacionario de INMARSAT y el alcance de HF (onda corta). Los buques que navegan en la zona A3 deben de llevar obligatoriamente Radio HF (onda corta) con DSC y equipo de comunicaciones por satélite de Inmarsat más los equipos incluidos en las zonas A1 y A2.

### **3.4.2 MSI Y SafetyNET DE GMDSS**

Según GMDSS MSI (Maritime Safety Information) es una transmisión de información esencial relacionada con la seguridad: avisos de navegación, avisos y pronósticos meteorológicos y de temporales u otra información vital desde la costa a todos los buques. La MSI se recibe a bordo por NAVTEX o mediante un receptor EGC (Enhanced Group Calling) o Llamada Intensificada de Grupos generalmente por una terminal Inmarsat-C con receptor EGC incluido (Inmarsat-C clase 2).

SafetyNET es un servicio internacional gratuito de impresión directa automático. Inmarsat lo utiliza para proporcionar y enviar MSI a las 21 áreas

denominadas NAVAREAs y METAREAs del mundo. Las NAVAREAs están establecidas en la Resolución A.706 (17) de la OMI, adoptada el 6 de noviembre de 1991. Autoridades de tierra autorizadas por la OMI, como proveedores de MSI, difunden los mensajes de tal manera que los receptores inteligentes puedan discriminar entre la información que es relevante para un barco en particular y otra información que no lo es, descartando automáticamente aquellos mensajes que no son relevantes.

Importante característica de SafetyNET es que a través del servicio también se pueden recibir mensajes de alertas de socorro tierra-buque e información sobre búsqueda y salvamento (SAR). [4]



Figura 3.1: Áreas geográficas para la coordinación y difusión de radioavisos para la navegación. [37]

### **3.4.3 RESOLUCIÓN A.888 (21) DE LA OMI**

La resolución consta en su punto 2 de definiciones de: sistema satelital, zona de cobertura y disponibilidad del sistema de comunicaciones móviles por satélite.

El punto 3 establece criterios y prescripciones relativas al funcionamiento, la capacidad, el acceso prioritario para las llamadas de socorro.

Punto 4 define criterios y prescripciones para las estaciones terrenas costeras, su funcionamiento, la prioridad de comunicaciones, encaminamiento de las alertas de socorro, identificación de las estaciones terrenas de buque, sistemas de comunicación telefónica, sistemas de transmisión de datos, sistemas de almacenamiento y transmisión y medios de transmisión de información sobre seguridad marítima (MSI).

La Resolución A.888(21) 1999 de la OMI sobre los criterios aplicables cuando se provean sistemas de comunicaciones móviles por satélite para el Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM) se formuló a consecuencia del accidente de MV Achille Lauro en 1994. El buque de pasajeros MV Achille Lauro se encendió y hundió en el Océano Indico a la altura de la costa de Somalia. La mayoría de los pasajeros fueron rescatados por el petrolero Hawaiian King, pero una vez rescatados los pasajeros y tripulantes el centro de rescate RCC Stavanger perdió el contacto con los buques que realizaron el rescate por Inmarsat-A debido a que los supervivientes comunicaron con sus familiares y por otro lado la prensa deseaba información del incidente. El RCC advirtió

Hawaiian King por medio de Inmarsat-C que dejara libre el canal de voz de Inmarsat-A para realizar comunicaciones de seguridad. Como consecuencia la resolución señala que las LES que ofrecen los servicios del nuevo sistema Fleet deben reconocer automáticamente la prioridad del mensaje en comunicaciones buque-costera y costera-buque. [3]

#### **3.4.4 RESOLUCIÓN A.1001 (25) DE LA OMI**

En la resolución A.1001 (25) de 29 de noviembre de 2007, la OMI establece que los sistemas satelitales para GMDSS deben de ordenar las comunicaciones de socorro, urgencia, seguridad y rutinas, según se define en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). El orden de procesar de estas comunicaciones es el siguiente:

- Socorro (Distress): Prioridad 3 de Inmarsat (P3)
- Urgencia (Urgency): Prioridad 2 de Inmarsat (P2)
- Seguridad (Safety): Prioridad 1 de Inmarsat (P1)
- Rutina (General/routine): Prioridad 0 de Inmarsat (P0)

Las alertas y las llamadas de socorro (P3) deberán tener prioridad máxima y obtener acceso inmediato a los canales satelitarios. Cuando se trata de sistemas del tipo almacenar y retransmitir (store and forward), las alertas y llamadas de socorro deberían tener preferencia sobre cualquier otro tráfico. Cada alerta o llamada con prioridad de socorro es dirigida automáticamente al Centro de Coordinación de Salvamento (RCC, Rescue Co-ordination Centre) asociado a la

LES a la que se dirigió la llamada. Los sistemas satelitarios también deberán poder reconocer automáticamente las peticiones de comunicación marítima procedentes de:

- Terminales móviles marítimas; y
- Entidades de importancia fundamental para la seguridad en la mar, como MRCC (Maritime Rescue Co-ordination Centre), centros médicos, servicios meteorológicos etc., que estén registrados con la estación terrena LES.

Las llamadas con prioridad de urgencia (P2) y de seguridad (P1) se pueden hacer de forma rápida utilizando los códigos denominados SACs (Special Access Codes) de dos cifras. Existen veinticinco códigos de dos cifras específicos, que permiten establecer comunicación rápida con un centro médico, un RCC, centro meteorológico o un centro AVMER (Automated Mutual-Assistance Vessel Rescue) [8]. A continuación, se exponen 6 de los más importantes.

SAC	Categoría	Descripción
32	Asesoramiento médico.	Para obtener asesoramiento médico. La LES tiene conexión directa con un hospital.
38	Asistencia médica.	Solo cuando el paciente requiere que sea evacuado urgentemente o se necesita el servicio de un médico.
39	Asistencia marítima.	En casos para obtener asistencia marítima inmediata como remolque, incidente de contaminación, etc.
41	Informes meteorológicos.	El código es utilizado por los buques de observación meteorológica para enviar sus observaciones.
42	Avisos de peligros a la navegación.	Conexión directa con las Autoridades Marítimas para informar sobre peligros de navegación.
43	Informes de posición.	Para enviar informes de posición a los centros para Búsqueda y Salvamento AMVER, AUSREP, etc.

Tabla 3.1: Códigos de dos cifras SACs (Special Access Codes).

La OMI ha adoptado criterios aplicables cuando se provean sistemas de comunicaciones móviles por satélite para el Sistema mundial de socorro y seguridad marítimos SMSSM (GMDSS) a través de la Resolución A.1001 (25).

La resolución establece los criterios y el proceso para la evaluación de los sistemas de comunicaciones móviles por satélite que podrían ofrecer comunicaciones marítimas de socorro y seguridad dentro del GMDSS. El Comité de seguridad marítima (MSC) de la OMI será quien otorgue el reconocimiento como "sistema de comunicaciones móviles por satélite para ser utilizado en el SMSSM". [4]



# ***Capítulo 4***

## ***Segmento espacial***

## 4.1 EL SEGMENTO ESPACIAL DE INMARSAT

Inmarsat posee y opera 14 satélites en órbita geoestacionaria de 35.786 km de altura.

El segmento espacial de Inmarsat consta de una red de satélites de comunicaciones operativos y otros satélites de repuesto en órbita listos para ser utilizados en caso de fallo. Existen planes de contingencia de la IMSO que se ponen en práctica regularmente.

Los satélites pertenecen a 6 generaciones distintas y después de la primera generación, que eran satélites de alquiler, a cada generación siguiente, que ya eran satélites propios, se le asigna nombre Inmarsat-2 o (I-2), Inmarsat-3 y así hasta la última generación I-6.

## 4.2 PRIMERA GENERACIÓN DE SATÉLITES INMARSAT

Durante la primera década de operación de Inmarsat, el Segmento Espacial arrendó tres satélites Marisat F1, F2 y F3 de la estadounidense Comsat, dos satélites Marecs A y Marecs B2 de la Agencia Espacial Europea (ESA) de y tres satélites Intelsat V-MCS A, B y D de la compañía Intelsat. Estos satélites se configuraron inicialmente en tres regiones oceánicas: Región del Océano Atlántico (AOR), Región del Océano Índico (IOR) y Región del Océano Pacífico (POR), cada uno con un satélite operativo y al menos un satélite de repuesto en órbita. Esta constelación de satélites es conocida como la primera generación de

la Red Inmarsat. Inmarsat no era responsable de TT&C (Telemetry, Tracking and Command) de los satélites, pero las operaciones eran controladas por el centro de control de red de Inmarsat (NCC) en Londres. [23]

### 4.3 SEGUNDA Y TERCERA GENERACIÓN DE SATÉLITES. INMARSAT-2 Y INMARSAT-3

La segunda y tercera generación del segmento espacial de Inmarsat consistió en cuatro satélites I-2 y cinco satélites I-3, presentados en la Tabla 8, los últimos desplegados en el período de 1998/99.

Satélite estatus	Atlantic (West and East), Indian and Pacific Ocean Regions			
	Atlantic/AOR-W	Atlantic/AOR-E	Indian/IOR	Pacific/POR
1ª posición operacional.	Inmarsat-2 F4 54° W	Inmarsat-3 F2 15,5° W	Inmarsat-3 F1 63,9° E	Inmarsat-3 F3 178,1° E
2ª posición operacional.	Inmarsat-3 F4 54° W	-	-	-
Posición de repuesto en órbita.	Inmarsat-3 F2 55° W	-	Inmarsat-2 F3 65° E	Inmarsat-2 F1 179° E

Tabla 4.1: Localización de segunda y tercera generación de satélites Inmarsat. [23]

Los cuatro satélites I-2 fueron puestos en órbita entre 1990 y 1992, cuyo diseño es de modelo Eurostar de MATRA (Francia) y British AeroSpace. Aunque fueron diseñados para una vida útil de 10 años algunos funcionaron más de 22 años. Llevaban dos repetidores: para enlace satélite a móvil en la banda L (ascendente en frecuencia 1,6 GHz, descendente 1,5 GHz) y satélite a tierra en la banda C (ascendente 6,4 GHz, descendente 3,6 GHz). La potencia isotrópica

radiada equivalente (PIRE) en la banda L enlace satélite-buque es de 39 dBW. PIRE es la potencia del transmisor menos las pérdidas de la línea de transmisión en los conectores más la ganancia de la antena  **$PIRE = PT - LC + Ga$** .

La PIRE se utiliza para estimar el área en el que la antena puede dar servicio y coordinar la radicación entre transmisores para que no se solapen las coberturas. El dBW es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un vatio (W). [9]

Entre 1996 y 1998 se lanzaron en órbita cinco nuevos satélites de tercera generación I-3 con la última tecnología de haz puntual y con mayor potencia en la banda L hasta 49 dBW de PIRE. Estos satélites pueden concentrar dentro de su *footprint* más potencia en zonas de mucho tráfico, pueden redistribuir tanto la potencia de radiofrecuencia como el ancho de banda entre un haz global y un máximo de siete haces puntuales (wide spot beam). Esta tecnología de haz puntual, con sus requerimientos de poca potencia ha permitido usar equipos portátiles de poco peso y de tamaño de bolsillo. [23]

Los cuatro haces globales principales existentes de los satélites Inmarsat proporcionan cobertura superpuesta de toda la superficie de la Tierra aparte de los polos. Una llamada desde una MES de Inmarsat va directamente al satélite de cobertura, que lo encamina de regreso a una puerta de enlace en tierra llamada LES (Land Earth Station). Desde allí, las llamadas y los mensajes pasan a la red telefónica conmutada RTC o PSTN (Public Switched Telephone Network) en inglés, datos y redes digitales de servicios integrados RDSI o ISDN en inglés. Una

ventaja clave de la generación de Inmarsat-3 frente a sus predecesores es su capacidad para generar una serie de haces puntuales, así como grandes haces globales. Los haces puntuales concentran energía adicional en áreas de alta demanda, así como hacer posible suministrar servicios estándar a terminales más pequeñas y sencillas. La organización Inmarsat basa su cobertura terrestre en una constelación de cuatro satélites GEO principales que cubren cuatro regiones oceánicas con cuatro áreas superpuestas, ilustradas en la Fig.5. [23]

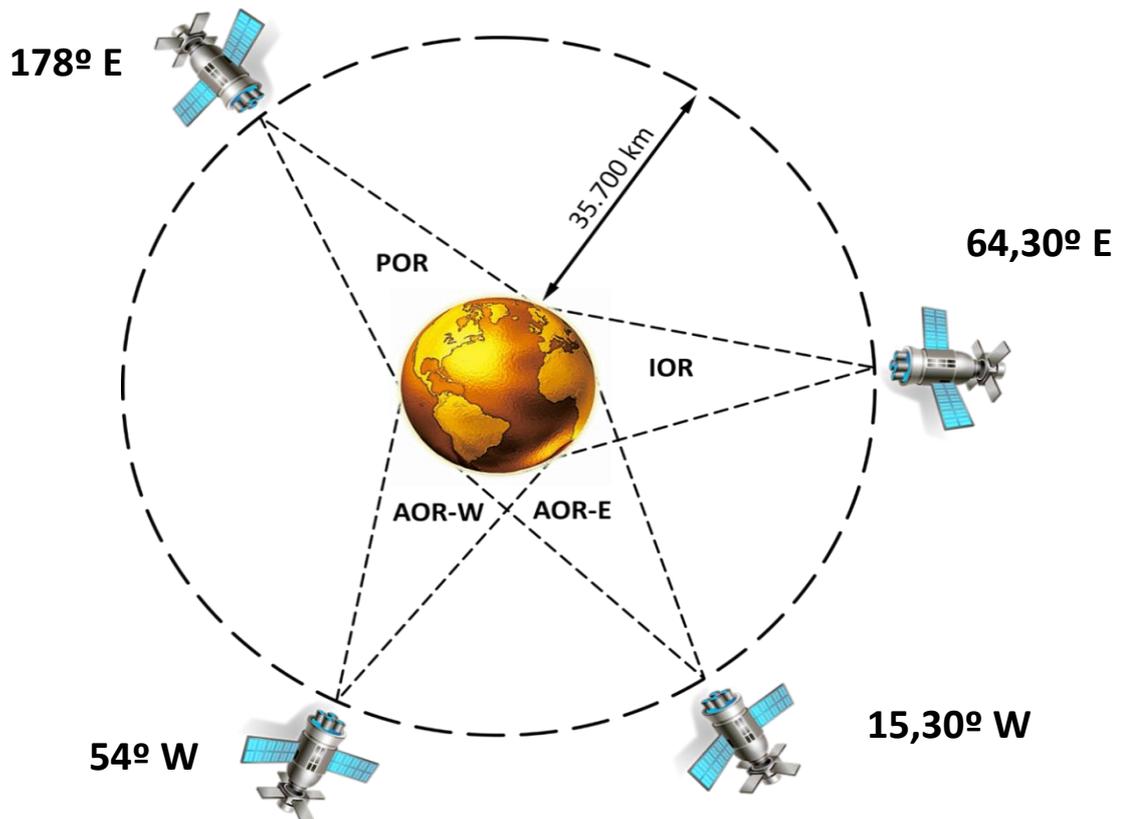


Figura 4.1: Proyección de los satélites geoestacionarios de Inmarsat.

Los satélites de 2ª y 3ª generación están situados en diferentes longitudes formando cuatro regiones oceánicas denominadas como:

AOR-E (Atlantic Ocean Region-East) en longitud 15°30'W, AOR-W (Atlantic Ocean Region-West) en longitud 54°W, IOR (Indian Ocean Region) en longitud 64°30'E y POR (Pacific Ocean Region) en longitud 178°E.

El área de cobertura de cualquier satélite se conoce como huella o *footprint* y se define como el área en la superficie de la Tierra (mar, tierra o aire), dentro del cual se puede realizar comunicación de línea de vista o LOS (Line-of-Site) en inglés con el satélite. Por lo tanto, si la terminal MES de Inmarsat está ubicada en cualquier lugar dentro de un área de cobertura de un satélite particular y si su antena está dirigida hacia el satélite, será posible comunicarse a través de este satélite con cualquier LES que está apuntado al mismo satélite. [23]

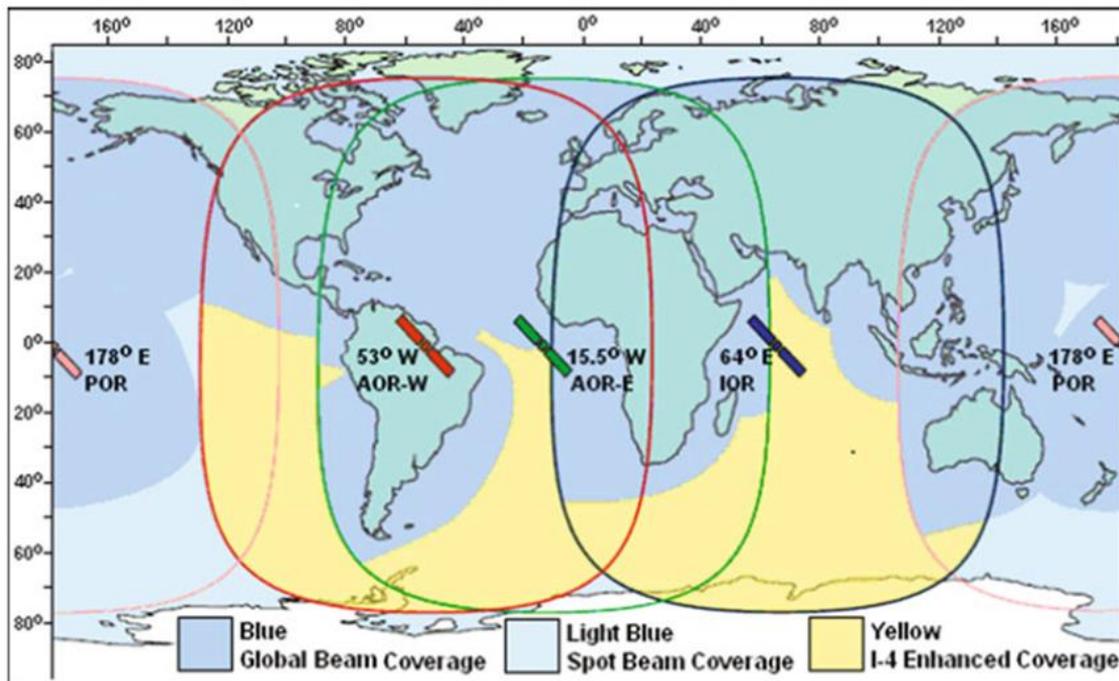


Figura 4.2: Cobertura Global Beam de Inmarsat-3. [34]

En la figura 6 se muestran las huellas proyectadas sobre la superficie de la Tierra por los cuatro satélites Inmarsat-3 y la cobertura mejorada como resultado del reposicionamiento de satélites GEO Inmarsat-4. Cabe señalar que el límite recomendado de cobertura latitudinal está dentro del área limitada aproximadamente entre 75° Norte y 75° Sur o dicho de otra forma para que la comunicación sea posible el satélite debe tener al menos unos 5° de elevación sobre el horizonte. [23]

#### **4.4 CUARTA GENERACIÓN DE SATÉLITES. INMARSAT-4**

Respondiendo a las demandas de los usuarios de acceso a Internet de alta velocidad y conectividad multimedia, Inmarsat construyó su cuarta generación de satélites. El nuevo servicio llamado BGAN (Broadband Global Area Network) da soporte a la nueva red global de comunicación de banda ancha con velocidades de transferencia hasta 492kbps (velocidad bajada) y es compatible con los móviles de tercera generación (3G). Los 3 satélites Inmarsat-4 fueron contruidos por la empresa europea Astrium se encuentran operativos actualmente. Pueden generar 19 haces anchos puntuales (wide spot beam) y 200 haces puntuales estrechos (narrow spot beam). A diferencia del satélites I-3 que tenían solo un haz global los satélites de cuarta generación pueden distribuir su potencia según la demanda entre sus 19 haces (wide spot beams). Su potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) es de 67 dBW. El proceso de posicionamiento del sistema se completó en 2009 y quedo de la forma siguiente:

I-4 Asia-Pacific situado en 143,5°E, I-4 EMEA (Europe, Middle East, Africa) 025°E y el tercer satélite I-Americas en longitud 098°W. [38]

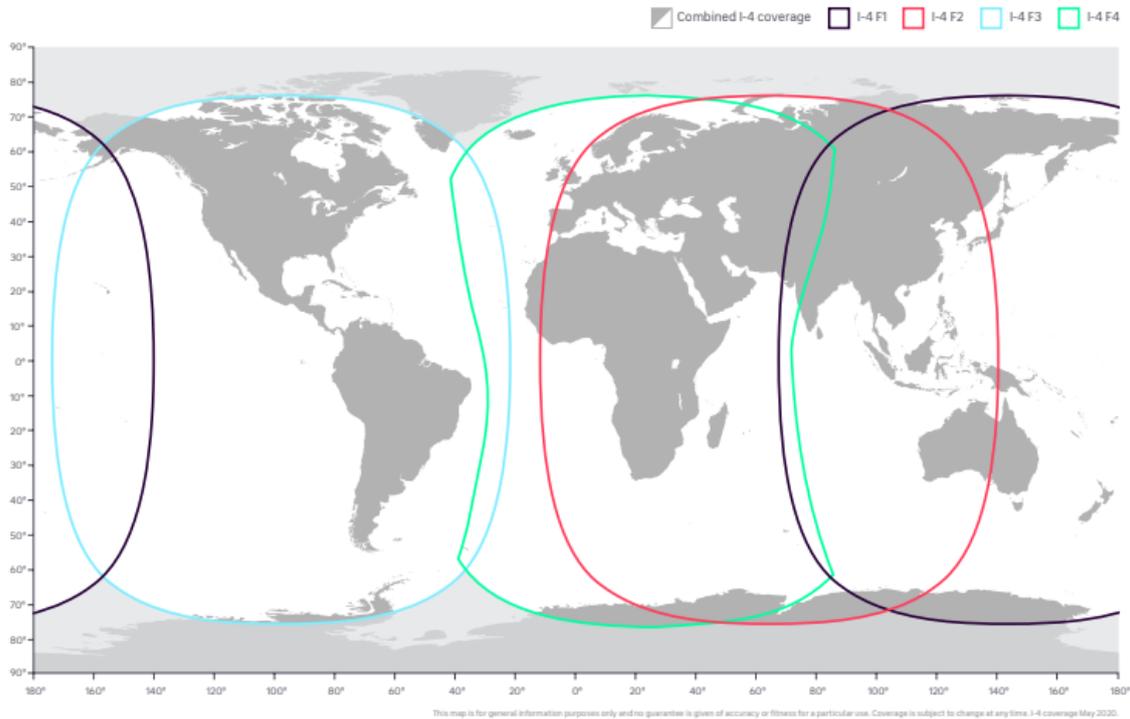


Figura 4.3: Cobertura combinada global "Spot beam" de Inmarsat-4. [31]

## 4.5 QUINTA GENERACIÓN DE SATÉLITES. INMARSAT-5

El próximo sistema de comunicación por satélite de banda ancha de Inmarsat denominado Global Xpress (GX) es el primero que opera en la banda Ka (26-40 GHz). Llega a velocidades de hasta 50 Mbps (de bajada) y 5 Mbps (de subida). La constelación consiste en cuatro satélites geoestacionarios GX1, GX2, GX3 y GX4 lanzados entre año 2013 y año 2015. Cada uno de los 4 satélites I-5 dispone de 89 haces fijos de banda Ka y 6 haces puntuales orientables para dividir la capacidad adicional de comunicaciones.

El último de esta generación GX5 denominado Very High Throughput Satellite (V-HTS) tiene más capacidad que el conjunto de los otros cuatro satélites y fue lanzado en noviembre 2019. El GX5 tiene una cobertura específica, cubre de Europa terrestre, la zona marítima de Norte de Europa, el Mediterráneo y Oriente Medio (véase figura 12).

Estos satélites quedaron situados en las siguientes latitudes:

- I-5 (GX1) 62° 40' E.
- I-5 (GX2) 55° W.
- I-5 (GX3) 179° 40 E.
- I-5 (GX4) 56° 30' E.
- I-5 (GX5) 11° E.

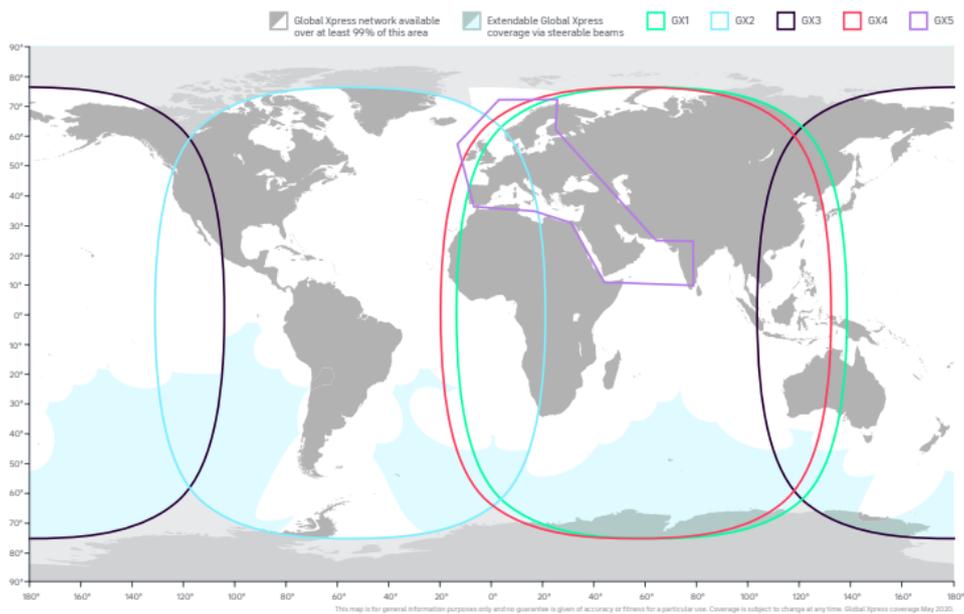


Figura 4.4: Cobertura combinada global "Global Xpress" de Inmarsat-5. [31]

La nueva red Inmarsat GX aprovechará del ancho de banda adicional disponible en la banda K<sub>a</sub> permitiendo el uso de antena parabólica del terminal de usuario móvil de tan solo 60 cm. [23]

#### **4.6 SEXTA GENERACIÓN DE SATÉLITES. INMARSAT-6**

Los satélites I-6 no solo son los satélites de comunicaciones comerciales más grandes y tecnológicamente avanzados jamás lanzados, sino que también son los primeros satélites híbridos de Inmarsat, con comunicaciones en banda L (ELERA) y banda K<sub>a</sub> (Global Xpress). Por su alta fiabilidad de 99.95% y futura compatibilidad con aplicaciones digitales IoT (Internet of Things) 5G se apuesta por desarrollo de las comunicaciones de banda estrecha L, ya empezados en el año 2008 con los satélites I-4. [10]

El I-6 F1 (también conocido como GX6A) está configurado para brindar 2 veces más capacidad a regiones clave que un satélite GX de primera generación e incluso más flexibilidad, con 20 haces puntuales orientables de banda K<sub>a</sub> que dirigen con precisión la capacidad en tiempo real. F1, el primero de dos satélites Inmarsat-6 (I-6) fue lanzado desde el Centro Espacial JAXA Tanegashima en Japón el 22 de diciembre de 2021.

En julio del 2019 Inmarsat anunció un programa de colocar 2 satélites de Global Xpress con órbita elíptica para brindar cobertura en el ártico para el año 2022. Se colocarán dos satélites, GX10A y 10B, en órbitas altamente elípticas (HEO), asegurando una cobertura continua por encima de 65º Norte.

La nueva iniciativa de Inmarsat compite con la capacidad existente del operador satelital Iridium en brindar servicio de banda ancha móvil de alta velocidad en las zonas polares. [38]

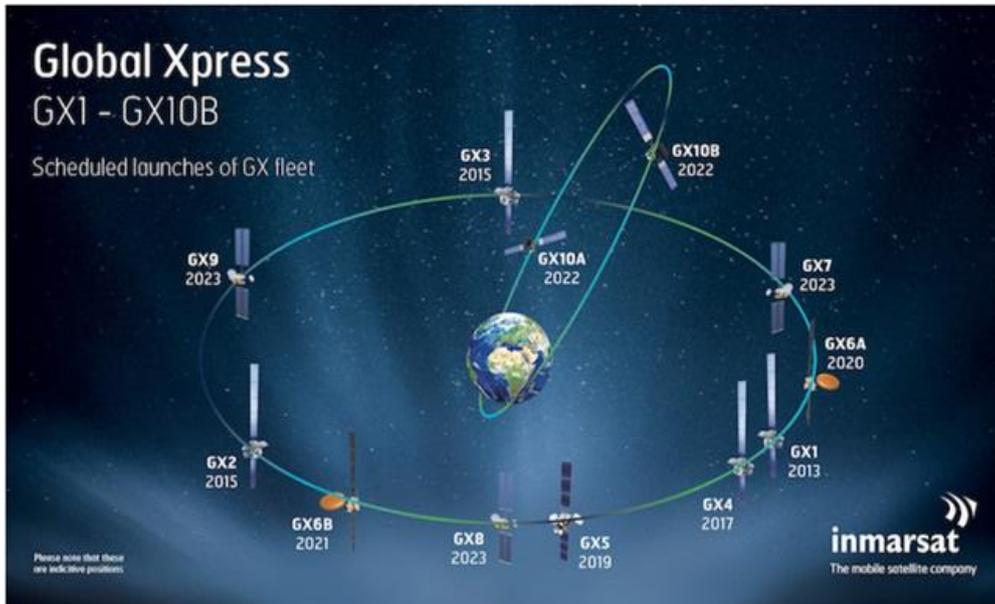


Figura 4.5: Lanzamientos de satélites GX planificados. [31]

En el futuro próximo Inmarsat declara que hasta el 2024 tiene la intención de lanzar 6 nuevos satélites de última generación I-6. Los nuevos satélites siguen apostando por los sistemas de banda L por su alta fiabilidad y banda K<sub>a</sub> por la alta tasa de datos.



# ***Capítulo 5***

## ***Segmento terrestre***

## 5.1 EL SEGMENTO TERRESTRE DE INMARSAT

El segmento terrestre comprende una red global de estaciones terrenas costeras LES (Land Earth Stations), estaciones de coordinación de red NCS (Network Co-ordination Stations) y centro de operaciones de red NOC (Network Operations Centre). Sin embargo, la mayor parte del segmento terrestre y la red son estaciones de suscriptores móviles o MES (Mobile Earth Stations). [3]

## 5.2 ESTACIONES TERRENAS COTERAS LES

Las estaciones terrenas costeras son conocidas también como CES (Coast Earth Station). Estas estaciones proporcionan el enlace entre los satélites y las redes de comunicaciones nacionales. El operador de una estación LES es una gran compañía de comunicaciones como Telecom Italia en Italia, OTE Grecia o Beijing MCN en China. Una LES está formada por:

- Una o dos antenas parabólicas de diámetro de 14 hasta 32 metros. El parabólico es orientable  $\pm 135^\circ$  en azimut y 0 a  $90^\circ$  en ángulo de elevación, opera en la banda C, enlace ascendente 6 GHz y enlace descendente o recepción 4 GHz.
- Transmisores, receptores y moduladores de señal.
- Los interfaces con las redes terrestres de red telefónica conmutada RTC y de datos y redes digitales de servicios integrados RDSI (TTN y ISDN en inglés respectivamente).

- La parte de supervisión, control y comunicación ACSE (Antenna Control and Signaling Equipment). Su tarea más importante es reconocer las llamadas de socorro y asignar canales para ellas cuando sea necesario;
- El sistema de suministro de energía

Cada LES tiene asignado un número de identificación llamado ID (Identity code) para terminales Inmarsat-C, Fleet One y Fleet Express. [3]

### 5.3 ESTACIONES DE COORDINACIÓN DE LA RED NCS

La NCS (Network Coordination Station) es una estación terrestre LES equipada especialmente para monitorizar y coordinar las comunicaciones de todas las estaciones LES y MES en su región oceánica.

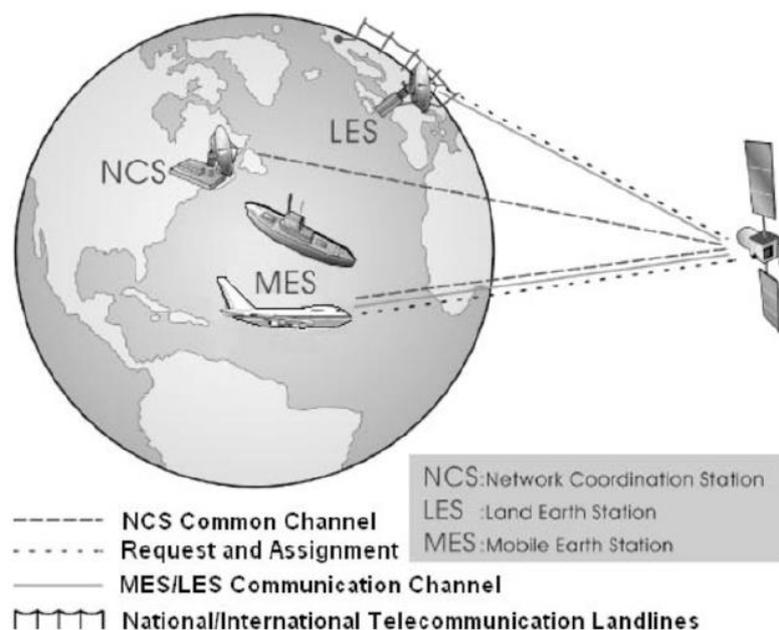


Figura 5.1: Ilustración de comunicación entre NSC y satélite, INMARSAT. [32]

La estación NCS está continuamente conectada con el satélite por el canal común de señalización NCS Common Channel. Cuando recibe petición de asignación de canal de una LES o MES asigna un canal de comunicaciones denominado SCPC (Single Channel Per Carrier). Esta operación es totalmente automática. Si una LES particular está fuera de servicio la NCS acepta automáticamente la llamada de prioridad dirigida a la dicha LES.

En el sistema Inmarsat-C las NCS transmiten en el canal común los mensajes de servicio SafetyNET y FleetNET. [32]

## **5.4 CENTRO DE CONTROL DE LA RED NOC**

El centro de control de la red (Network Operations Centre) de Inmarsat está ubicado en el edificio de la sede central de Inmarsat en Londres. El NOC supervisa, coordina y controla las actividades operativas de todos los satélites (carga útil y antenas) y permite transferir información operativa a través de la red y a través de rutas TTN (red de telecomunicaciones terrestre) en todo el mundo, los datos entre el NOC en cada una de las 4 Regiones Oceánicas. El centro de control de la red puede enviar mensajes del sistema a través de uno o todos los NCS para informar al MES en sus Regiones Oceánicas de las novedades relevante para cualquier estándar de Inmarsat.

En la sede de Inmarsat en Londres también se encuentra el Centro de Control de Satélites SCC (Satellite Control Centre) que se encarga de los lanzamientos, mantener los satélites en su posición y que sus sistemas abordo

están operativas. La información sobre el estado de los satélites se proporciona a la SCC por las 4 estaciones de seguimiento, tele-medida y control (TTC, Tracking, Telemetry & Control) situadas en Italia, China y Canadá. [32]

## 5.5 ESTACIONES MÓVILES MES

Las estaciones terrenas móviles MES (Mobile Earth Stations) incluyen cualquier de los equipos de comunicación aprobado por Inmarsat. Una MES dispone de antena y un transceptor llamados en inglés Above Deck Equipment (ADE) y equipo bajo cubierta Bellow Deck Equipment (BDE) o unidad RF con dispositivos periféricos. Generalmente instalados a bordo de buques o plataformas marítimas y pueden montarse en sitios interiores o exteriores fijos.

Inicialmente, Inmarsat fue desarrollado para aplicaciones marítimas para instalaciones a bordo de buques, pero en la siguiente etapa se introdujeron los estándares de Inmarsat para servicios terrestres y aeronáuticos utilizando las mismas tecnologías y técnicas similares. Hoy en día existen los siguientes tipos de estaciones:

- SES (Ship Earth Stations);
- LMES (Land Mobile Earth Stations);
- AES (Aeronautical Earth Station); [3]

### 5.5.1 ESTACIONES MONO-CANAL Y MULTI-CANAL

Las estaciones terrenas móviles pueden clasificarse según el número de canales de la forma siguiente:

- Estación mono-canal: Es una estación que solo puede usar un tipo de comunicación a la vez, teléfono, fax o datos.
- Estación multi-canal: Se puede usar más de un servicio simultáneo. Por ejemplo, recibir llamada telefónica y enviar fax o emails. Una estación multi-canal está compuesta por varias MES (cada uno de los canales lleva un IMN diferente) conectadas a la misma antena. Por otro lado, los nuevos sistemas FleetBroadband disponen de servicio multi-voz y datos simultáneamente en un único MES. [3]

### 5.5.2 NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE UNA ESTACIÓN, IMN

Cada estación de Inmarsat se identifica con un número único conocido como IMN (Inmarsat Mobile Number). Las primeras dos cifras del número sirven para designar el tipo de estación. Para cada servicio dentro de una terminal se emplea un número IMN y de esta forma en una terminal se acumulan varios IMN dependiendo de los dispositivos que tenga. Las IMN de las estaciones de Inmarsat son los siguientes:

- Inmarsat-B: La primera cifra es 3, siguen los tres dígitos de MID (Marine Identification Digits) y cinco dígitos de identidad del equipo.

- Inmarsat-B HSD (High Speed Data): La primera cifra es 3, la segunda 9, la tercera es 1 para servicio marítimo dúplex y un 4 para servicio móvil de tierra dúplex, siguen cinco dígitos de identidad del equipo.
- Inmarsat-C: La primera cifra es 4, siguen los tres dígitos de MID (Marine Identification Digits) y cinco dígitos de identidad del equipo.
- Inmarsat-M: La primera cifra es 6, el número consiste en 9 cifras.
- Inmarsat Mini-M: Las primera dos cifras son 76, el número consiste en 9 cifras.
- Inmarsat Fleet: El número consiste en 9 cifras. Las primera dos cifras son 76 si se trata de comunicaciones de voz tipo Mini-M y datos 9,6kbps, o 60 para servicios de datos por paquetes MPDS e ISDN a 56, 64 y 128kbps. Los demás son cifras decimales libres.
- Inmarsat FleetBroadband: El número consiste en 9 cifras, con el mismo formato anterior donde los dos primeros dígitos con 77 para voz estándar y 78 para servicios de datos ISDN e IP y audio de 3,1 kHz.

El MID (Marine Identification Digits) es un número de tres cifras que identifica el país de abanderamiento del buque y ha sido asignado por la UIT. A partir de abril 2001 la activación de los terminales se hace por las denominadas Puntos de Activación de Servicio PSA (Point of Service Activation) nominadas por Inmarsat. [3]



# ***Capítulo 6***

## ***Estándares INMARSAT***

## 6.1 INMARSAT-A

El Inmarsat-A marítimo es el primer estándar analógico para que se introdujo en febrero de 1982. Es el estándar más antiguo, y durante su primera década se ha convertido en la pieza fundamental de las comunicaciones marítimas transoceánicas.

Puede incorporar servicios de telefonía bidireccional (voz de alta calidad), télex, fax y datos. El estándar Inmarsat-A admitía velocidad de transmisión de datos bidireccional de 9,6 y hasta 64 kb/s, transmisión de imágenes fijas y de comprimidas vídeo, audio y videoconferencia de 15 kHz de alta calidad.

El sistema disponía de 339 canales telefónicos los cuáles espectralmente constituían pares de frecuencias separados 25 kHz, empezando en 1535,025 MHz para la recepción en las MES y en 1636,525 MHz para la transmisión de las MES. Para cualquier canal, las frecuencias de transmisión y recepción en las MES difieren en 101,500 MHz, siendo la frecuencia de recepción menor que la de transmisión. Los canales se numeran del siguiente modo: el canal 1 corresponde al que tiene la frecuencia más baja y el 339 al de la frecuencia más alta.

Después de 25 años de servicio el sistema Inmarsat-A fue dado de baja el 31 de diciembre de 2007 y dio paso a los nuevos estándares digitales. Inmarsat-A tuvo más de 25.500 usuarios y con su eficiencia y robustez contribuyó a las comunicaciones marítimas. [23]

## 6.2 INMARSAT-B

El nuevo estándar digital Inmarsat-B, lanzado en 1993, se considera el sucesor al exitoso sistema analógico Inmarsat-A. Los servicios de Inmarsat-B dejaron de prestarse a partir del 30 de diciembre de 2016.

En comparación con Inmarsat-A, este estándar hacía un mejor uso de la potencia del satélite y ancho de banda, lo que permitía alta calidad y fiabilidad. Por lo tanto, podía proporcionar todas las comunicaciones de una oficina móvil bien equipada con servicios, como voz de marcación directa de alta calidad a 16,0 kb/s, Télex simplex y dúplex, facsímil de Grupo-3, datos asíncronos hasta 9,6 kb/s y HSD (High Speed Data) o datos sincrónicos hasta 56/64 kb/s videoconferencia, y acceso a la red terrestre ISDN. [11]

Inmarsat-B fue un sistema digital, de manera que todas las comunicaciones debían convertirse primeramente a este formato. Esto se hace mediante un dispositivo llamado CODEC (Coder/Decoder). Al igual que hoy en día, el CODEC tenía dos partes, un codificador para la parte de transmisión y un decodificador para la parte de recepción. Primero la señal se muestrea y se convierte a información digital (código binario). Luego se modula a la onda portadora y en la parte de recepción otro CODEC decodifica la información digital y la recompone de nuevo en una muestra igual a la original.

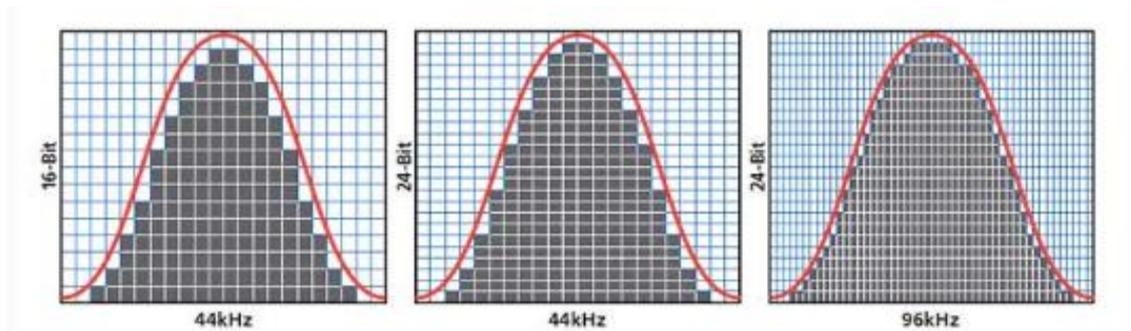
Inmarsat-B utilizaba 2 tipos de modulación digital:

- O-QPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying) para voz y datos en un esquema SCPC / FDMA

- BPSK (Binary Phase Shift Keying) para telex en canal TDMA

En la modulación analógica empleada por Inmarsat-A el sonido se emitía como una onda electromagnética modulada, de forma que el receptor recibía cualquier otro ruido captado o añadido en su ruta. Los amplificadores también amplifican el ruido. A cambio en una emisión digital los sonidos o datos se convierten en bits lo que permite al receptor reconstruir la señal sin deficiencias y sin ruido. [3]

En el proceso de conversión digital de la voz (o el sonido) el codificador muestrea la señal analógica a una cierta tasa y representa digitalmente unos puntos de amplitud.



*As bit depth and sample rate increases, more information is captured—resulting in higher-quality audio*

*Figura 6.1: Ilustración gráfica de sample rate y bit depth. [23]*

Cuanto mayor Sample rate (frecuencia) y Bit Depth (número de muestras por segundo) tenemos, más se acercará la señal muestreada a la original. Cabe destacar que los CODECs de Inmarsat-B estaban diseñados para la voz humana y tienen ancho de frecuencia entre 300 y 3.400 Hz.

Comparado con la forma analógica el ancho de la banda necesario para la transmisión digital de voz se reduce significativamente.

Otra ventaja de la codificación digital es que permite el uso de algoritmos de cifrado para mejorar la privacidad y la seguridad. El estándar Inmarsat-B empleaba códecs con el sistema APC (Adaptive Predictive Coding) incluyendo un programa de corrección de errores FEC (Forward Error Correction). [3]

### **6.2.1 ADE (Above Deck Equipment/Equipo sobre cubierta) INMARSAT-B**

Los dispositivos que forman parte de un equipo sobrecubierta (ADE) se montan dentro de un radomo de fibra de vidrio para su protección. Los dispositivos principales son:

- Antena de plato de 80-100cm de diámetro, donde la señal se polariza en sentido circular a derechas RHCP (Right Hand Circular Polarization)
- Pedestal servo-estabilizado de tres ejes que mantiene la antena apuntando continuamente al satélite independientemente del movimiento del buque. Incluye sensores para detectar movimiento y motores capaces de corregir las desviaciones producidas por balanceo, cabezadas y guiñadas del buque.
- Duplexor, dispositivo que permite usar simultáneamente la antena para transmisión y recepción separando las bandas de Tx y Rx.
- Amplificador de bajo ruido en banda-L para la sección receptora LNA (Low Noise Amplifier).
- Amplificador de potencia en banda-L para la sección transmisora HPA (High Power Amplifier).

- Combinador-separador que combina o separa las señales de RF y las señales de control.
- Tarjetas electrónicas de control ACB (Antena Control Board) y la tarjeta PCU (Pedestal Control Board). Van montadas juntas, formando el llamado ACU (Antena Control Unit).

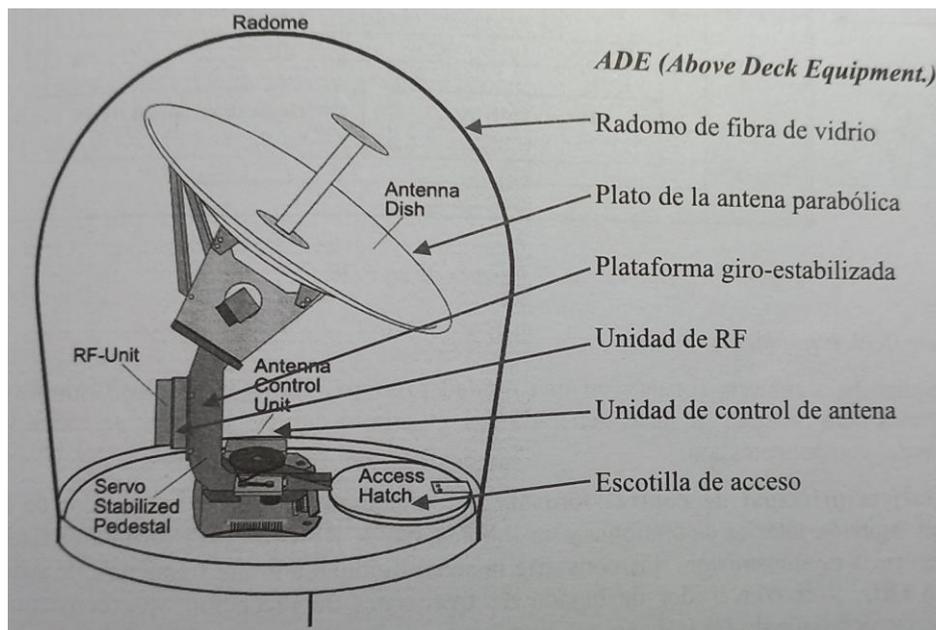


Figura 6.2: Equipo sobre cubierta. [3]

El radomo se monta lo más separado posible de la antena HF y preferiblemente a 5 metros de otros equipos de comunicación o de navegación en la zona alta y libre de obstrucciones en todo horizonte. [3]

### 6.2.2 BDE (Bellow Deck Equipment) INMARSAT-B

El equipo bajo cubierta consiste en dispositivos electrónicos para procesar la señal recibida del satélite y la señal generada por el propio equipo. Los componentes incluyen:

- Tarjeta principal de control que tiene un procesador de señal digital, interfaz de telefonía, convertidor de subida frecuencia de transmisión que convierte la señal modulada a una frecuencia de 1,6 GHz y convertidor de bajada de frecuencia de recepción de 1,5 GHz a frecuencia intermedia para su posterior demodulación.
- Tarjeta de interfaz del compás giroscópico para mantener la antena orientada hacia el satélite cuando se produce cambio de rumbo.
- Tarjeta de la fuente da alimentación.
- Tarjeta de conexiones a cuál se unen los equipos periféricos como teléfono, facsímil, télex y otros dependiendo de la terminal específica.

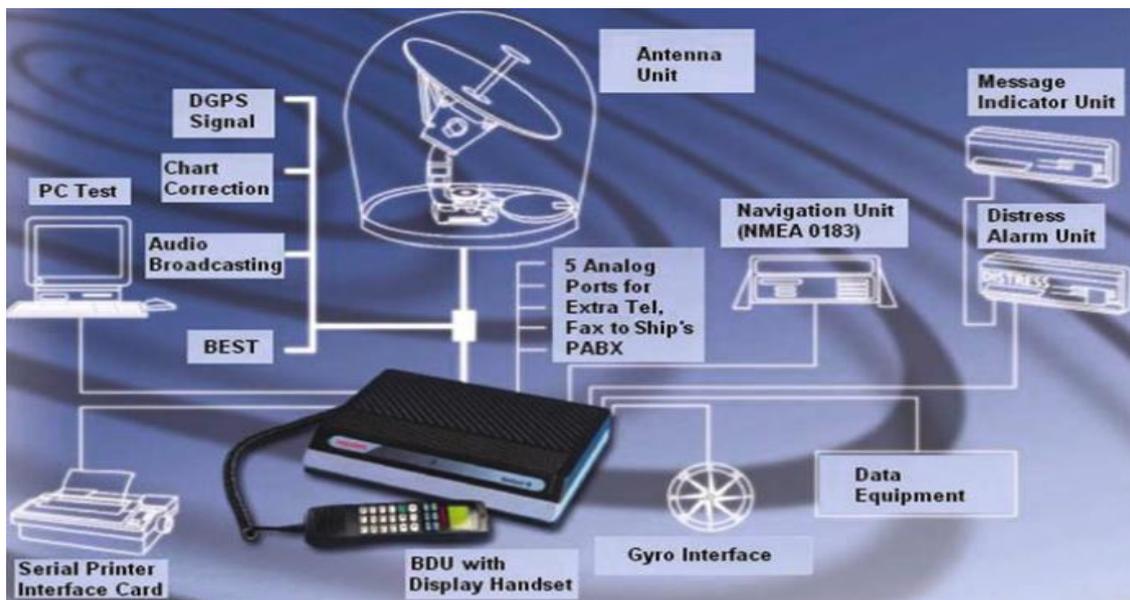


Figura 6.3: Diagramas de bloques de un BDE. [23]

El equipo bajo cubierta y el equipo sobre cubierta se conectan vía un cable coaxial que lleva las señales de recepción y transmisión RF (1,5-1,6 GHz) y la fuente de alimentación.

La OMI certificó en su momento que Inmarsat-B cumplía los requisitos para su misión GMDSS, brindando cobertura de seguridad para prácticamente todos los océanos navegables del mundo. [3]

### 6.3 INMARSAT-M

El sistema Inmarsat-M (Mobile) se lanzó en el 1993 para ofrecer solución digital más económica que la Inmarsat-B para aplicaciones en embarcaciones menores como pesqueros y yates. El sistema fue parecido al digital Inmarsat-B, pero con menor ancho de banda y menos potencia en la terminal MES. Las tarifas del servicio eran más económicas igual que el equipo instalado a bordo. A diferencia con Inmarsat-B no tenía servicio de Télex y no cumplía con los requerimientos del GMDSS.

Los equipos diseñados para uso en la mar llevaban una antena parabólica de unos 40 a 60 cm de diámetro y un peso reducido de tan solo 22 kilos. El equipo bajo cubierta tenía una unidad electrónica con salida de puertos para diferentes periféricos, interfaz de compás giroscópica y GPS.

Inmarsat-M tenía cobertura global y ofrecía los siguientes servicios:

- Voz dúplex de calidad media de 6,4 Kbps.
- Fax del Grupo-3 a 2,4 Kbps.
- Datos a 2,4 Kbps.
- Voz a 4800 bps en modo STU III (Secure Phone Unit).

Las terminales Inmarsat-M podían ir dotados de un pulsador de socorro, también podían ser multicanal cuando se acoplarían a una antena de mayor diámetro.

El sistema salió de servicio el 30 de diciembre de 2016 y en su momento se reemplazó con Inmarsat mini-M o con Inmarsat Fleet F33.

## **6.4 INMARSAT MINI-M**

Desde la introducción del servicio mini-M de Inmarsat en enero de 1997, demostró ser un firme favorito en el mercado con 100.000 terminales tanto en tierra como en la mar. El sistema Inmarsat mini-M ofrecía un servicio económico y comunicaciones satelitales móviles confiables. Utilizando la tecnología satelital de haz puntual a través de tarjetas SIM, los terminales mini-M fueron uno de los más pequeños, ligeros y de mayor eficiencia energética de todos los terminales de voz Inmarsat. Tenían un peso de solo dos kilos, un tamaño de portátil y se pueden cargar rápidamente.

Los equipos diseñados para el uso marítimo iban equipados con una pequeña antena parabólica estabilizada de tan solo 21 centímetros de diámetro y peso de 2,2 kg. La información del rumbo se podía proporcionar desde una giroscópica, un compás fluxgate interno o mediante un GPS. [3]

El equipo bajo cubierta BDE consistía en una unidad electrónica con transmisor-receptor y periféricos conectados como uno o más teléfonos, fax u ordenador. Desde la pantalla y el teclado del teléfono se operaba todo el sistema:

la configuración, sincronizado con satélite y el propio menú. Estos equipos iban provistos de lector de tarjeta SIM (Subscriber Identity Module), lo que permite facturar directamente al dueño de la tarjeta y previene el uso no autorizado. Con diferentes códigos PIN se podía configurar diversos niveles de acceso al equipo.

El sistema Inmarsat Mini-M soportaba los siguientes tipos de comunicación:

- Voz a 4800 bps.
- Fax de Grupo-3 a 2400 bps.
- Datos a 2400 bps (Correo electrónico e Internet).

El terminal Inmarsat Mini-M no soportaba EGC (Enhanced Group Calling) ni disponía de télex y no cumplía con GMDSS. Existía un caso particular, la compañía Thrane & Thrane llamada ahora Cobham Satcom ofrecía un equipo que combina una terminal Inmarsat-C con una Mini-M y cumplía con SOLAS/GMDSS.

La cobertura de Inmarsat Mini-M no era global, como utilizaba los haces puntuales de los satélites Inmarsat-3 y en consecuencia estaba activa en las zonas cubiertas por estos satélites (véase figura9). El servicio Inmarsat Mini-M se cerró el 31 de diciembre de 2016. [3]

## **6.5 INMARSAT-C**

El Inmarsat-C es el segundo estándar de Inmarsat. Se introdujo en 1991 y al principio estaba dedicado para aplicaciones comerciales y de socorro, tanto en flotas mercantes como militares. Es un sistema digital para proporcionar transmisión bidireccional de datos y carece de transmisión de voz.

Inmarsat-C cumple con los requerimientos de GMDSS.

Cuando se envía un mensaje se usa la técnica de transmisión sincronizada TDMA (Time Division Multiple Access o Acceso Múltiple por División de Tiempo). La MES prepara el mensaje y lo transmite. Si la LES recibe algún error en los paquetes de datos envía una señal a la MES para que retransmita de nuevo este paquete y así hasta que el mensaje se recibe completo y sin errores. Luego la LES envía el mensaje al destinatario de forma automática. Esta técnica tiene el nombre de (store and forward) y significa que no hay comunicación directa entre la terminal Inmarsat-C y el destinatario. La velocidad de transmisión es de 600 bits por segundo y el tamaño máximo del mensaje es de 32 K (32.768 bytes).

Según los requerimientos del GMDSS las terminales Inmarsat-C deben de estar libres para poder recibir información sobre seguridad marítima al menos 98% del tiempo, lo que equivale a 28,8 minutos por día para operaciones no relacionadas con GMDSS.

El Inmarsat mini-C se introdujo en 2002 como el transceptor Inmarsat más pequeño de comunicación satélite integrado con GPS Rx de 2 canales en un solo dispositivo, con un total de 1,1 kg y un tamaño de 15 cm. Estos terminales se están utilizando para el sistema SSAS (Ship Security Alarm System) el sistema de alerta para la seguridad de los buques y para monitorear la posición del buque en cualquier lugar dentro de la cobertura de los satélites Inmarsat. [23]

### 6.5.1 ADE INMARSAT-C

La unidad de antena a diferencia de los equipos B, M, Mini-M o Fleet consiste en una antena omnidireccional de forma cónica de altura de 150 mm y peso entre 1 y 2 kilogramos. La antena deberá estar situada en una zona alta del buque y sin obstrucciones en el horizonte, de manera que no haya ningún obstáculo por encima de un ángulo de elevación de 5° en sentido longitudinal y de 15° en sentido trasversal del buque. [3]

### 6.5.2 BDE INMARSAT-C

Está compuesta por un transmisor-receptor de pequeño tamaño al que se conectan los demás periféricos. Algunas unidades tienen el transmisor-receptor, el ordenador y la pantalla integrados, pero también existen equipos antiguos que van conectados a un PC. La unidad electrónica debe de tener un sistema lector y grabador, para almacenar los mensajes recibidos y transmitidos y un pulsador de socorro identificado y protegido contra la activación involuntaria. Puede incorporar un módulo receptor de GPS integrado o puede ir conectada a un navegador GPS mediante un puerto interfaz NMEA0183. A la unidad de comunicación pueden conectarse los siguientes periféricos:

- Impresora, obligatoria para los buques GMDSS según la Resolución A.664(16) de la OMI
- Unidad de mensajes, que puede ser integrada o separada con su propia fuente de alimentación y almacenamiento. También puede ser un PC, pero

exclusivamente dedicado a las comunicaciones Inmarsat-C, mediante puerto RS-232.

- Pantalla, puede ser integrada o no.
- Teclado para la operación de la terminal.
- Panel Remoto de Alarma, según la normativa A.664 (16) de la OMI la alerta de socorro se debe poder iniciar desde el puesto habitual de gobierno de buque y al menos desde otro lugar.
- Unidad de alerta SSAS (Ship Security Alarm System) según Regla 6 de Capítulo XI-2 del Convenio SOLAS.
- Unidad de alarma, cuando se recibe mensaje con prioridad de socorro o urgencia y en caso de fallo del equipo, como pueden ser fallo de sincronización con satélite, falta de actualización de la posición en las últimas 4 horas o falta de papel. [4]
- Fuente de alimentación AC/DC que automáticamente cambia a alimentación por baterías en caso de fallo de alimentación principal, según lo requerido por GMDSS. [4]

### **6.5.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MES INMARSAT-C**

- Rango de frecuencias de transmisión: 1.626,5-1.646,5 MHz.
- Rango de frecuencias de recepción: 1.530,0-1.545,0 MHz.
- Frecuencia del GPS: 1.575,42 MHz.

- Espacio entre canales: 1,25 / 2,5 / 5 kHz.
- PIRE mínimo con 5° de elevación:  $14 \pm 2$  dBW.
- Factor de calidad de recepción, G/T:  $-23$  dB/K.
- Modulación: BPSK 600/1.200 símbolos / seg.
- Velocidad de transmisión de datos: 600 bps.



Figura 6.4: Inmarsat-C y Inmarsat mini-C. [23]

#### 6.5.4 CLASES DE TERMINALES INMARSAT-C

Según su capacidad de recibir mensajes EGC (Enhanced Group Calling)

Inmarsat divide los terminales Inmarsat-C en cuatro clases:

- Clase 0: Es una terminal MES que solamente puede recibir mensajes EGC. Es un receptor EGC y no puede recibir ni transmitir otro tipo de mensajes.
- Clase 1: Es una MES que puede enviar o recibir todo tipo de mensajes del sistema Inmarsat-C excepto mensajes EGC.
- Clase 2: Esta clase puede transmitir y recibir mensajes de Inmarsat-C y recibir mensajes EGC. Mientras la MES está ocupada transmitiendo o recibiendo

mensajes (no EGC) no puede recibir mensajes del sistema EGC. La MES estará sintonizada al canal de mensajes de la LES (LES messaging channel) y mientras tanto no estará sintonizada con el canal común de la NCS que transmite los mensajes EGC. Cualquier mensaje EGC transmitido en este momento no será recibido por la MES que está ocupada. Justo por esta razón los mensajes EGC sobre la Información de Seguridad Marítima se retransmiten de nuevo 6 minutos después de la primera emisión.

- Clase 3: La MES tiene dos receptores independientes, uno para mensajes rutinarios y otro dedicado solo a la recepción de mensajes del sistema EGC.[3]

### **6.5.5 SERVICIOS DE LAS TERMINALES INMARSAT-C Y MINI-C**

Los servicios que proporcionan los terminales Inmarsat-C y Mini-C son los siguientes:

#### **6.5.5.1 ALERTA DE SOCORRO Y MENSAJES CON PRIORIDAD DE SOCORRO**

Las terminales Inmarsat-C y Mini-C reconocidas como equipos GMDSS tienen un mecanismo dedicado de alerta de socorro que automáticamente genera y transmite un mensaje de socorro a un Centro Coordinador de Salvamento (MRCC). Una vez transmitida la alerta de socorro se puede enviar un mensaje con más información de la forma siguiente:

- Alerta de socorro: El mensaje proporciona la identidad del buque IMN (Inmarsat Mobile Number), posición (Lat/Long), rumbo, velocidad, naturaleza

del peligro, la hora de la posición y la fecha y hora de la alerta. El tiempo desde la activación de la alerta hasta que es enviada a un Centro Coordinador de Salvamento es inferior de un minuto.

- Mensaje con prioridad de socorro: Es un mensaje con más detalles que incluye información adicional sobre el socorro y que se envía también automáticamente a un Centro Coordinador de Salvamento. [3]

#### **6.5.5.2 MENSAJES BIDIRECCIONALES**

Se pueden enviar y recibir mensajes en modo almacenamiento y retransmisión (store and forward) de los tipos siguientes:

- Télex: Enviar y recibir, de o a cualquier otra terminal, a través de las LES Inmarsat a las redes terrestres.
- Fax: Solo se puede enviar fax de texto.
- Datos: Envío y recepción de datos a través de las redes públicas PSTN y PSDN, estándares de la ITU-T X.25 y X.400. [13], [14]
- Correo electrónico por Internet: Se pueden enviar correos electrónicos sin necesidad de una conexión a Internet ni otro software. Para enviar correo electrónico desde tierra al buque es necesario registrarse con una LES que provea este servicio. [3]

### **6.5.5.3 NOTIFICACIÓN E INTERROGACIÓN DE DATOS Y SITUACIÓN**

El terminal transmite de forma automática un informe de datos a intervalos previamente programados o datos requeridos en cualquier momento mediante un comando (*pooling*) desde la oficina del armador del buque. El informe puede proporcionar datos de posición, rumbo, velocidad, RPM de los motores principales, temperaturas de bodegas, etc. Para poder interrogar un buque (*pooling*) el operador de una LES tiene que programar un número denominado DNID (Data Network ID) y asignarlo al buque. La interrogación se puede emitir a un grupo determinado de terminales en un área geográfica o una zona NAVAREA. [4]

### **6.5.5.4 APLICACIONES SCADA (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION)**

SCADA es un concepto que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Se puede emplear para una planta o un equipo, como puede ser la calidad del aire, niveles de tanques, datos meteorológicos, etc. [4]

### **6.5.5.5 LLAMADA INTENSIFICADA A GRUPOS (EGC, Enhanced Group Calling)**

El sistema EGC forma parte de Inmarsat-C y se emplea para difundir mensajes de los servicios SafetyNet y FleetNet.

#### **6.5.5.6 CÓDIGOS DE DOS CIFRAS**

Con Inmarsat-C y Mini-C se pueden utilizar los códigos de dos cifras SAC (Special Access Codes) para llamadas de urgencia o seguridad buque-tierra y permiten una conexión rápida para solicitar asistencia médica, informar de peligros a la navegación, enviar información meteorológica etc. Es importante saber que no todas las LES admiten todos códigos.

#### **6.5.5.7 SSAS (Ship Security Alerting System)**

Cumpliendo con la Regla 2/6 del Capítulo XI del Convenio SOLAS las terminales Inmarsat-C y Mini-C pueden emplearse como equipos de Sistema de Alerta de Seguridad del Buque (SSAS) como parte de ISPS.

### **6.6 INMARSAT Fleet**

El estándar Fleet fue lanzado por Inmarsat a finales de año 2001 es un desarrollo de los sistemas mini-M y GAN (Global Area Network). Mini-M y GAN fueron diseñados como equipos móviles que operaban solamente en cobertura spot-beam de los satélites. En cambio, el nuevo estándar Fleet operaba en cobertura spot-beam y cobertura global gracias a un aumento de antena y potencia PIRE. El sistema funcionó con los satélites de tercera generación y estaba preparado para la cuarta generación Inmarsat-4. Fleet proporcionaba servicios ISDN o RDSI (red digital de servicios integrados) móviles de alta velocidad, servicio móvil de paquetes de datos (MPDS) basado en IP y ofrecía conexiones sin

precedentes, incluido el acceso a Internet/correo electrónico, actualizaciones meteorológicas, videoconferencias y un sistema avanzado de socorro y seguridad por voz.

- ISDN móvil: este servicio ofrece comunicaciones que requieren un flujo constante de datos. Es una red que procede por evolución de la red telefónica existente y que, al ofrecer conexiones digitales de extremo a extremo, permite la integración de multitud de servicios en un único acceso, independientemente de la naturaleza de la información a transmitir y del equipo terminal que la genere. Soporta aplicaciones como videoconferencias, voz de calidad, vídeo, etc. La velocidad estándar fue de 64 kbps y llegaba hasta 128kbps. El usuario emplea todo el ancho de la banda entre el equipo y el satélite en un canal único por portadora SCPC (Single Channel Per Carrier) y paga por el tiempo que dure la conexión.
- MPDS: este servicio móvil de datos por paquetes basado en protocolo de Internet IP se usa para mensajes menos urgentes y cuando la cantidad de datos es más pequeña. Los paquetes enviados por protocolo IP llegan al destino en orden diferente al de ser enviados y para ponerlos de nuevo en orden se encarga el protocolo TCP. La información no se transfiere constantemente en ambas direcciones, sino que se recibe en ráfagas (bursts) con interrupciones entre las ráfagas. Esas ráfagas de información son los paquetes de datos. Los usuarios comparten un único canal satelitario, de manera que cuantas más terminales compartan el canal, menor es la

velocidad de comunicación. Cada terminal envía o recibe solo si realmente hay datos que transferir. Así, durante los periodos sin transmisión, el canal queda libre para ser utilizado por otros terminales. La ventaja del servicio MPDS es que se paga solamente por la cantidad de datos y no por el tiempo de conexión.

Dentro del sistema Fleet se ofrecían tres diferentes soluciones. Fleet77 cumplía con las especificaciones IMO para GMDSS y ofrecía cobertura global para todos los servicios, mientras que Fleet55 y Fleet33 operaban dentro de los haces puntuales de Inmarsat para todos los servicios excepto voz de baja velocidad, que fue global. El sistema Fleet fue dado de baja el 1 de diciembre de 2020. [31]

### **6.6.1 Fleet 77**

El servicio Fleet 77 se denomina así por el tamaño de su antena de 77 cm de promedio, más ligera que una antena de Inmarsat-B. Estuvo disponible desde el 2002 y fue diseñado para buques de altura como petroleros, portacontenedores, buques de pasaje, etc. F77 cumplía con los requerimientos del GMDSS. Tenía cobertura global para todos los servicios, excepto el ISDN a 128 kbps que hasta enero de 2005 estaba disponible en cobertura spot-beam y luego obtuvo cobertura global con los satélites Inmarsat-4. Inmarsat mantuvo los servicios GMDSS de socorro de voz abiertos para Fleet77 hasta 1 de diciembre de 2020 y recomendó migrar a Fleet One, Fleet Broadband 500 y Fleet Express para servicios de datos. [31]

#### **6.6.1.1 ADE (Above Deck Equipment) Fleet 77**

Se trata de una antena parabólica estabilizada dentro de un radomo de fibra de vidrio con un peso entre 25 y 40 kilogramos.

Dentro del radomo están todos los componentes de estabilización, apuntamiento automático y radiofrecuencia. Por primera vez se usa una unión giratoria como punto de contacto entre la parabólica y su base, la cual evita el efecto conocido como giro inverso (rewind) de los equipos más antiguos. En el radomo va incorporado un receptor GPS propio para poder orientar la antena correctamente. [23]

#### **6.6.1.2 BDE (Bellow Deck Equipment) Fleet 77**

Incluye la unidad de alimentación y la unidad principal de comunicaciones que tiene un tamaño similar de un reproductor de vídeo y peso entre 4 y 5 kilogramos. Esta unidad tiene interfaces para conexión de periféricos RJ-45, RJ-11, USB, RS-422, RS-232 y puerto NMEA-183. Permitía la conexión de varios teléfonos o facsímiles de Grupo-3 [15], teléfono inalámbrico DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) [16], micro teléfonos ISDN, facsímiles de Grupo-4 [17], PC para ISDN y MPDS y unidad de alerta de socorro. Con un Router IP se podía crear una red local de varios ordenadores en línea igual que en cualquier oficina en tierra.

El microteléfono (handset) ISDN es el interfaz mediante el cual se configura y se controla el equipo. Con el handset se realizan llamadas, muestra información del sistema y los mensajes de error. Está dividido en tres partes:

- La pantalla LCD (Liquid Crystal Display): indica intensidad de la señal de recepción, Región Oceánica, LES predeterminado, indicador de alarmas, manos libres y otra información
- Teclas de funciones: dependiendo del modelo permiten acceder al menú, abrir agenda de contactos, seleccionar una función o volver atrás.
- Teclado numérico: permite marcar los números, recibir o colgar una llamada, etc.

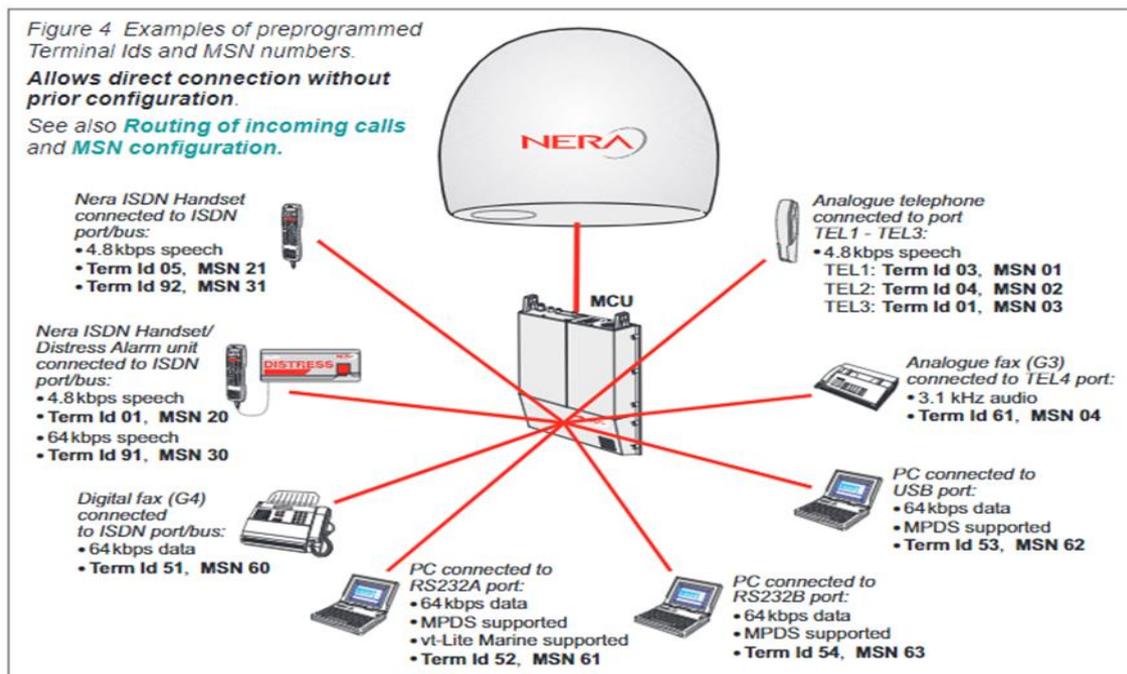


Figura 6.5: Terminal NERA F77. [32]

### 6.6.2 Fleet 55

El servicio F55 disponible desde 2003, está destinado a buques que viajan en zonas costeras en cobertura de haz puntual como pueden ser yates, guardacostas, etc. El equipo es menor de tamaño y coste que F77 y utiliza antena de diámetro entre 50 y 60 cm. F55 proporciona los mismos servicios que F77 y velocidad de datos hasta 64kbps. Tiene cobertura de haz puntual y no cumple con GMDSS. [23]

### 6.6.3 Fleet 33

El servicio F33 ofrecía voz digital en cobertura global y los demás servicios de datos y fax en cobertura de haz puntual. La velocidad de conmutación de circuitos (datos) era de hasta 40 kbps. El equipo es aún más ligero y pequeño con tamaño de la antena de tan solo 25 a 35 cm de diámetro. [3]

Equipo	Fleet F77	Fleet F55	Fleet F33
Cobertura	Global para todos los servicios, que funciona en <i>spot-beam</i>	Voz global Fax y datos en <i>spot-beam</i>	Voz global Fax y datos en <i>spot-beam</i>
Voz	4,8 kbps digital 3,1 kHz audio	4,8 kbps digital 3,1 kHz audio	4,8 kbps digital
Fax	G-3 a 9,6 kbps G-4 a 64 kbps	G-3 a 9,6 kbps G-4 a 64 kbps	G-3 a 9,6 kbps
Datos (Comunicación de circuitos)	64 kbps ISDN Opción hasta 128 kbps	64 kbps ISDN 128 kbps con dos terminales	9,6 kbps con compresión V40 y V42 hasta 40 kbps
MPDS	Hasta 64 kbps en un canal compartido	Hasta 64 kbps en un canal compartido	Hasta 28/64 kbps (TX/RX) en canal compartido
Diámetro Antena	75-90 cm	50-60 cm	25-35 cm
GMDSS	Si	No	No

Tabla 6.1: Familia de equipos Inmarsat Fleet.

## 6.7 INMARSAT FleetBroadBand

FleetBroadband es un sistema de comunicaciones satelitarias en banda-L que opera con la constelación de satélites Inmarsat-4. El sistema permite transmisión simultánea de voz y datos a velocidades más altas, hasta 492 kbps y garantizados hasta 256 kbps, gracias al sistema denominado BGAN (Broadband Global Area Network) o red global de banda ancha. El servicio utiliza la capacidad de los haces puntuales de los satélites lo cual permite la reutilización del espectro en la zona de cobertura y atender las áreas con más demanda. [23]

### 6.7.1 TERMINALES FleetBroadBand

Existen tres tipos de terminales diseñados para el servicio FleetBroadBand. Una terminal FB500 de Clase 8 con antena de alta ganancia (High Gain Antenna) y dos FB250 y FB150 de Clase 9 con antenas de baja ganancia (Low Gain Antenna).

- FB500: Ofrece velocidad de transmisión IP estándar de hasta 432 kbps y IP de flujo continuo (Streaming IP) con tasas de velocidad de datos hasta 256 kbps garantizadas. El sistema soporta también datos ISDN a 64 kbps. La unidad ADE tiene una antena estabilizada de 55 cm de diámetro y pesa entre 15 y 20 kilogramos.
- FB250: Lleva conectividad IP estándar de hasta 284 kbps y Streaming IP con tasas de datos garantizadas de hasta 128 kbps. La antena también es estabilizada y direccional, pero tiene un diámetro de solo 25 cm y peso de 5 kilogramos.



Figura 6.6: Imagen ilustrativa del tamaño del terminal Sailor FB250. [33]

- FB150: ofrece el servicio IP estándar de hasta 150 kbps en un canal compartido simultáneamente con el servicio de voz de 4kbps y mensajes cortos SMS. En el 2012 se le añadió canal audio de 3,1 kHz y por tanto puede enviar y recibir faxes cuando el satélite esta al menos a 20° de elevación.

El servicio de voz a 4 kbps y fax a través del canal de audio 3,1 kHz se soporta también por FB250 y FB500. Inicialmente, los terminales FleetBroadBand tenían solo una línea de voz, pero en 2012 Inmarsat introdujo el servicio de voz múltiple (multi-voice) que permite realizar varias llamadas de teléfono a la vez. Se ofrecen dos opciones, la estándar de un total de 4 líneas de voz y la mejorada (solo para FB500 y FB250) de ocho líneas. Cada línea tiene asignado su propio número, de modo que las comunicaciones del puente y de la tripulación se pueden separar y cada línea se factura por separado. [3]

## 6.7.2 APLICACIONES FleetBroadBand

El terminal FleetBroadBand ofrece múltiples servicios así que se pueden nombrar a continuación los siguientes:

- Telefonía de marcación directa codificada mediante codec AMBE+2 a 4 kbps, voz de calidad a 64 kbps y VoIP [18].
- Facsimil del Grupo-3, Grupo-4 y FoIP.
- Comunicaciones seguras mediante encriptación de voz y datos con STU III o similar. [19]
- Navegación Internet de alta velocidad para acceso a bases de datos.
- Acceso a información de redes LAN, WLAN e Intranet empresariales.
- Conectividad VPN: conexión segura de alta velocidad a redes privadas virtuales (VPN, Virtual Private Networks).
- Correo electrónico SMTP/POP3, IMAP y web.
- Videoconferencias y aplicaciones como telemedicina o tele presencia.
- Transferencia de archivos voluminosos mediante protocolo FTP. [20]
- Video y audio a través de conexión IP streaming.
- Mensajes cortos SMS.
- Salida de señal en banda-L para servicios Broadcast.



Figura 6.7: Sailor F77/55 GMSC package. [23]

En figura 16 se muestra el equipo F77/55 de la compañía Thrane&Thrane que consiste en:

- Plataforma estabilizada con antena direccional RHCP (Right Hand Circular Polarized antena) (TT-3008).
- Un transceptor (TT-3038C).
- Microteléfono con pulsador de alarma de Socorro (TT-3622B).
- Dos microteléfonos inalámbricos (TT-3620F).
- IP router usando la red MPDS y hasta 4 PC conectados en serie con conexión LAN, Web/E-mail acceso, transferencia de archivos grandes y transmisión de fotos, videoconferencia/videoteléfono sobre IP (VCoIP/VPoIP).
- Equipo Telefónico Seguro (STE).
- Fax Grupo-4 vía RDSI Móvil.

- Grupo-3 Fax a través de un conector modular análogo RJ11. [3]

## 6.8 INMARSAT Global Xpress

Global Xpress (GX) es un sistema de Inmarsat de comunicaciones por satélite que utiliza frecuencia extremadamente alta EHF en banda K<sub>a</sub> para los enlaces ascendente (uplink) y descendente (downlink) entre una MES y el satélite. La banda K<sub>a</sub> tiene un mayor espectro disponible y permite mayor tasa de datos a precios económicos. La cobertura se proporciona por los 5 satélites Inmarsat-GX5. Cada satélite dispone de 89 haces fijos y 6 haces puntuales orientables. Por primera vez el servicio de la banda K<sub>a</sub> se complementa con servicios de banda-L en terminales híbridas, que ofrecen el uso de todo tipo de aplicaciones como ya ofrece FleetBroadband pero con una tasa de datos mucho mayor hasta 50 Mbps de bajada y 5 Mbps de subida. [23]

### 6.8.1 TERMINALES Global Xpress

- GX60: Opera en banda ancha de alta velocidad en el servicio de banda-K<sub>a</sub> del sistema Global Xpress. La terminal combina amplificador de señal 5 Watt K<sub>a</sub>-band BUC (Block Upconverter) y dos receptores convertidores de bajo nivel de ruido LNB (Low Noise Block) con un reflector de fibra de carbono que proporciona alta ganancia. La antena es de 65 cm de diámetro y va instalada dentro de un radomo de 90 cm de diámetro. La unidad bajo cubierta BDE combina un modem interno equipado con Wi-Fi con la unidad de control de

antena. Cabe destacar la nueva función Gyro-free de búsqueda automática de satélite sin necesidad de señal de compas giroscópico. El equipo tiene amplio rango de ángulo de elevación (-20 ° hasta +115°) para funcionar en latitudes muy altas y acimut ilimitado.

- GX100: El equipo viene con antena de 103 cm de diámetro y aparte de todas las características de GX60 tiene radomo con diseño mejorado para operar en banda K<sub>a</sub>, el receptor LNB aparte de Wi-Fi posee de conectividad Bluetooth. GX100 es compatible con ABS a través del protocolo OpenAMIP de iDirect y el protocolo ROSS Open Antenna Management (ROAM) de Comtech. Esto permite que los buques transiten por todos los océanos del mundo sin tener que desconectar equipos de RF como por ejemplo módems, BUC o LNB. [23]

## 6.9 INMARSAT FleetPhone

FleetPhone es un sistema de telefonía GSPS (Global Satellite Phone Service) de Inmarsat basada en la red de satélites I-4. El sistema ofrece comunicaciones de voz y mensajería SMS. También cuenta con comunicación de datos por conmutación de circuitos a tasa 2,4 kbps, apta para aplicaciones básicas como correo electrónico y archivos meteorológicos GRIB (Gridded Binary). Se usa por pesqueros de litoral, pequeños costeros y embarcaciones de recreo. La antena es omnidireccional de tamaño muy reducido y la unidad bajo cubierta consiste solo de un micro teléfono integrado usando tarjetas SIM. Existen dos equipos, el

económico de voz y SMS FleetPhone Ocean 400 y Ocean 800. El Ocean 800 es una solución más completa, además incluye un receptor GPS interno, *pooling* o interrogación de posición y seguimiento GPS. También se ofrece el servicio de llamada de emergencia de Inmarsat mediante el número 505. El sistema permite la conexión simultánea de hasta cinco teléfonos. Existen opciones flexibles para llamadas de prepago y pos pago y los precios son económicos. [21]



Figura 6.8: Izquierda: FleetPhone Ocean 800, Derecha: El pesquero Time Bandit de la docuserie Deadliest Catch usando Ocean 800. [30]

## 6.10 INMARSAT Fleet One

El servicio Fleet One de Inmarsat ofrece transmisión de datos IP estándar hasta 100 kbps y voz simultáneamente a 4 kbps. Se puso en marcha en 2014 y utiliza la banda-L a través de los satélites Inmarsat-4. El equipo Fleet One tiene la capacidad de comunicación siguiente:

- Transmisión de voz y datos IP de hasta 100 kbps.

- Voz por conmutación de circuitos codificada a 4 kbps, única línea.
- Mensajes de texto estándar 3G de hasta 160 caracteres.
- Capacidad Wi-Fi.
- Cobertura global.
- Llamadas de emergencia a 505. [3]

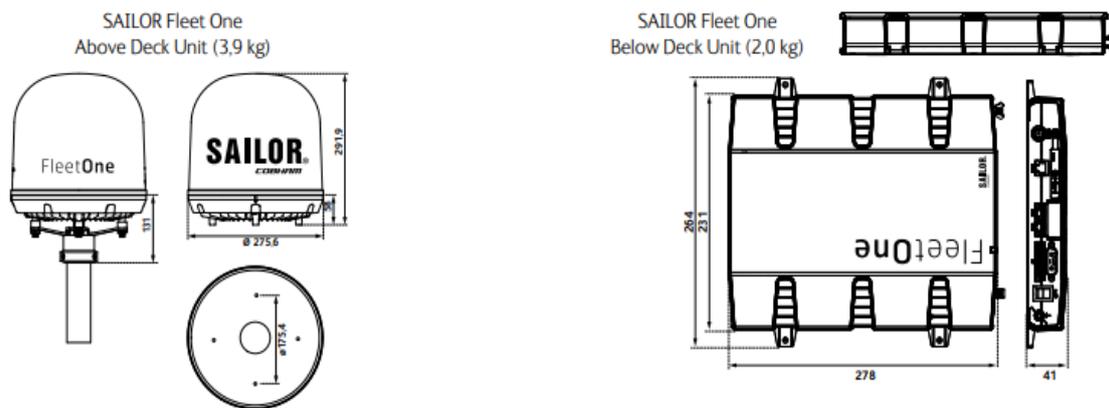


Figura 6.9: Izquierda ADU Sailor Fleet One, Derecha BDU Fleet One. [33]

## 6.11 IsatPhone de INMARSAT

En junio del año 2010 Inmarsat lanzó IsatPhone Pro, su primer teléfono satelital tipo *handheld*. El servicio cuenta con la cobertura global de la constelación de satélites Inmarsat-4 y ofrece telefonía, buzón de voz, mensajería de texto, correo electrónico y datos de posición GPS. El tamaño del dispositivo es relativamente pequeño y está equipado con una antena plegable que se debe extender antes de iniciar la llamada. Incorpora también receptor GPS, una batería Ion-Litio de hasta 100 horas en espera, servicios Bluetooth y cuenta con un grado de protección IP 54. Se puede utilizar el equipo como módem para acceder a

internet con una velocidad de 2,4 kbps. El interfaz es de tipo GSM, pantalla en color de gran visibilidad, teclado de mayores dimensiones para poder marcar fácilmente hasta con guantes. En el 2014 Inmarsat mejoró la batería del teléfono de hasta 160 horas en espera y el grado de protección para cubrir estándares IP65, IK04.



Figura 6.10: Izquierda: IsatPhone Pro, Derecha: IsatPhone 2. [31]

# ***Capítulo 7***

## ***Trabajo de campo***

## 7.1 TRABAJO CON EQUIPO INMARSAT-C A BORDO DE M/V VOLCÁN DE TAMASITE

Durante mi periodo de prácticas profesionales embarcado como alumno de puente a bordo de buque *Volcán de Tamasite* tuve la oportunidad de adquirir aprendizaje práctico con los equipos disponibles a bordo. El buque RO-RO *Volcán de Tamasite* construido el año 2003 por el astillero español Hijos de J. Barreras en Vigo tiene eslora de 142.5 m y manga de 24.2 m y Arqueo bruto (Gross Ton) de 17.343, forma parte de la flota de Naviera Armas - Tramediterránea S.A.

La estación de servicio móvil marítimo del buque MMSI: 224093000 cuenta con una terminal Inmarsat-C de clase 2, modelo FELCOM 18. El terminal Inmarsat-C puede transmitir y recibir mensajes a la LES y funciona como receptor de EGC cuando no hay actividad de transmisión ni recepción. El equipo consiste en unidad de antena IC-118 y unidad terminal IC-218, impresora PP-510 y teclado 5139U. El sistema permite a la transmisión de télex y datos y la recepción de información escrita vía satélite. Además, se puede enviar correo electrónico a través de Internet. FELCOM 18 lleva incorporado un receptor EGC para recibir los mensajes SafetyNET, que transmite las LES sobre seguridad marítima. El sistema FELCOM permite realizar llamadas de socorro. A estas llamadas se les da prioridad inmediata sobre otras llamadas y se redirigen automáticamente al Centro de coordinación de rescate (RCC) en tierra.

La unidad terminal IC-218 es la parte más importante del sistema FELCOM, dado que permite crear, transmitir y recibir mensajes. La unidad se compone de

una pantalla, un interruptor de encendido POWER, un botón DISTRESS, un puerto USB, una ranura para tarjetas SD y un puerto para conectar el teclado 5139U.



Figura 7.1: Terminal Inmarsat-C a bordo de Volcán de Tamasite.

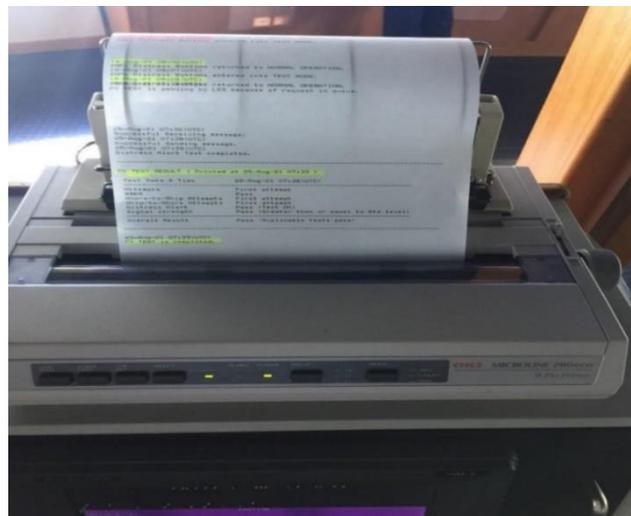
El sistema se controla casi completamente con el teclado. Las operaciones se realizan con las teclas de función, numeradas F1-F10 en la parte superior del teclado. En la siguiente tabla se muestran las funciones de cada tecla del teclado.

Menú (tecla)	Función
File (F1)	Abrir y cerrar archivos, imprimir archivos; descodificación MIME.
Edit (F2)	Herramientas de edición de texto (copiar, pegar, buscar y reemplazar, etc.).
Transmit (F3)	Transmitir mensajes; solicitar estado de entrega.
EGC (F4)	Visualizar mensajes de EGC; mostrar el ID de red de EGC.
Reports (F5)	Herramientas para crear informes de datos, informes de mensajes y EPADR
Logs (F6)	Mostrar registros de mensajes enviados y recibidos, mensajes de EGC; mostrar el registro de comunicaciones.
Options (F7)	Herramientas para iniciar y cerrar sesión, entrada de posición manual, prueba, mantenimiento, selección de región oceánica y NCS.
Setup (F8)	Menús para la configuración del sistema, configuración del editor, configuración de EGC, configuración de modo automático, configuración de correo electrónico y configuración general.
Distress (F9)	Preparar el mensaje de alerta de socorro.
StopAlarm (F10)	Silenciar alarma acústica.

Tabla 7.1. Teclas de función F1-F10 de teclas 5139U.

Para facilitar la operación en el teclado a bordo teníamos pegatinas informativas encima de las teclas F1-F10, como se ve en la figura 19.

La impresora PP-510 imprime los mensajes transmitidos y recibidos. El interruptor de encendido POWER se encuentra en el lado derecho de la unidad. La lámpara del interruptor de encendido POWER se ilumina cuando la alimentación está encendida. Si el papel está correctamente configurado también se ilumina la lámpara ON LINE. Cuando ambas lámparas están encendidas, la impresora está lista para imprimir la información recibida desde la terminal. En el momento de encender la impresora P puede ocurrir que la lámpara NLQ se ilumine y no sea posible imprimir. Si esto sucede, se restablece la alimentación de la impresora.



*Figura 7.2: Impresora PP-510 de terminal Inmarsat-C a bordo de Volcán de Tamasite.*

Cuando se enciende la terminal hace una comprobación "PV Test" de las funciones principales e imprime un resultado. Es importante comprobar si la estación está funcionando correctamente cada día.

## 7.2 COMO ENVIAR MENSAJE DE SOCORRO CON EQUIPO INMARSAT-C FELCOM 18

Cuando surja una situación que ponga en riesgo la vida de los tripulantes y no tenemos tiempo de especificar la naturaleza del peligro, realizamos los siguientes pasos para enviar una alerta de socorro a una LES.

1. Abrimos la tapa del botón DISTRESS de la unidad terminal IC-218.
2. Pulsamos el botón DISTRESS (durante cuatro segundos) hasta que la luz del botón se ilumine de forma continua. La alerta de socorro no se enviará hasta que la luz del botón se ilumine de forma continua y la alarma acústica suene. Mientras se envía la alerta de socorro aparece en la pantalla el mensaje "Sending Distress Alert" (caracteres en blanco sobre fondo rojo).



**Sending Distress Alert**

Esperamos la confirmación de la alerta por la LES, que tarda entre 30 segundos y 10 minutos. A continuación, aparece el mensaje "Distress Acknowledgement Received" (caracteres blancos sobre fondo rojo) en la pantalla, la luz del botón DISTRESS parpadea de forma lenta y la alarma acústica suena de forma intermitente. Para silenciar la alarma acústica, pulse la tecla F10 del teclado.



**Distress Acknowledgement Received**

### **7.3 COMO ENVIAR MENSAJE DE SOCORRO CON EQUIPO INMARSAT-C FELCOM 18 ESPECIFICANDO LA NATURALEZA DEL PELIGRO**

Cuando existe una situación de riesgo para la vida de los tripulantes y tenemos tiempo de especificar la naturaleza del peligro y el destinatario (LES) de la alerta de socorro, enviamos los propios datos del barco (posición, hora, velocidad y curso) de la forma siguiente:

1. Pulsamos la tecla F9 para mostrar la pantalla [Distress Alert Setup]
2. Se selecciona [LES ID]; pulsamos la tecla "Enter".
3. Seleccionamos la LES adecuada y pulsamos la tecla "Enter".
4. Seleccionar [Update Time] y, a continuación, pulsar la tecla "Enter".
5. Introducir la hora actual y luego pulsar la tecla "Enter".
6. Seleccionamos [Position] y, a continuación, pulsar la tecla "Enter".
7. Introducir la posición actual (longitud y latitud) y, a continuación, pulse la tecla "Enter".

Se utilizan las teclas S, N, E y W para introducir las coordenadas adecuadas.

8. Seleccionar [Nature] y, a continuación, pulsar la tecla "Enter".
9. Introducir el motivo de la alerta de socorro aplicable y, a continuación, pulsar la tecla "Enter". Si no se especifica la naturaleza del peligro, se selecciona automáticamente [Undesignated].
10. Seleccionamos [Course] y, a continuación, pulsamos la tecla "Enter".
11. Introducir el curso y, a continuación, pulsar la tecla "Enter".

12. Seleccionar [Speed] y, a continuación, pulsar la tecla “Enter”.
13. Introducir la velocidad y, a continuación, pulsar la tecla “Enter”.
14. Pulsar la tecla “Esc” para mostrar la ventana [Update].
15. Se selecciona [Yes]; pulsamos la tecla “Enter” para registrar los ajustes.

Nota: Si los datos introducidos no son correctos, se cancela la actualización y se restauran los datos anteriores.

16. Abrimos la tapa del botón ***DISTRESS*** de la unidad terminal IC-218.
17. Pulsar el botón ***DISTRESS*** (durante cuatro segundos aprox.) hasta que la luz del botón se ilumine de forma continua.



## ***Conclusiones***

La incorporación de Inmarsat al sistema GMDSS ha proporcionado muchísimo juego en cuanto a seguridad y precisión en la navegación marítima. Los mensajes de socorro llegan a tierra en un corto espacio de tiempo y su transmisión es segura. Se ha perfeccionado la navegación mejorando la obtención de información meteorológica, seguridad marítima, así como el contacto con el armador y con las familias de los tripulantes.

Las formas de comunicación han evolucionado desde el primer sistema analógico Inmarsat-A, con limitaciones en ancho de banda y velocidades de transmisión bajas hasta los últimos estándares como el GlobalXpress que opera en banda-K<sub>a</sub> y proporciona tasas de transmisión de hasta 50 Mbps. También han cambiado el tamaño y el diseño de los equipos. Las antenas se han reducido en tamaño y ha mejorado su estabilización, el equipo BDE tiene menos peso y un tamaño reducido, pero a pesar de todo tiene más conectividad e interfaces.

Lo que no ha cambiado es la funcionalidad y la disponibilidad del sistema. Se exigen equipos seguros y robustos, con mantenimiento mínimo y fácil de operar con procedimientos sencillos. Actualmente, los equipos que cumplen con GMDSS son Inmarsat-C, Mini-C y FleetBroadBand 500. La disponibilidad del sistema se mantiene en más de 99,9% lo que está determinado por Resolución A. 1001 (25) de la OMI.

Por último, para satisfacer las necesidades de conectividad y bienestar de la gente de mar Inmarsat ofrece varios servicios para telefonía y datos. Hay soluciones incluso para el uso de los teléfonos GSM personales de los tripulantes. Existen servidores como Vobal S3 GSM Base Station que se instalan a bordo conectados a una terminal Inmarsat FleetBroadBand y permiten a la tripulación usar sus teléfonos y tabletas 3G y 4G personales. Esto supone más privacidad y constante conexión con tierra. Por otro lado, para las compañías esto significa mayor satisfacción de la tripulación, lo que conduce a una mejor retención y contratación.

## ***Conclusions***

The incorporation of Inmarsat to the GMDSS system has played a big role in terms of safety and precision in maritime navigation. Distress messages reach land in a short space of time and their transmission is secure. Navigation has been perfected improving the ways to obtain meteorological and maritime safety information, as well as the contact with shore office and with families of crew members.

The forms of communication have evolved from the first analog Inmarsat-A system, with limited bandwidth and low transmission speeds, to the latest standards such as GlobalXpress which operates in Ka-band and provides transmission rates of up to 50 Mbps. The size and design of the equipment have also changed. The antennas have been reduced in size and their stabilization has improved, the BDE equipment has less weight and a reduced size, but in spite of everything has more connectivity and interfaces.

What has not changed is the functionality and availability of the system. Safe and robust equipment is required, with minimal maintenance and easy to operate with simple procedures. Currently the equipment, which complies with GMDSS is Inmarsat-C, Mini-C and FleetBroadBand 500. The availability of the system is maintained at more than 99.9%, which is determined by Resolution A. 1001 (25) of the IMO.

Finally, in order to meet the connectivity and welfare needs of seafarers, Inmarsat offers various services for telephony and data. There are even solutions for the use of crew member's personal GSM phones. Mobile servers such as the Vobal S3 GSM Base Station are installed on board connected to an Inmarsat FleetBroadBand terminal and allow the crew to use their personal 3G and 4G phones and tablets. This means more privacy and a constant connection with shore. On the other hand for the shipping companies this means higher crew satisfaction, which leads to better retention and recruitment.

# ***Bibliografía***

- [1] IALA: Maritime radio communications plan, Saint Germain en Laye. 2017
- [2] Anita M. Rothblum: Human Error and Marine Safety, U.S Coast Guard R&D Center. 2012
- [3] Felipe Louzan, Santiago Iglesias: Manual de comunicaciones marítimas, Ediciones Cartamar, La Coruña. 2015
- [4] ITU (International Telecommunications Union): Manual. Servicio Móvil por satélite (SMS). Ginebra, Suiza. 2002
- [6] Organización Marítima Internacional: Convenio constitutivo de la Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas por Satélite, recuperado de <https://www.imo.org/es/About/Conventions/Paginas/Convention-on-the-International-Maritime-Satellite-Organization.aspx> . 2022
- [8] United States Coast Guard: History of the Amver System, recuperado de <https://www.amver.com/Home/AmverHistory>. 2022
- [9] The Institute of Electrical and Electronics Engineers: The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms, 7th Edition. 2000
- [10] Yachting World Magazine: How the Internet of Things can turn your boat into a smart boat, recuperado de <https://www.yachtingworld.com/features/monitoring-apps-internet-of-things-smart-boat-125303> . 2020
- [12] Aviation News: New Plane Compass Developed by Bendix, recuperado de [https://archive.org/details/Aviation\\_Week\\_1943-10-18/page/n5/mode/2up](https://archive.org/details/Aviation_Week_1943-10-18/page/n5/mode/2up) 2021

- [13] ITU (International Telecommunications Union): Recommendation X.25 (10/96), recuperado de <https://www.itu.int/rec/T-REC-X.25-199610-I/en/> . 2022
- [14] ITU (International Telecommunications Union): Standardization of frequency-shift modulated transmission systems for the provision of telegraph and data channels by frequency division of a group ITU-T X.40 (11/88), recuperado de <https://www.itu.int/rec/T-REC-X.40/en> . 2022
- [15] ITU (International Telecommunications Union): Fax Grupo-3, Normalización de los terminales facsímil del grupo 3 para la transmisión de documentos, recuperado de <https://www.itu.int/rec/T-REC-T.4/es> . 2022
- [17] ITU (International Telecommunications Union): Fax Grupo-4, Características de terminal para aparatos facsímil del grupo 4, recuperado de <https://www.itu.int/rec/T-REC-T.563/es> . 2022
- [18] ITU (International Telecommunications Union): VoIP Recomendación H323 (03/22) de la ITU, recuperado de <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.323/es> . 2022
- [19] Sistemas de encriptación STI III, <https://en.wikipedia.org/wiki/STU-III>
- [20] File Transfer Protocol (FTP), [https://en.wikipedia.org/wiki/File\\_Transfer\\_Protocol](https://en.wikipedia.org/wiki/File_Transfer_Protocol)
- [21] METEO CONSULT: Qué es un archivo GRIB, Recuperado de <https://maritima.meteoconsult.es/servicios-marino/archivos-grib>. 2022
- [22] Inmarsat Maritime Safety Services Inmarsat Global Ltd: International SAFETYNET Sixth Edition, Londres. 2020
- [23] Ilcev, Stojce Dimov: Global Mobile Satellite Communications Applications For Maritime, Land and Aeronautical Applications Volume 2, 2017
- [24] Álvarez Arráiz, Guillermo. “Desarrollo de las comunicaciones marítimas y su instrumentación”. Paraninfo. Madrid. 2016
- [25] Sagar, David: Inmarsat and the mariner, The International Journal of Marine and Coastal Law [0927-3522], vol.14. 1999

- [26] Gradiant Organization: La digitalización de las comunicaciones marítimas, 1ª edición, Vigo. 2019
- [27] González Blanco, Ricardo: Incidencia de las nuevas tecnologías en la seguridad de los buques. Universidad de Oviedo, Tesis Doctoral. 1999
- [28] Asociación de Ingenieros Radioelectrónicos (A.R.E.): Bandas de frecuencia de satélite, Recuperado de <https://are-mar.es/satelites-de-bandas-l-ku-ka/> . 2022
- [29] S.F. APPLEYARD, R.S. LINFORD y P.J. YARWOOD: Marine Electronic Navigation, 2nd enlarged edition, Cambridge University Press. 1997
- [30] Beam Communications Pty. Ltd.: FleetPhone Ocean 800 Manual, recuperado en <https://www.beamcommunications.com/>. 2022
- [31] Inmarsat Global Limited, recuperado de <https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html>. 2022
- [32] Nera SatCom AS: Nera F77 User Manual, Recuperado de <https://www.manualslib.com/manual/934609/Nera-F77.html>. 2022
- [33] Cobham Satcom Maritime: Sailor Fleet One Operation manual, recuperado de <https://www.manualslib.com/manual/842986/Cobham-Sailor-Fleet-One.html>. 2022



## ***Glosario de términos y acrónimos***

ACB	Antenna Control Board
ACSE	Antenna Control and Signaling Equipment
ACU	Antena Control Unit
ADE	Above Deck Equipment
AES	Aeronautical Earth Station
AM	Amplitude modulation
AOR	Atlantic Ocean Region
APC	Adaptive Predictive Coding
AUSREP	Australian Ship Reporting System
AVMER	Automated Mutual-Assistance Vessel Rescue
BDE	Below Deck Equipment
BGAN	Broadband Global Area Network
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BUC	Block Upconverter
CCIR	Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones
CES	Coast Earth Station
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DNID	Data Network ID
DSC	Digital Selective Calling
EGC	Enhanced Group Calling
EHF	Extremely high frequency
ESA	European Space Agency
FDMA	Frequency-division multiple access
FEC	Forward Error Correction
FM	Frequency Modulation
FSK	Frequency Shift Keying

GAN	Global Area Network
GEO	Geosynchronous Equatorial Orbit
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GMDSS	Global Maritime Distress Safety System
GMSC	Global Mobile Satellite Communication
GMSC	Global maritime satellite communication
GPS	Global Positioning System
GRIB	General Regularly-distributed Information In Binary form
GSM	Global System for Mobile communications
GSPS	Global Satelite Phone Service
HF	High Frequency
HPA	High Power Amplifier
HSD	High Speed Data
IGN	Inmarsat Ground Network
IHO	International Hydrographic Organization
IMN	Inmarsat Mobile Number
IMO	International Maritime Organization
IMSO	International Mobile Satellite Organization
IOR	Indian Ocean Region
IOT	Internet of Things
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISPS	International Ship and Port Facilities Security
ITU	International Telecommunication Union
LCD	Liquid Crystal Display
LEO	Low Earth Orbit
LES	Land Earth Station
LMES	Land Mobile Earth Stations
LNA	Low Noise Amplifier
LNB	Low Noise Block
LORAN	Long Range Navigation
LOS	Line-of-Site
MEO	Medium Earth Orbit
MES	Mobiles Earth Station
MF	Medium Frequency

MID	Marine Identification Digits
MMSI	Maritime Mobile Service Identity
MPDS	Mobile Packet Data Service
MRCC	Maritime Rescue Co-ordination Centre
MSI	Maritime Safety Information
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NAVTEX	Navigational Text Messages
NBDP	Narrow Band Direct Printing
NCC	Network Co-ordination Centre
NCS	Network Co-ordination Station
NOC	Network Operations Centre
ONU	Organización de las Naciones Unidas
O-QPSK	Offset Quadrature Phase Shift Keying
PCU	Pedestal Control Board
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
PM	Phase modulation
POR	Pacific Ocean Region
PSA	Point of Service Activation
PSDN	Packet-Switched Data Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
RCC	Rescue Co-ordination Centre
RDSI	Redes digitales de servicios integrados
RHCP	Right Hand Circular Polarization
RO-RO	Roll-on/roll-off
RTC	Red telefónica conmutada
RX	Receptor
SAC	Special Access Codes
SAR	Search and Rescue
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SCC	Satellite Control Centre
SCPC	Single Channel Per Carrier
SES	Ship Earth Stations
SHF	Super high frequency
SIM	Subscriber Identity Module

SOLAS	Safety of Life at Sea
SSAS	Ship Security Alarm System
STU	Secure Phone Unit
TCP	Transmission Control Protocol
TDMA	Time-division multiple access)
TT&C	Telemetry, Tracking and Command
TX	Transmisor
UHF	Ultra high frequency
USNS	United States Naval Ship
VHF	Very High Frequency
V-HTS	Very High Throughput Satellite
VPN	Virtual Private Networks
VSAT	Very Small Aperture Terminal
VTS	Vessel Traffic Services
WMO	World Meteorological Organization