

47
2 Ejm



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

RADIONAVEGACION Y COMUNICACIONES MARITIMAS VIA SATELITE Y SUS APLICACIONES EN MEXICO

T E S I S

Que para obtener el titulo de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a n :

CARLOS JESUS FLEISCHER PINTO

CARLOS HUGO ZERMEÑO JIMENEZ

JOSE CARLOS MONTOYA LEAL

Director de Tesis: DR. RODOLFO NERI VELA

México, D. F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

Contenido	Pag.
1. Introducción General	1
2. Principales Sistemas de Radionavegación Marítima	5
2.1 Introducción	6
2.2 Omega	7
2.3 Loran-C	13
2.4 Decca	23
2.5 Transit	25
2.6 Navstar	28
3. Conceptos de Satélites y Estaciones Terrenas	41
3.1 Introducción	42
3.2 Satélites de Comunicación	42
3.3 Estaciones Terrenas	54
4. Principales Sistemas de Comunicación Marítima Vía Satélite	64
4.1 Introducción	65
4.2 Marisat	65
4.3 Marots	80
4.4 Inmarsat	83
5. Sistemas Empleados en México	99
5.1 Introducción	100
5.2 Características y Distribución de la Red Nacional de Radiocomunicaciones Marítimas	100
5.3 Servicios	104
5.4 Servicios Especiales	111

Contenido	Pag.
5.5. Localización Geográfica de las Estaciones Costeras Nacionales	113
5.6 Embarcaciones que Integran la Flota Mexicana	115
5.7 Puertos Mexicanos y sus Estadísticas	115
5.8 Sistemas de Comunicaciones y Radionavegación Marítimas en México	117
6. Conclusiones	119
6.1 México	120
6.2 México ante el Mundo	121
6.3 El Sistema del Futuro para México y el Mundo	122
7. Bibliografía	123

RADIONAVEGACION Y COMUNICACIONES
MARITIMAS VIA SATELITE
Y
SUS
APLICACIONES EN MEXICO

CAPITULO I
INTRODUCCION GENERAL

1. Introducción General

Es fácil comprender que las embarcaciones que viajan por los mares del mundo requieren contar con un conocimiento preciso y continuo de su posición para asegurar su rumbo y avanzar con razonable confiabilidad. También es obvio suponer que, de ser técnicamente factible, estas embarcaciones prefieren contar a la vez con medios de comunicación telefónica y/o telegráfica con otras embarcaciones o con las costas, tanto para efectos de operación y funcionalidad de las naves como de satisfacción individual para sus pasajeros. El primer requerimiento se logra satisfacer por técnicas de navegación, y el segundo por técnicas de comunicación.

La navegación de un buque puede ser estimada, costera o de altura. Es estimada cuando, en ausencia de referencias concretas terrestres o astronómicas, se calcula la posición del buque únicamente a partir de los elementos de la navegación (velocidad y rumbo) que, por estar sujetos a variaciones incontrolables (viento, corrientes, rendimiento del motor, etc.), se determinan por estimación. Los problemas de este tipo de radionavegación suelen resolverse gráficamente sobre la carta náutica. La velocidad se mide en nudos, entendiéndose por nudo una milla (náutica) por hora y considerando que una milla (náutica) vale 1852 metros.

Evidentemente, la navegación estimada tan solo suministra indicaciones aproximadas de la posición del buque. Por ello, no puede efectuarse cuando el buque se halla en las proximidades de las costas y en zonas hidrográficamente peligrosas. En estas circunstancias se recurre a la navegación costera, que permite al navegante un control continuo de su posición y de la ruta efectiva. Los problemas inherentes a la navegación también se resuelven gráficamente sobre la carta náutica.

Dejando a un lado el tratamiento teórico y matemático, basta decir que en la navegación costera, la posición del buque se obtiene mediante la intersección de los levantamientos (o acimutes) de dos o más puntos importantes de la costa, cuyas posiciones se hallan señaladas de forma exacta en la carta. Asimismo puede obtenerse mediante el levantamiento de un punto en tierra y de una profundidad medida con una sonda.

Quando la costa no está a la vista, el navegante recurre a la navegación astronómica, que es la forma más compleja de navegación. En este caso, la posición se determina midiendo con el sextante la altura, en grados, de dos o más astros sobre el horizonte y calculando luego las denominadas rectas de altura de dichos astros mediante elementos precisos obtenidos a partir del cronómetro y de unas tablas especiales. En realidad, las mediciones y el cálculo suministran circunferencias de altura, pero, para usos prácticos, dichas circunferencias se sustituyen por rectas. El punto de intersección de dos o más rectas de altura expresa la posición del buque.

A partir de 1940, la navegación pudo efectuarse empleando aparatos electrónicos especiales, apareciendo la RADIONAVEGACION o NAVEGACION HIPERBOLICA. Los sistemas de radionavegación que se emplean en la actualidad son esencialmente dos: el Loran y el Omega, mismos que serán descritos en el siguiente capítulo. Cabe hacer notar que este tipo de sistema no se apoya en satélites y que por este hecho hemos decidido nombrarles "tradicionales".

Pero, por qué se ha introducido recientemente la radionavegación vía satélite? Los sistemas de navegación por medio de satélites, al emplear la transmisión por radio, solucionan la limitación más importante de los sistemas tradicionales: la necesidad de una buena visibilidad. El sistema por satélite permite la observación en condiciones de niebla o de cielo cubierto, lo que constituye una de sus mayores ventajas.

A diferencia de la navegación electrónica de superficie, la navegación por medio de satélites puede utilizar frecuencias muy altas o ultraelevadas, que no resultan afectadas por las tormentas magnéticas y proporcionan un campo completo de operación. Los sistemas de superficie tienen un campo limitado y su ampliación a una red mundial representaría un gasto muy importante. Para conseguir un campo máximo de alcance, los sistemas de superficie utilizan frecuencias altas o bajas que pueden recibirse más allá del horizonte visible. Sin embargo, estas frecuencias son muy afectadas por las tormentas magnéticas. Por el contrario, los satélites emplean las frecuencias muy altas o ultraelevadas. Además, como ya se ha dicho, pueden proporcionar un campo completo a un costo bastante reducido. Un solo satélite colocado en una órbita polar puede suministrar al menos dos observaciones diarias para cualquier punto terrestre, ya que la Tierra tiene un movimiento de rotación, mientras que el plano de la órbita se mantiene fijo en el espacio inercial. Para obtener observaciones más frecuentes se pueden situar más satélites (digamos unos cuatro) en órbita polar.

Es importante hacer notar lo siguiente: los sistemas que se utilizan para radionavegación también son capaces de brindar servicios de comunicación solo que con equipos más modestos y, por lo tanto, de capacidad muy limitada que en un momento dado no resulten suficientes al navegante cuando éste lo necesite.

Una vez que hemos hablado sobre las comunicaciones y la radionavegación marítimas no nos queda más que describir brevemente el contenido de este trabajo. En el capítulo 2 se habla de los principales sistemas de radionavegación marítima, tanto tradicionales como los que operan vía satélite. En el capítulo siguiente, además cuando en el anterior ya se trataron sistemas de radionavegación por satélite, se mencionan algunos conceptos básicos sobre la estructura y funcionamiento de los satélites y las estaciones terrenas, ya que en el capítulo 4 será necesario recurrir a varios términos técnicos para describir la operación de los principales sistemas de comunicación marítima vía satélite. En el penúltimo capítulo se describe el sistema que utiliza la Secretaría de Comunicaciones y Transporte para

controlar las comunicaciones y la radionavegación marítimas en México. Comentaremos los recursos y las necesidades del país en este sentido. El trabajo concluye con nuestro punto de vista acerca de lo que México puede y no puede hacer en materia de comunicaciones y radionavegación marítimas. Hacemos un pequeño análisis de lo que son a nivel mundial y que es lo que se espera de ellas.

CAPITULO II
PRINCIPALES SISTEMAS
DE
RADIONAVEGACION MARITIMA

2.1 Introducción

Como habíamos explicado en el capítulo anterior, un sistema de radionavegación es aquel que logra ubicar a una nave en el mar sea cual sea su posición. Es capaz también de trazar una ruta por la cual una nave pueda transitar. En este capítulo trataremos los sistemas de radionavegación más importantes del mundo, tanto los tradicionales como por vía satélite.

En el inciso 2.2 iniciaremos nuestra descripción con el sistema Omega, que opera a muy bajas frecuencias (VLF). En la actualidad existen muchos países con este tipo de cobertura. El sistema en general se usa en ambos ambientes, marítimo y aéreo. Su largo alcance, cobertura excelente y recepción segura hacen de Omega un sistema confiable y comercialmente aceptado. Proporciona una exactitud de 1852 metros aproximadamente.

En el inciso 2.3 hablaremos del Loran-C, un sistema de mediano alcance que permite determinar la posición de las naves (comerciales, recreacionales y en una forma muy limitada en aeronaves civiles) con una exactitud de 453 metros.

En el inciso 2.4 describiremos el sistema Decca (su exactitud es de 29.71 metros) que nos permite navegar con seguridad al detectar a distancia tierra, navíos, boyas, etc. ayudado con cartas apropiadas de navegación que finalmente determinan la posición de un avión o de un barco.

En la Tabla 2.1 se muestran las frecuencias de operación de los sistemas tradicionales de radionavegación.

TABLA 2.1
Frecuencias de Operación

Sistema	Rango de Frecuencias
Omega	10 - 14 KHz
Loran-C	90 - 110 KHz
Decca	70 - 130 KHz

Los incisos 2.5 y 2.6 nos introducen a los sistemas de radionavegación marítima que utilizan satélites, dispositivos que han revolucionado no solo a la ciencia del mar sino a otras más. Los satélites le dan otra dimensión a la radionavegación, la hacen más eficiente y más segura.

En el inciso 2.5 hablamos de Transit, sistema que se diseñó en forma exclusiva para satisfacer las necesidades de la Marina de los Estados Unidos. Posteriormente, una vez que se observó su eficiencia, fue liberado a nivel mundial e inclusive se le utilizó para aplicaciones civiles. Comentamos en forma breve sus principios de funcionamiento y otros puntos importantes del sistema debido a que sus satélites están entrando en desuso y

serán sustituidos por los de Navstar, sistema que nos ocupa en el inciso 2.6. Aquí hablamos del sistema que prácticamente sustituye al Transit, comentamos sus técnicas de radionavegación, las características principales de sus equipos y las aplicaciones civiles que está teniendo. Estas últimas crecen cada día más.

2.2. Omega

2.2.1 Información General.

Omega es un sistema de radionavegación con un alcance muy largo que opera a muy bajas frecuencias (VLF). Da una cobertura global continua para barcos y aeronavegación. Su cobertura no solo es global sino que también es redundante, ya que comúnmente se pueden recibir mas del número mínimo requerido de señales, en muchas localidades. El sistema en general se usa en ambos ambientes (aéreo y marino) comercial y militarmente. Sin embargo, su uso en barcos ha decrecido recientemente, mientras que la aceptación de las aerolíneas comerciales ha ido creciendo.

Omega es un sistema de navegación de VLF que opera en una banda asignada entre 10 y 14 KHz. Las 8 estaciones actuales dan una cobertura global (véase la Tabla 2.2.1). El sistema puede dar servicio a alrededor de 16,000 usuarios que son divididos mas o menos entre comunicaciones aéreas y marítimas, siendo mayor el de aeronavegación.

Tabla 2.2.1
Estaciones de Transmisión

Estación	Localización	Fecha de Operación	Agencia
A	Bratland, Nor.	Dic. 1973	Admon. de Telecom. de Nor.
B	Liberia	Feb. 1976	Dpto. Comercio, Ind. y Transporte
C	Haiku, Hawaii	Ene. 1975	Guardia Costera de los Estados Unidos
D	La Moure, E.U.	Oct. 1972	Guardia Costera de los Estados Unidos
E	Isla La Reunión, Mar. Océano Indico	1976	Marina de Francia
F	Golfo Nuevo, Argentina	Jul. 1976	Marina de Argentina
G	Woodside, Australia	Ago. 1982	Dpto. Australiano de Transporte
H	Tsushima, Japón	Abr. 1975	Ag. Mar. Seg. Japón

Los instrumentos pueden ser relativamente simples si usan solo una de las frecuencias dadas por Omega o complejos, aptos para recibir todas las frecuencias desde las 8 estaciones y procesar la información, de tal manera que los datos estén disponibles en pantalla en latitud y longitud.

2.2.2 Historia.

Omega se desarrolló considerablemente desde la sugerencia inicial de J.A. Pierce en 1947, consistente en la posibilidad de construir un sistema de navegación de alto alcance hiperbólico basado en la técnica de fase diferencial, mas que en el tiempo diferencial. Las transmisiones iniciales del sistema llamado RADUX-OMEGA a 10.2 Khz. fueron hechas en 1955.

Las transmisiones modernas empezaron usando estaciones en Noruega, Trinidad, Hawaii y Forest Port, N.Y. en el año de 1966.

2.2.3. Implantación

La implantación de Omega requirió de investigación en tres grandes áreas: el diseño y construcción de las estaciones transmisoras; diseño, manufactura e instalación de los receptores; y el desarrollo de una teoría de propagación en VLF para su incorporación en receptores automáticos, o en cartas o tablas de uso manual. El trabajo en estas áreas tomo varios años.

La localización de las estaciones se muestra en la Fig. 2.2.1 y sus características están dadas en la Tabla 2.2.1, de acuerdo a la letra asignada, localización, fecha de entrada en operación y agencia operadora.

La potencia nominal radiada de todas las estaciones es de 10 KW a 10 Khz.

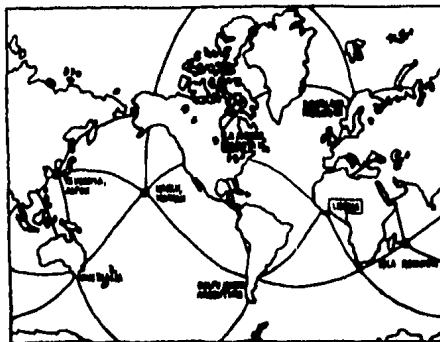


Fig. 2.2.1 Localización de estaciones Omega

2.2.4. Equipo de la Estación Transmisora

El corazón de cada estación es un banco de cuatro estándares de frecuencias de Cesio. Cada estándar alimenta un desplazador de fase que puede ser movido intermitentemente para hacer ajustes de fase, o periódicamente para aproximar ajustes de frecuencia. Las señales después pasan a través de cadenas de generación de frecuencia separadas, para crear todas las frecuencias requeridas.

Estas salidas son intercomparadas para garantizar la confiabilidad de las señales. Solamente una cadena está en línea en cualquier tiempo dado. Antes de ser alimentada al transmisor, la señal es comparada en este punto con la radiada, y es defasada para mantener una radiación de señales apropiada. Cada estación tiene dos transmisores de tubos de vacío de 150 KW que son esencialmente amplificadores de alta fidelidad. Uno está en línea y el otro como repuesto.

Los sistemas de antena son físicamente grandes y pueden ser matemáticamente aproximados a dipolos infinitesimales debido a que la longitud de onda es de cerca de 30 Kms. La mayoría de los sistemas de antena usan torres de 427 metros, aunque la estación japonesa es de 457 metros. Dos de las estaciones usan "tendidos de valle". El más largo es de 3 Km y se encuentra en Noruega.

Lo esencial en el diseño de la antena es crear la suficiente capacitancia a tierra, para que la corriente fluya en la torre vertical. Un gran inductor o hélice es usado para hacer resonar el sistema de antena. Las hélices usadas por Omega son de 14 pies de diámetro y de 10 a 14 mts. de alto, empleando alambre de 7 centímetros de diámetro. El sintonizador y sistema de antena típicamente llevan una corriente de 300 a 480 Amp, con voltajes hasta de 224 KV. El equipo también incluye un interruptor de engranaje para cambiar el sistema de sintonía de una frecuencia transmitida a otra y variómetros de sintonización de la antena para mantener un acoplamiento automático entre el transmisor y la antena, a pesar de las variaciones causadas por el viento o cambios climatológicos. Asociado a cada estación, hay un complejo de recepción para comparar señales locales y remotas para asegurar una apropiada operación y obtener datos necesarios para el ajuste de las frecuencias de estándares de Cesio.

2.2.5 Formato

Las señales Omega consisten de pulsos de VLF a 10.2 Khz de onda continua transmitidos secuencialmente desde cada estación. Dado que las transmisiones son de tiempo compartido, se requiere un conmutador para separar cada estación dentro del patrón de conmutación de 10 segundos mostrado en la Fig. 2.2.2.

Un receptor Omega hiperbólico mide la fase de 2 o mas estaciones Omega en contraste a una referencia generada por un oscilador interno. El oscilador interno permite almacenar la información de fase de tal forma que las fases relativas de las diferentes

estaciones pueden ser intercomparadas. La lectura es la diferencia de fase en centiciclos entre las estaciones seleccionadas y puede ser grabada continuamente en un graficador. Como las comparaciones son todas entre señales de la misma frecuencia, no puede tenerse ambigüedad interna dentro del receptor generada por traslaciones de frecuencia debidas a la circuitería.

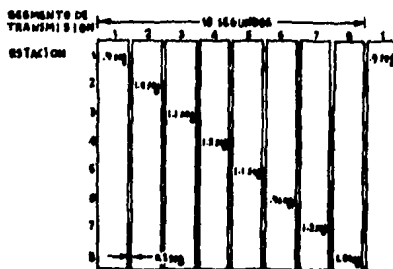


Fig. 2.2.2 Formato simplificado de una transmisión a 10.2 KHz

2.2.6 Navegación Omega en sus Primeros Años

Omega es usado primordialmente, como lo observó el Instituto Británico de Navegación, porque "satisface las 3 "R": Confiabilidad (Reliability), Redundancia (Redundancy), y Rango (Range). Las estaciones operacionales han mantenido individualmente un promedio de 97.5 % de disponibilidad durante 1980. El tiempo promedio entre fallas (MTBF) del mejor equipo receptor disponible ha alcanzado las 17000 horas o varios años.

Omega es el primer sistema de radionavegación que fue deliberadamente diseñado para incluir redundancia. Las señales de Omega se propagan con un gran alcance. La navegación Omega manual requiere: Antena, Acoplador de Antena, Receptor (preferiblemente con Graficadores), Tablas de corrección de Estadísticas de Propagación, y Cartas Hiperbólicas.

Los receptores manuales de Omega son ahora obsoletos tecnológicamente pero aún existen miles de estos equipos en operación.

2.2.7. Evolución del Receptor y Aceptación del Usuario

La atención en los primeros diseños estuvo dirigida hacia receptores que pudiesen ser usados en el mar. La tecnología de computadoras pequeñas se encontraba en su primer desarrollo.

El principal método competidor de Omega en altamar era la navegación celestial, que tiene severas desventajas debido a la obstrucción intermitente y a veces prolongada de la observación

por causa de nubes, limitaciones durante el día y una laboriosa reducción de fijación. Para el mariner, una operación de 24 horas ininterrumpidas sería como una bendición. Los primeros receptores rastreaban la fase automáticamente pero no reducían las lecturas de diferencia de fase a posición. Algunos fueron provistos por un canal de rastreo adicional que podía usarse para producir una línea independiente separada de posición. La operación era en una sola frecuencia. Los receptores de este tipo fueron puestos en servicio en altamar en grandes cantidades, a finales de 1960 y a principios de los 70s. Muchos continúan en servicio hoy en día, pero un número significativo ha sido retirado, incluyendo casi todos los que fueron instalados en la Marina Mercante de los Estados Unidos. Hay un número de factores atrás de la incuestionable desilusión de algunos usuarios.

Los procedimientos de reducción en la fijación originalmente usados siguieron y refinaron los métodos tradicionales de navegación de muchos de los que fueron usados con el inicio del sistema Loran-A. Individualmente, estos procedimientos eran relativamente simples y podían ser aprendidos por un mariner razonablemente calificado y motivado. La principal motivación era, sin embargo, el que no había otra alternativa viable.

Navsat comenzó a ser operacional dentro del Departamento de Defensa de los Estados Unidos en Enero de 1964, y fue ofrecido para uso comercial en Julio de 1967.

El proceso para reducir la fijación a partir de conteos Doppler de Navsat siempre ha sido lo suficientemente complicado para poder garantizar una reducción en el tamaño de la computadora, pero esta nueva tecnología Navsat basada en computadoras si hubiese sido bienvenida en el cuarto de Cartas si Omega hubiese estado trabajando de acuerdo a lo programado; pero no lo estaba; es claro, por la Tabla 2.2.1 que pocas estaciones eran operacionales a finales de los 60s y principios de los 70s.

Esto significa que los marineros trataban de usar receptores sin tener señales adecuadas. Tal vez peor, las señales estaban siendo usadas antes de que los estudios de validación coordinados fueran terminados. Poco era conocido acerca de las limitaciones de cobertura durante el inicio de la implementación y aún menos lo era conocido por los usuarios. La posición determinada por Omega varía algo de día a día, y de hora a hora, por las fluctuaciones ionosféricas. Dando servicio a una gran comunidad de usuarios, al mismo tiempo que el sistema era implantado, Omega ayudó a satisfacer muchas necesidades inmediatas de la navegación, pero creó problemas a largo plazo. El resultado fue la pérdida de una fracción significativa del mercado potencial. La principal pérdida fue la de la marina mercante, que fue la más severamente afectada ya que necesitaba operar en todo el mundo cuando las estaciones estaban aún siendo construidas. Y no existía una base de soporte bien coordinada, que diese información actualizada y práctica sobre limitaciones de cobertura. Los pescadores operando localmente si podían validar las señales que ellos usaban en sus áreas y nunca tuvieron problemas operacionales. Las fuerzas

navales son típicamente apoyadas por establecimientos costeros que diseminan información actualizada sobre limitaciones de cobertura, de manera que siguen utilizando el sistema aunque ya no sea muy popular. Afortunadamente ya existe un tipo de receptor marino con receptores combinados Omega-Navsat. La precisión en la fijación por Navsat, requiere conocimiento de la velocidad del barco sobre el mar para procesar apropiadamente los conteos Doppler, durante el paso de un satélite. O sea que la seguridad operacional continua depende de los tipos de sensores de velocidad externos empleados en el sistema. Recíprocamente, las principales limitaciones de Omega, son variaciones ionosféricas día a día y los errores de predicción .

Los dos sistemas se complementan uno al otro sinérgicamente. Omega provee la entrada de velocidad para afinar la fijación por Navsat, y después Navsat da una estimación instantánea de los cambios de la propagación que varía lentamente.

El sistema después usa señales calibradas de Omega, hasta que el próximo satélite pase.

Los ahorros asociados de combustible y operación justifican claramente el incremento en gastos de equipo marino de navegación asociados a este receptor combinado.

Una desventaja de la combinación Omega-Navsat es el futuro incierto del sistema Navsat. Navsat es operado por la Marina de los Estados Unidos, que planea discontinuar el sistema en 1992.

2.2.8 Presente y Futuro del Sistema Omega

Omega es actualmente el sistema de radionavegación operacional que da capacidad de fijación continua sobre la tierra. Aunque la octava estación fue terminada solo el año pasado, el sistema ha estado en uso durante 15 años. Los beneficios son tales que el sistema pudo haberse pagado por si mismo aún antes que la implantación fuera terminada. Los beneficios económicos continúan siendo altos. La cuota de los Estados Unidos del costo operativo del sistema es de 8 millones de dólares por año. Existen receptores modernos disponibles por 14 a 60 mil dólares, los cuales proporcionan navegación global confiable con una precisión típica de cerca de 1.852 Km.

El futuro de Omega dependerá considerablemente de los nuevos sistemas de satélites de navegación, que ahora están siendo propuestos o bajo construcción.

El mayor esfuerzo en la actualidad se ha puesto en el Navstar Global Positioning System (GPS), que se comenta en la sección 2.6 de esta tesis.

GPS ha exhibido una exactitud sorprendente en pruebas y el sistema podría ser disponible en todo el mundo como lo es ahora Omega. GPS y Omega podrán manejar la navegación oceánica de largo alcance adecuadamente. La selección del equipo en el sector civil

mismos que han simplificado grandemente el diseño y operación del uso del equipo Loran-C.

El primer receptor Loran-C con un microprocesador fue vendido en 1975, y su función era coordinar la conversión de hiperbólico a latitud-longitud. Un nuevo diseño también ocurrió en el transmisor.

Como una consecuencia de lo anterior, grandes áreas (pero no del todo) de las tierras de los E.U. y puertos son ahora cubiertos por señales Loran-C. Se utiliza ampliamente en barcos comerciales y recreacionales, y muy recientemente, aunque con un uso limitado, en aeronaves civiles.

2.3.2 Conceptos de Funcionamiento

Un grupo de estaciones Loran-C transmiten pulsos sincronizados a una repetición común llamada cadena. Una estación es designada la maestra y las otras son designadas secundarias. Las secundarias eran antes llamadas esclavas, pero la guardia costera tuvo problemas políticos cuando las estaciones en una cadena estaban en diferentes ciudades y nadie quería ser un esclavo de una maestra extraña.

En el modo original y convencional, una estación Loran-C usa un receptor que mide la diferencia de tiempo (TD) entre las señales provenientes de la estación maestra y una señal "X" de una estación secundaria. Esto define una línea hiperbólica TDX de posición como se muestra en la Fig. 2.3.1. La medición hecha entre la señal maestra y otra secundaria "Y" define una segunda línea TDY, y la localización del receptor se encuentra en la intersección. Una tercera secundaria "Z" provee cobertura para otros sitios de recepción en donde una de las otras secundarias no provee buena señal de hipérbolas cercanas o ángulos de cruce aceptables. Puede haber arriba de 5 secundarias sincronizadas con una maestra en casos donde la geografía es desfavorable.

Las señales Loran-C son pulsos de radio frecuencia a 100 KHz, como los mostrados en la Fig. 2.3.2, los ciclos de la portadora son de 10 microsegundos de duración.

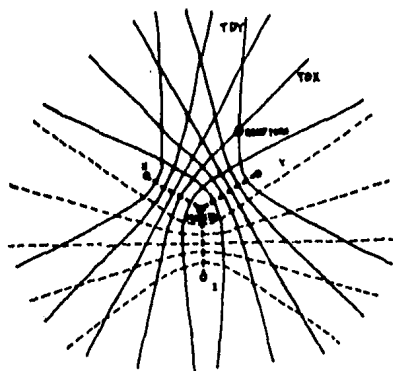


Fig. 2.3.1 Cadena de estaciones Loran-C con líneas de posición hiperbólicas

El sistema Loran-C utiliza dos tipos de onda que son: la onda de tierra y la onda indirecta.

Para operación convencional del Loran-C, la señal de onda de tierra es utilizada por su mayor exactitud, y se mide al fin del tercer ciclo para evitar contaminación por la onda indirecta, la cual viaja por una trayectoria más larga. Para seleccionar el cruce del ciclo deseado, el receptor también hace medidas del tiempo de llegada de la envolvente del pulso.

Cada estación transmite a la misma radio frecuencia; el rizo y caída del pulso es controlado para confinar el 99% de la energía del transmisor para la banda asignada de 90-110 KHz.

Para evitar la intermodulación mutua entre las estaciones de una cadena, las señales son transmitidas en tiempo compartido, con regulación seleccionada para evitar regiones con señal traslapada en cualquier lugar en el sistema. Para llevar a cabo el promedio de potencia más alto, un grupo de 8 pulsos con 1,000 microseg. entre ambos son enviados desde cada estación secundaria.

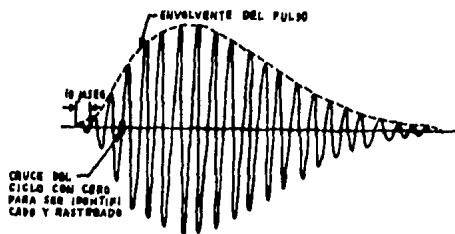


Fig. 2.3.2 Detalle de un pulso Loran-C

La duración del pulso patrón es conocida con el nombre de Intervalo de Repetición de Grupo (GRI), ver Fig. 2.3.3. Diferentes GRI son utilizados para distinguir cadenas y minimizar interferencias mutuas entre cadenas. La duración de los GRI es entre 40,000 y 99,000 microseg. El GRI designador es el número de microsegundos divididos entre 10.

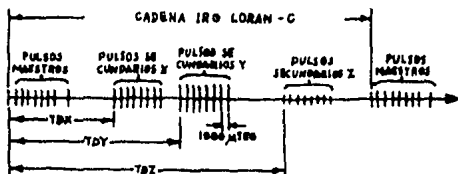


Fig. 2.3.3 Patrón de un pulso Loran-C

2.3.3 Cobertura del Sistema

La Fig. 2.3.4 muestra la variación de la intensidad del campo de una onda de tierra y una onda indirecta de 100 KHz, para una potencia transmitida de 100 KW. Para las curvas de la Fig., la conductividad para las ondas de tierra es: para agua de mar (5 Mhos/m), buena tierra (0.005 Mhos/m), y tierra pobre (0.001 Mhos/m). Para las curvas de onda indirecta, la altura de la ionósfera es de 70 Km (43 mi) durante el día y 90 Km (56 mi) para la noche. La variación en el retraso de la onda indirecta es como se muestra en la Fig. 2.3.5. Esto explica el porque al medir la fase, en el tercer ciclo de RF se evita la contaminación de la onda terrestre por la onda indirecta. Esto se visualiza más fácilmente si observamos la Fig. 2.3.2 en la cual podemos ver que el periodo de la portadora es de 10 microseg., por lo tanto el tercer ciclo se encuentra a los 30 microseg.; con este dato, y tomando la altura de la ionósfera de 70 Km (43 mi), nos

transportamos a la gráfica de la Fig. 2.3.5, en la cual podemos ver que no existe contaminación de la onda de tierra por la onda indirecta.

La alta potencia de la cadena principal de las estaciones Loran-C, las cuales son instaladas por lo general a un alcance de navegación grande, pueden radiar picos de potencia de 165 a 1,800 KW. Las estaciones minicadena instaladas para propósitos especiales, tienen potencias en el rango de 0.1 a 35 KW.

Una onda de tierra Loran-C proporciona un alcance de alrededor de 1,200 millas náuticas (2,222.4 Km) y una estación minicadena proporciona un alcance arriba de 600 millas náuticas (1,111.2 Km) bajo circunstancias similares. La señal de 100 Kz se propaga más allá de la línea de vista pero decae considerablemente más rápido que el inverso de la distancia.

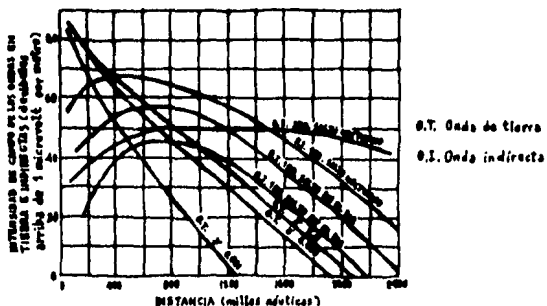


Fig. 2.3.4 Intensidades de campo de la señal de 100 KHz ; potencia radiada, 100 KW

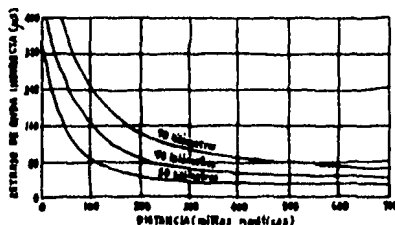


Fig. 2.3.5 Retraso de una onda indirecta de 180KHz

Los receptores Loran-C operan típicamente con una buena relación señal a ruido S/N de 1/3 hasta 1/10, pero por supuesto la exactitud es menor a más pobre relación S/N.

2.3.4 Transmisión Loran

Las estaciones transmisoras Loran-C están equipadas con 3 relojes de Cesio, los cuales manejan pulsos a intervalos de repetición. Un receptor independiente monitorea la diferencia de tiempo, y está localizado cerca del área más importante del servicio. Los monitores son operados y registrados por control remoto. El control de operación de la cadena (usualmente la estación maestra) utiliza una computadora para dar recomendaciones sobre el control. La regulación de las correlaciones es hecha en pequeños pasos (usualmente 10 a 20 ns). Frecuentemente pasan horas entre correlaciones.

Generación de Potencia

La técnica básica del transmisor de estado sólido es usar generadores de media onda, los cuales son individualmente disparados para formar los diferentes medios ciclos en el pulso Loran, como se muestra en la Fig. 2.3.6



Fig. 2.3.6 Diagrama de bloques de un transmisor Loran-C

La alta Q del circuito tanque LC Junto con la antena transmisora completan la formación del pulso Loran. Cada generador de medio pulso está permanentemente conectado para generar un medio ciclo positivo o negativo. La fase del código es producida por el control del trigger, encendiendo un generador negativo para la fase negativa del código y encendiendo un generador positivo para la fase positiva del código. La forma de la envolvente y la relación entre envolvente y ciclo, conocida como la diferencia ciclo-envolvente (ECD) son controlados para la asignación de los generadores de media onda para un ciclo u otro en el pulso Loran. Tanto la forma del pulso y el ECD son controlados por la regulación de la corriente de los generadores de media onda.

Transmisión de la Señal y Estandarización

La longitud de onda para las señales de 100 KHz es de 3,000 m, por lo tanto, la antena transmisora para las estaciones de alta potencia tiene aproximadamente de 190 m (625 pies) a 412 m (1,350 pies) de altura. Para estaciones de baja potencia se utilizan antenas de menor altura y menos eficientes, las cuales son

tolerables y alcanzan una altura de 30 m (100 pies) a 120 m (400 pies).

La mayor parte de las instalaciones de las estaciones de alta potencia usan un monopolo de 213 m (700 pies); algunas han sido hechas de una piramide invertida sostenida por 4 torres de 213 m donde se requiere más potencia.

El entendimiento, medición y el control necesario para estandarizar la transmisión de la fase y forma del pulso Loran-C ha ido progresando recientemente.

El problema se complica por el campo cercano de la antena, el cual produce distorsión por varios miles de metros. También hay distorsión debido a dispersión de la señal por la antena transmisora y por propagación.

En los transmisores de estado sólido, las muestras de la corriente (que son tomadas en la antena transmisora y en el circuito tanque) del ciclo "cruce por cero" son usados para controlar la regulación de los triggers del generador de media onda, y la amplitud de las muestras se usa para el control de la corriente de carga del generador de media onda.

Un análisis cuidadoso y mediciones de efectos de dispersión de una antena y propagación, revelaron inesperadamente que la eficiencia de radiación de la antena transmisora es más grande para las bandas laterales del pulso superior, mientras que la propagación atenúa más las bandas laterales superiores,

El asunto de la estandarización de la diferencia del ciclo de la envolvente (ECD) ha sido extensamente estudiado. El ECD de una estación individual es cuidadosamente medido periódicamente para un área de servicio y entonces el ECD es controlado por las mediciones que se hagan del pulso de corriente en la antena transmisora. El ECD para este punto difiere del ECD en el campo de radiación cerca del transmisor por un cuarto de ciclo. Hay entonces un cambio adicional en función de la conductividad de la tierra, el cual ha sido calculado para tierra plana y algunos casos de terreno áspero, y también medido en ambos casos. Sobre trayectorias muy grandes de terreno áspero el total de errores del ECD (incluyendo instrumentación) aproxima el límite permisible de selección del ciclo de 5 microseg., y debe ser considerado en el diseño de selección del ciclo.

EFECTOS DE PROPAGACIÓN EN LA EXACTITUD LORAN-C

Desde el inicio del Loran-C, se ha reconocido que la precisión depende de un detallado entendimiento y cálculo de la velocidad de radiopropagación de la señal de 100 KHz sobre la superficie de la tierra.

Para obtener mayor exactitud de la señal Loran-C ha sido necesario considerar los siguientes factores:

- 1) Factor primario (fase)- Corrección por propagación a través de la atmósfera.
- 2) Factor secundario FS (fase)- La cantidad (en microsegundos) por la cual la señal Loran-C está adicionalmente retrasada por propagación sobre toda la trayectoria del mar.
- 3) Factor secundario adicional FSA (fase)- La cantidad (en microsegundos) por la cual la señal Loran-C está adicionalmente retrasada por propagación sobre terrenos de varias conductividades y contornos.

El factor de fase adicional secundario varía con la conductividad y contornos de la tierra; el factor de fase secundario es esencialmente una constante para cualquier distancia dada. La Fig. 2.3.7 muestra el factor 2) y la suma de 2) mas 3). Las conductividades en cada curva están en Mhos o Siemens por metro, para agua de mar y para varios tipos de tierra. Estas curvas son para tierras planas. Cuando hay diferentes conductividades puede ser calculada por el promedio de las porciones de la trayectoria teniendo las diferentes conductividades.

El ajustar las conductividades incluye cualquier desviación en el tiempo de propagación debido a terrenos ásperos.

Algunos receptores Loran-C tienen microprocesadores que convierten la diferencia de tiempo a longitud y latitud. En ellos se usa un simple valor de velocidad para toda la computación del factor de propagación.

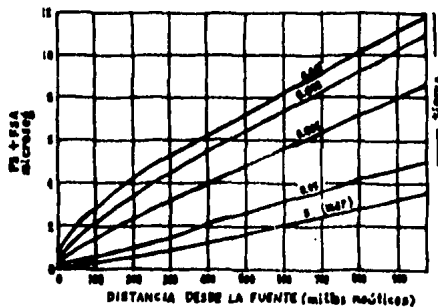


Fig. 2.3.7 Factores de fase secundario (FS) y secundario adicional (FSA), modelo de tierra plana, 100 KHz.

Varios receptores incluyen mapas de conductividad o equivalentes para permitir la computación automática del factor de fase adicional secundario.

Efectos del tiempo

Se ha notado que hay cambios medibles en el tiempo de llegada y la diferencia del tiempo de la señal Loran-C, correlacionados con los cambios del tiempo. Para trayectorias sobre el agua el efecto total es del orden de 0.1 microseg. para trayectorias de 1,000 Km (600 millas náuticas) o 0.1 ns/Km. Para trayectorias en terrenos montañosos, donde la temperatura está por debajo de congelación, el efecto es superior en 15 veces o 1.5 ns/Km.

Los efectos por agua se pueden deber a cambios en el índice atmosférico de refracción, pero los efectos por tierra han sido atribuidos a cambios del índice con la altitud.

Los efectos del tiempo pueden ser minimizados operando en un modo Loran diferencial, donde el monitor de referencia actúa como una estación estándar local.

Receptores

El sistema receptor consiste de una antena y un acoplador, circuito de procesamiento y filtrado de la señal analógica, interfase A-D, procesamiento y regulación de la señal digital, y con frecuencia, conversión de coordenadas, control y display, como se muestra en el diagrama de bloques muy general en la Fig. 2.3.8.

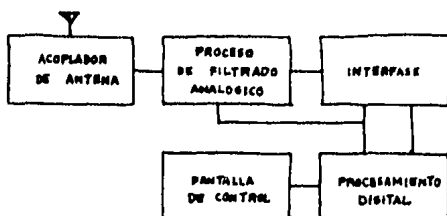


Fig. 2.3.8 Diagrama de bloques de un receptor Loran-C

Para vencer las adversidades del medio ambiente con Loran-C se necesitan niveles de señal altos, por lo tanto el recoger la señal no es problema crítico. La sensibilidad del receptor y el tamaño de la antena receptora caen sobre un rango aceptable de economía y conveniencia. El receptor marítimo típico usa una antena de banda civil de 275 cm (9 pies) o más corta.

El equipo más común para este sistema de radio navegación es el llamado "ESZ-7000 Loran-C Navigator".

El ESZ-7000 muestra toda la información acerca de la navegación y de la ruta al mismo tiempo, en un formato fácil de lectura sobre un TRC (tubo de rayos catódicos).

Sobre el video del TRC se puede leer la siguiente información:

- Longitud y latitud.
- Día y tiempo exacto.
- Curso y velocidad para guiarse a cualquiera de los 25 puntos de la ruta.
- Distancia total recorrida.
- Instrucciones para guiar a la izquierda o derecha (mostrada como flechas sobre la pantalla).
- Proporciona los grupos de repetición de intervalos (GRI) e identifica la cadena de estaciones en uso.
- Número de líneas de posición (LOP's) utilizados para computar la latitud y longitud.

Toda la información sobre la pantalla es actualizada automáticamente conforme la nave se mueve a través del agua.

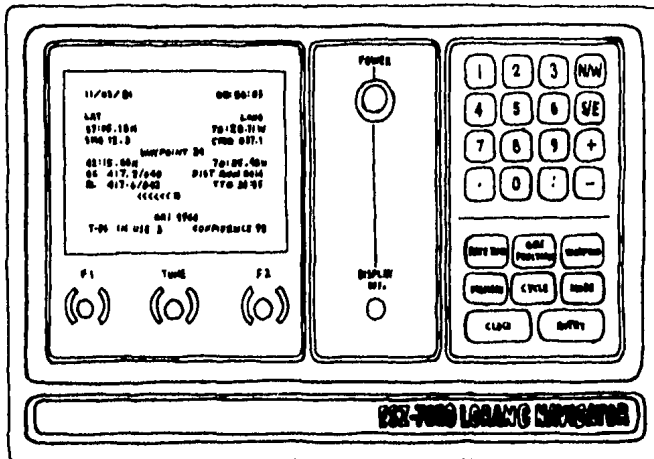
Otra alternativa que proporciona este equipo es que muestra la diferencia de tiempo para todas las líneas de posición Loran-C disponibles, mas la relación señal a ruido.

Otra información que se puede llevar a la pantalla es la corrección del factor de fase secundario e interferencias.

Cuando solamente dos LOP's son usados para el cálculo de la posición, cualquier error (por pequeño que sea) en cada una de las líneas puede causar un error grande en la posición. El ESZ-7000 utiliza todas las LOP's para mejorar la exactitud de la navegación y eliminar el problema común de los errores grandes de posición.

Este equipo puede almacenar hasta 25 puntos de la ruta en la memoria de la computadora y muestra automáticamente la ruta más directa a seguir. También indica las instrucciones de seguimiento a la izquierda o a la derecha para mantener el curso deseado y esto es mostrado en la pantalla con flechas que representan el número de grados a la derecha o izquierda del curso.

A continuación la Fig. 2.3.9 nos muestra al ESZ-7000. En esta figura se anexan datos técnicos de importancia.



Sensibilidad	: < 1 microvolt
Rango dinámico	: > 110 dB
Señal diferencial	: > 70dB para un error de fase < 0.1 microsegundos
Aceptador de antena	: circuito activo (salida de 90 ohms)
Resolución de la pantalla	: 0.01 minutos (latitud/longitud)
	: 0.1 microsegundos (dif. tiempo)
Salidas	: conexión para terminal remota
	: puerto RS-232 para impresora ó computadora
	: salida X-Y para graficador
Potencia de entrada (DC)	: 10-40 volts, 60 watts
Potencia de entrada (AC)	: 100-240 volts, 47-400 Hz
	: monofásico, 100 watts

Fig. 2.3.9 Receptor ESZ-7000 Loran-C Navigator

2.4 Decca

2.4.1 Resumen

Desarrollado durante la Segunda Guerra Mundial, este es un sistema de radionavegación de baja frecuencia, que brinda gran exactitud en distancias que van de corta a media.

El sistema es particularmente adecuado para costas o cercanías de puertos y tiene un importante papel en la pesca europea. Esto se debe a su exactitud (27 metros en buenas condiciones), con capacidad de "repeticion" para llevar al barco a un punto previamente señalado. Es tanta su importancia que todas las embarcaciones europeas, por pequeñas que sean, tienen equipo Decca.

Su cobertura se extiende desde Cabo Norte hasta el Estrecho de Gibraltar, y recientemente se estableció una nueva cadena, la cual proporciona ayuda navegacional a barcos de gran calado.

Para cada par de estaciones existe una red de hipérbolas posibles, o sea, tres redes para el sistema, las cuales se hallan impresas en colores diferentes (rojo, verde y azul) sobre una carta de navegación. Por otra parte, el aparato receptor a bordo tiene tres fasímetros, dispositivos que cuentan las veces en que las ondas de un par de estaciones se hallan en fase (es decir, llegan simultáneamente al aparato). Para hallar la posición del barco ó del avión basta entonces con leer las indicaciones de un fasímetro (el rojo, por ejemplo), y con buscar la curva del mismo número en la red roja de la carta. El piloto se halla en ese instante en un punto de dicha hipérbola y para determinarlo con precisión observa las indicaciones de otro fasímetro (por ejemplo, el de color verde) y busca la hipérbola correspondiente.

La posición exacta del avión ó del buque es determinada entonces por la intersección de la línea roja y verde indicadas por los fasímetros de dichos colores.

Un ejemplo de equipo típico que utiliza esta técnica de radionavegación es el modelo receptor MARK 21 de la compañía Decca Navigator Co. Ltd.

2.5 Transit

Introducción

Transit es un sistema de satélites diseñado para ser utilizado por la Marina de los Estados Unidos. Su primera prueba fue en 1959 y en 1967 fue dispuesto para uso civil.

Este sistema determina la posición de una nave en la Tierra por medio de las observaciones hechas por uno o varios satélites.

El sistema de navegación por medio de satélites puede emplear uno o cualquiera de los diferentes métodos de observación de los satélites. La dirección del satélite se determina por localizadores de dirección de radio o de la interferometría; la distancia se mide por el radar, y la velocidad se averigua midiendo el desplazamiento Doppler. Transit utiliza la determinación de la velocidad del buque.

Funcionamiento

El sistema emplea el desplazamiento de frecuencia Doppler que mide la magnitud de cambio de la longitud del haz de radio entre el satélite y la estación de observación. Para este fin se coloca en el satélite un transmisor estable. La magnitud de cambio de frecuencia de las ondas recibidas en la estación de observación es proporcional a la velocidad relativa del satélite con respecto a dicha estación. Si el observador está cerca del recorrido del satélite, habrá un cambio rápido de efecto Doppler positivo (a medida que se aproxima el satélite) o negativo (según se aleja el satélite). Si el observador está lejos, el cambio de positivo a negativo será más gradual (Fig. 2.5.1). Así es que analizando la

forma de la curva obtenida se determina la distancia a que se halla el observador del recorrido del satélite.

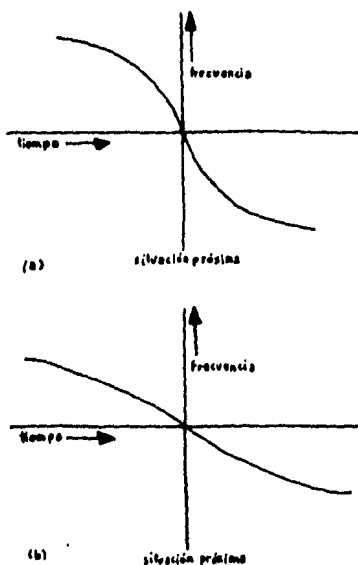


Fig. 2.5.1 Efecto del desplazamiento longitudinal del observador respecto al recorrido: (a) Observador cercano del recorrido, (b) Observador lejano del recorrido.

Para el satélite de Transit en órbita polar, la distancia que media hasta el recorrido proporciona la longitud al observador. La longitud se obtiene determinando el momento en que el desplazamiento Doppler se hace cero, esto es, cuando el satélite pasa por el punto más cercano al observador.

La posible ambigüedad de la determinación de la longitud (que hace posible averiguar si el satélite está al Este o al Oeste del observador) se resuelve por la rotación de la Tierra. El observador es alejado o acercado del satélite por nuestro planeta, y este movimiento es suficiente para resolver la ambigüedad.

Para determinar su posición, el observador debe conocer el recorrido del satélite. En la actualidad no es posible tanto, el observador debe emplear los datos más recientes que se tengan sobre la órbita del mismo. En Transit estos datos los transmite el propio satélite. Esto es seguido por una red de escucha que forma parte del conjunto del sistema. La última determinación de la órbita se computa y se transmite al satélite cada 12 horas. El satélite registra estos datos y los transmite regularmente para todos los que utilizan el sistema en forma de una modulación de

fase de la misma frecuencia que la empleada para generar el desplazamiento Doppler. Por consiguiente, al utilizar el sistema de navegación por medio de satélites se recibe conjuntamente el efecto Doppler y la descripción completa del recorrido del satélite.

El observador debe conocer también la hora correcta de Greenwich para determinar una posición definida de navegación. El satélite lleva un reloj regulado, ya que el oscilador transmisor debe ser muy estable a fin de que las variaciones de frecuencia solo puedan relacionarse con el desplazamiento Doppler. Cada 12 horas se hace una corrección horaria que se envía al satélite con los nuevos parámetros de la órbita con lo que se asegura la exactitud horaria. En la Fig. 2.5.2 se muestra el funcionamiento de todo el sistema.

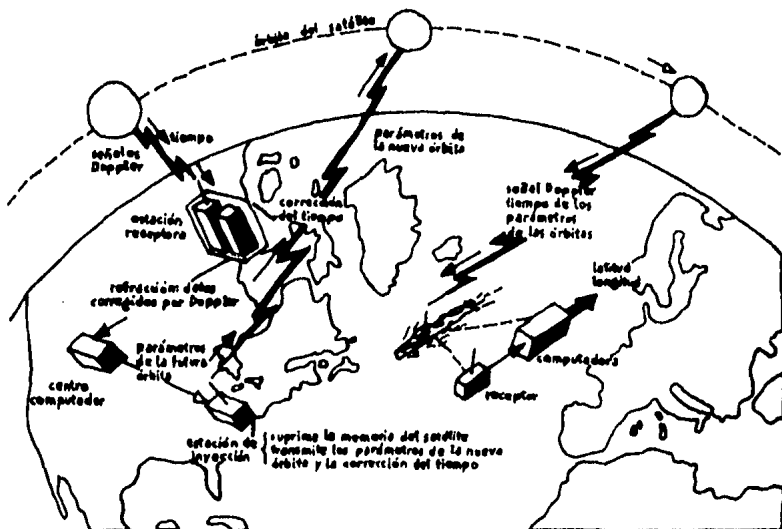


Fig. 2.5.2 Concepto operacional del sistema TRANSIT

La frecuencia empleada es lo suficientemente elevada para que la ionósfera ejerza una influencia mínima, pero existe cierto efecto de refracción que exige una corrección adecuada para lograr la máxima exactitud. La corrección es posible transmitiendo desde el satélite una segunda frecuencia armónicamente relacionada con la frecuencia primaria. El efecto de refracción es función de la frecuencia y, por lo tanto, la refracción de la segunda frecuencia será distinta de la correspondiente a la primaria. La comparación entre ambas refracciones permite medir exactamente la refracción verdadera y corregirla (Fig. 2.5.3).

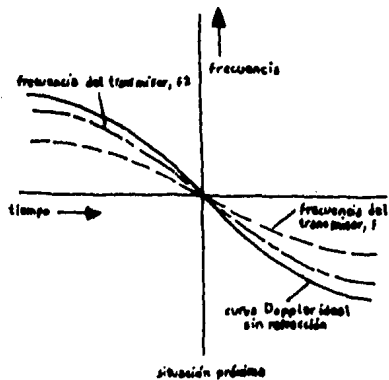


Fig. 2.5.3 Efecto de la retrocedida.

Hacia 1973, el sistema Transit consistía de 5 satélites con órbitas cuasi-polares, colocados aproximadamente a una altura de 1,100 Km sobre el nivel del mar. Cada satélite completa 13 1/2 órbitas por día.

La compañía americana Magnavox introdujo al mercado su receptor MX1102 en 1976, que incluye un microprocesador digital de gran escala (LSI). Este receptor detecta las señales transmitidas por cada satélite, que emite simultáneamente una señal a 400 MHz y otra a 150 MHz (exactamente, estas cifras son 399.968 MHz y 149.988 MHz, siendo múltiplos de 49.996 KHz).

2.6 Navstar

2.6.1 Introducción

Hace más de diez años, un grupo de personas daba los toques finales a un plan que revolucionaría el arte y la ciencia de la navegación. Las personas eran miembros de un nuevo programa oficial destinado a desarrollar el sistema de Posicionamiento Global (SPG) Navstar para satisfacer las necesidades de todos los elementos del Departamento de Defensa de los E.U.: Air Force, Army y Navy.

El hecho de planear al Navstar se debía a que el sistema de Navegación por satélite de la Marina mejor conocido como Transit (visto en la sección anterior) había proporcionado servicios ultra-confiables a las fuerzas submarinas de la marina por casi una década y había encontrado un alto incremento de su uso por parte de las comunidades civiles domésticas e internacional. El éxito de Transit estimuló tanto a la Marina como a la Fuerza Aérea para investigar versiones más avanzadas de un sistema de

navegación de gran capacidad. La Marina creó un programa denominado "Timation"; la Fuerza Aérea formó otro, el "Programa 621 B".

A pesar de que estos programas tuvieron algunos méritos, presentaron ciertas fallas en su capacidad para satisfacer los requerimientos de todo el Departamento de Defensa. Timation era un sistema esencialmente bidimensional y carecía de la habilidad para proporcionar una posición continua actualizada en vehículos aéreos. Esto era lógico debido a que Timation era un sistema para uso primario de naves (barcos) y submarinos. El Programa 621 B tendría capacidad de alta dinámica (obtención de una posición continua actualizada), pero el diseño básico del sistema requeriría, por lo menos, de cuatro constelaciones de satélites, cada una con su estación terrena de control respectiva para una cobertura global. La necesidad de establecer varias estaciones terrenas de control, dos de ellas localizadas fuera de los E.U., no fue aceptable desde un punto de vista de sobrevivencia.

Debido a estas fallas y reconociendo los Estados Unidos el hecho de no poder desarrollar y operar esos dos sistemas, la Secretaría de la Defensa ordenó que un programa oficial fuera establecido. La Fuerza Aérea fue designada para desarrollar, probar, adquirir y desplegar un solo sistema que pudiera satisfacer las necesidades de la navegación y del posicionamiento en la Defensa.

Fue así que nació el Sistema de Posicionamiento Global Navstar. De hecho, el grupo de diseño del sistema resultante consistió de los mejores elementos de Timation y del Programa 621 B. El éxito del sistema dependió mucho de la disponibilidad de varias tecnologías, mismas que se mencionan a continuación.

Confiabilidad del Sistema Espacial

Para 1973 la disponibilidad de satélites altamente confiables estaba demostrada. El programa espacial de los Estados Unidos estaba en pleno apogeo y los avances tecnológicos y de ingeniería eran frecuentes. Uno de los programas que tuvo una influencia directa sobre el SPG Navstar fue el sistema de navegación por satélite para la Marina, Transit, mencionado anteriormente.

Tecnología del Reloj Atómico Ultraestable

Con el desarrollo de los relojes atómicos, llegó una nueva era en la precisión y en la transferencia del tiempo. Para 1973 estas frecuencias estándar precisas no se habían probado aún en el espacio; se pensaba que la clave estaba en el SPG. Mientras el Programa 621 B de la Fuerza Aérea confiaba en el sistema de tiempo en y entre las estaciones terrenas, en el cual los satélites simplemente actuaban como transponders, el SPG Navstar proponía a cada satélite para generar y mantener dichas señales a bordo de ellos. Por lo tanto, el desarrollo de una frecuencia atómica estándar que fuera ultraestable, disponible y eficaz en el espacio fue uno de los objetivos primordiales del programa SPG.

El desarrollo de estos relojes se llevó a cabo en tres fases. Primero, las frecuencias estándar del Rubidio fueron utilizadas en forma exclusiva en los satélites iniciales del SPG, debido al tamaño y a la dureza de dicho elemento (Rb). Paralelamente se empezó a trabajar al Cesio estándar, más estable que el Rubidio. Finalmente después de probar ambos elementos a bordo de los satélites SPG más recientes, la tercera fase en el desarrollo de los relojes involucraba al Cesio estándar para utilizarlo en los satélites operacionales.

Para darnos una idea de la exactitud de estos relojes diríamos que se tomarían 300,000 años para que acumularan un error de un segundo. Este logro es una de las claves de la operación del SPG, debido a que permite la generación y transmisión sincronizada, autónoma, de las señales de tiempo y navegación a bordo de cada satélite SPG, sin la necesidad del control continuo desde la tierra.

Tecnología del Oscilador de Cristal de Cuarzo

El oscilador de cristal de cuarzo, similar a aquellos utilizados en los modernos relojes digitales, está muy relacionado con la frecuencia estándar atómica del SPG y al equipo del usuario que recibe y procesa las señales de tiempo y navegación del satélite. Estos dispositivos -los cristales- poseen una excelente estabilidad, y combinados con una frecuencia estándar atómica, proporcionan una referencia de tiempo extremadamente precisa la cual puede ser utilizada para lograr posiciones exactas en el SPG.

El equipo del usuario calcula la distancia a uno o mas satélites SPG midiendo el lapso de tiempo desde la transmisión hasta la recepción de las señales del satélite. Por supuesto, para llevar a cabo esta medición, el equipo del usuario debe tener conocimiento del tiempo común SPG (es decir, la referencia de tiempo a la cual son sincronizadas todas las transmisiones de los satélites SPG). Sin embargo, el usuario requeriría -para mantener una referencia de tiempo preciso- un estándar atómico, lo que es excesivamente caro. En lugar de ello, el SPG propone, para realizar mediciones hacia los satélites, un sistema de tiempo estimativo denominado de "pseudo-alcance". El equipo del usuario puede obtener una posición fija basado en mediciones de pseudo-alcance con al menos tres satélites SPG dispersados geoméricamente. Sin embargo, la solución tendrá un error, dependiendo de la diferencia entre el tiempo considerado por el reloj del equipo del usuario. Para corregir este error, se aplica el sistema de pseudo-alcance a un cuarto satélite y el resultado se aplica a la solución obtenida anteriormente con los tres satélites para calcular con precisión el error del reloj del equipo del usuario y hacer las correcciones necesarias. Como en este proceso se completa una serie de posiciones fijas, el equipo del usuario realmente resuelve para una posición en tres dimensiones y para el sistema de tiempo del SPG.

Rastreo y Predicción de Posición (Efemerides) de los Satélites

Otra de las tecnologías que habían madurado para 1973 y que hicieron posible la realización del SPG fueron la de rastreo y efemerides de los satélites. La operación exitosa del SPG depende en gran parte del poder predecir la posición precisa del satélite, así como el hecho de poder mantener la sincronización del tiempo. De hecho, estos son los dos elementos fundamentales en la transmisión de datos de los satélites SPG de los cuales el equipo del usuario mide su distancia al satélite y calcula una posición fija.

Tecnología de Circuitos Integrados a Gran Escala

La llegada de los circuitos integrados fue un acontecimiento muy importante para lograr la realización del SPG. Se requirió de un equipo para uso militar de bajo costo, confiable y con un mínimo de mantenimiento. El SPG se valió de los circuitos integrados a gran escala para llevar a cabo esta tarea. Era una meta ambiciosa: se trataba de construir un receptor SPG portátil de aproximadamente 5.5 Kgs. de peso, incluyendo las baterías. Ahora parece que esta meta es realizable y que los mismos módulos serán usados por todas las familias de receptores, logrando de esta forma una economía a gran escala.

2.6.2 Concepto de Operación

La Fig. 2.6.1 muestra el concepto de la operación del SPG que consiste de tres secciones: espacio, control terrestre y equipo de usuario.

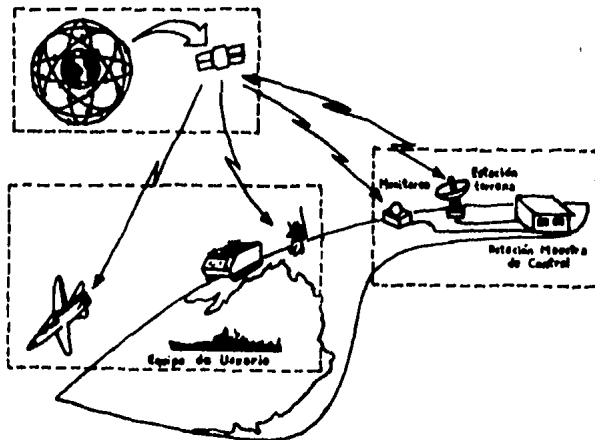


Fig. 2.6.1 Concepto operacional del SPG NAVSTAR

Espacio

El SPG Navstar consistirá de 18 satélites primarios desplegados en 6 planos orbitales. Además de estos 18 satélites, habrá 3 de reserva para asegurar un alto grado de disponibilidad del sistema.

La Fuerza Aérea ha anunciado la inversión de 1.7 billones de dólares para la producción de 28 satélites SPG Navstar. Los primeros cuatro serán entregados en 1986; ocho mas en 1987; nueve en 1988; los siete restantes en 1989. El lanzamiento de estos satélites será a bordo del Shuttle reemplazando así a los cohetes Atlas que son empleados actualmente para poner en órbita a los Navstar's.

Los 18 satélites serán igualmente espaciados 60 grados en longitud e inclinados con respecto al Ecuador, 55 grados. Tres satélites serán desplegados en cada uno de los planos orbitales con 120 grados entre ellos en un plano. La fase entre satélites desde un plano a otro será de 40 grados, esto es, un satélite en un plano tendrá a otro 40 grados "adelante" o al norte de él, en el plano directamente al Este, como se dibuja en la Fig. 2.6.2.

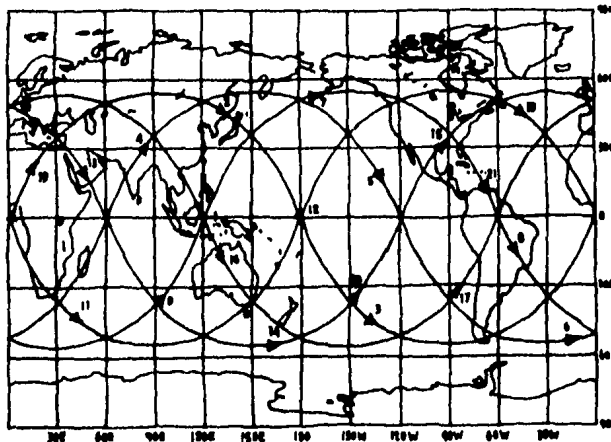


Fig. 2.6.2 Despliegue de los satélites NAVSTAR

La Tabla 2.6.1 da los valores de la órbita de referencia para el despliegue de los satélites Navstar, incluyendo los de reserva que podrán ser colocados en cualquier plano orbital para proporcionar ayuda rápida en caso de falla de uno de los satélites primarios. Todos los satélites serán colocados en órbitas circulares a 20,183 Km de altura.

TABLA 2.6.1
Parámetros de la Órbita de Referencia
Despliegue de los Satélites Navstar

Número de satélite	Plano orbital	Longitud del nodo ascendente	Ascensión recta del nodo ascendente
1	1	0,180	30
2	1	240, 60	30
3	1	300,120	30
4	2	260, 80	90
5	2	320,140	90
6	2	20,200	90
7	3	340,160	150
8	3	40,220	150
9	3	100,280	150
10	4	60,240	210
11	4	120,300	210
12	4	180, 0	210
13	5	140,230	270
14	5	200, 20	270
15	5	80,260	270
16	6	220, 40	330
17	6	280,100	330
18	6	160,340	330
Reservas			
19	1	95, 15	30
20	5	215, 35	270
21	3	25,105	150

Nota: tanto la longitud como la ascensión recta del nodo ascendente tienen como unidades, grados.

De esta forma cada satélite completa exactamente dos órbitas mientras la Tierra gira una revolución completa sobre su eje, causando que el satélite pase sobre el mismo lugar una vez cada día. Lo verdaderamente importante de esta característica del sistema, es permitir que cada satélite sea visto por una sola estación de control por lo menos una vez al día, eliminando la necesidad de utilizar estaciones fuera del control directo de los Estados Unidos.

Entre 1984 y el periodo 1986-1988, el SPG operará en forma limitada utilizando los satélites del llamado "Bloque I" (prototipos que fueron desarrollados durante las primeras fases del programa). Los primeros cuatro satélites del Bloque I diseñados para una vida de 5 años fueron lanzados en 1978, dos más lo fueron en 1980 y otro fue lanzado el 15 de Julio de 1983. De estos, seis todavía están en operación a pesar de que uno de ellos opera con un oscilador de cristal de cuarzo en lugar de utilizar una frecuencia estándar atómica, que es más estable.

Estructura de la Señal

Cada satélite Navstar transmite señales de navegación en dos frecuencias, 1575.42 y 1227.6 MHz. Sobre estas frecuencias pueden ir dos tipos de señales codificadas: una señal de precisión (P) y una señal (C/A) que tiene el doble de potencia de P. La frecuencia de 1575.42 MHz, denominada L1, contiene tanto a la señal P como a la señal C/A; la frecuencia de 1227.6 MHz (L2) contiene solo a una de las dos. Sobre los códigos van las señales de tiempo y efemérides de los satélites.

La recepción ya sea de una o ambas frecuencias permite a los usuarios navegar mediante la determinación de la distancia (alcance) y velocidad con respecto a los satélites. La información sobre la localización del satélite y la velocidad relativa a coordenadas fijas es posible gracias a las mismas transmisiones. La banda S en el enlace de subida (1783.74 MHz) y en el de bajada (2227.5 MHz) entre el sistema de control y los satélites maneja información actualizada y datos únicamente en la red doméstica (local).

Durante el día, la radiación solar produce un cinturón de partículas ionizadas en la capa ionosférica; va desde 64 hasta 482 kilómetros aproximadamente sobre la superficie de la Tierra. Las señales que atraviesan esta región son refractadas, lo que produce un retraso mayor que el normal. Esto se traduce en errores de alcance que conducen a errores de posicionamiento. Para corregir el error debido a efectos ionosféricos los satélites radian simultáneamente una frecuencia L2. Esto produce una correlación automática del error de alcance inducido por la ionósfera.

Para determinar posición y tiempo se necesita la transmisión de cuatro satélites. El sistema depende de un parámetro denominado Precisión de Posición Diluida (PPD). Un buen PPD para un conjunto de cuatro satélites indica que presentan una buena geometría. Se entiende por un "buen" PPD aquel valor que se encuentra entre dos y cuatro. Un parámetro que nos da una idea de que tan exacta es la posición de una nave proporcionada por el sistema Navstar es el valor cuadrático medio (RMS: Root Mean Square) del error de posición tridimensional. Nos indica que tan lejos está la nave con respecto a la posición que nos proporciona el SPG. Por ende, este valor debe ser pequeño. Se obtiene al multiplicar el valor RMS del error de alcance por el PPD.

El pseudoalcance y la tasa de pseudoalcance se miden desde cada uno de los cuatro satélites seleccionados utilizando la señal de navegación. El pseudoalcance es la distancia real entre el satélite y el usuario mas una compensación debida al error del reloj del usuario (user's clock bias). La tasa de pseudoalcance es la variación real de la distancia mas un factor para compensar la frecuencia del reloj. Como cada señal transporta datos de efemérides e información del tiempo del sistema -lo cual sirve para obtener las tres componentes de posición (ó velocidad) y el tiempo de usuario- el procesador receptor puede convertir al

pseudoalcance y a la tasa de pseudoalcance en lecturas de posición y velocidad tridimensional, utilizando las cuatro mediciones.

Para medir la distancia entre usuario y satélites (alcance), cada satélite transmite "tic tacs (time ticks)" denotando el tiempo de transmisión. Los usuarios pueden entonces calcular el alcance multiplicando la velocidad de la luz por el tiempo de retraso entre transmisión y recepción. Para hacer posible la medición del SPG, tanto transmisor como relojes de usuario deben estar sincronizados. Los tiempos de transmisión de la señal de cada satélite se convierten en distancias (pseudoalcance) para definir la posición del usuario. Si el transmisor y los relojes no están sincronizados, el error de alcance calculado es proporcional al error de tiempo de usuario.

El SPG proporciona dos tipos de servicio de navegación: el Servicio de Posicionamiento Preciso (SPP) y el Servicio de Posicionamiento Estándar (SPE). El SPP es más sofisticado, puede proporcionar posiciones con una exactitud de 15 metros PEE (Posible Error Esférico), 18.1 metros (2 dRMS) horizontalmente y 29.7 metros (2 sigma) verticalmente; una exactitud en velocidad de 0.1 metros/segundo en cada una de las tres dimensiones; y una exactitud en tiempo de 100 nanosegundos. El SPP está destinado principalmente al uso de la milicia de los E.U. y de sus aliados. El acceso será controlado por dispositivos criptográficos (criptografía = escritura secreta). El SPE tendrá una aplicación civil. Proporciona una exactitud de 100 metros (2 dRMS) horizontalmente y 162 metros (2 sigma) verticalmente, pero puede ser mejorada. El acceso será controlado por un dispositivo de carga del usuario.

Debido a que Navstar será utilizado por miles de personas, la confiabilidad ha sido un factor clave en su diseño, despliegue y operación. También fue un elemento importante en el análisis exhaustivo del sistema que resultó en la elección de una altitud de 18,000 Km aproximadamente, seis planos orbitales, 55 grados de inclinación, 3 satélites en cada plano, despliegue -en órbita- en fase, y una estrategia de reaprovisionamiento (3 satélites de reserva). El equipo de usuario está siendo diseñado de tal forma que pueda comunicarse automáticamente con los satélites Navstar y se produzca una localización exacta de posición y velocidad. La pantalla de los usuarios ayuda a interpretar la exactitud relativa de los datos.

La mayoría de los usuarios disfrutarán en forma continua de los servicios del sistema Navstar. Sin embargo, en algunos lugares, durante periodos cortos de tiempo (aproximadamente de 5 a 30 minutos) los usuarios verán reducida la exactitud del sistema cuando solo dependan de él para determinar posición o velocidad. Esto no se debe ver como un problema grave ya que información para determinar posición ó velocidad se puede obtener de algún sistema inercial. En la Fig. 2.6.3 se observa la cobertura del SPG incluyendo las interrupciones que sufre en ciertas zonas.

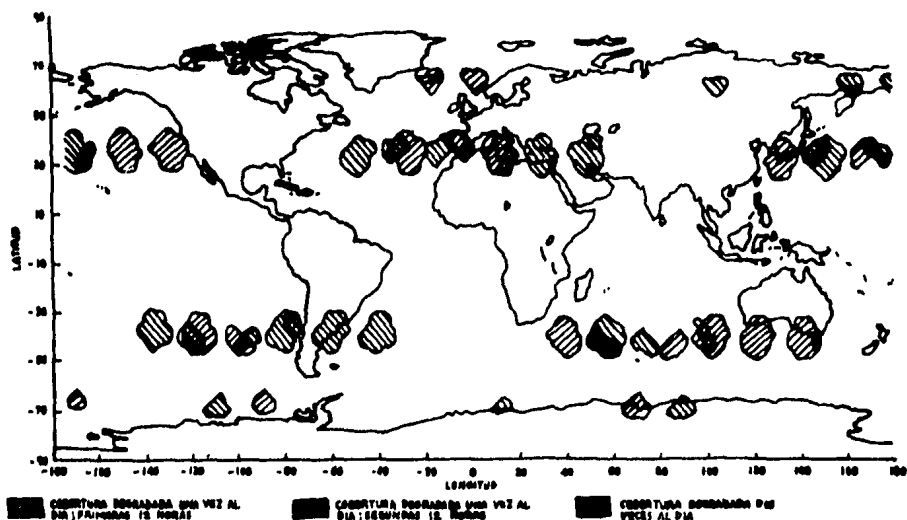


Fig.2.6.3 Cobertura tridimensional del GPS NAVSTAR en un periodo de 24 horas

La degradación del funcionamiento del sistema ocurre cuando la geometría de los cuatro o más satélites en vista no es lo suficientemente buena para proporcionar una solución exacta. Cuando el PPD excede de 6, quiere decir que el funcionamiento del sistema está degradado. Nunca ocurrirá más de dos veces al día y solo será en algunas áreas. Durante un periodo el PPD variará entre 15 y 20, y durante el segundo, se irá a un valor más grande. Esto se puede observar en la Fig. 2.6.4. De una a tres áreas del mundo experimentarán degradación del funcionamiento del sistema en cualquier momento. Ningún otro periodo de degradación podrá ocurrir en algún lugar hasta haber transcurrido un lapso de tiempo múltiplo de 40 minutos.

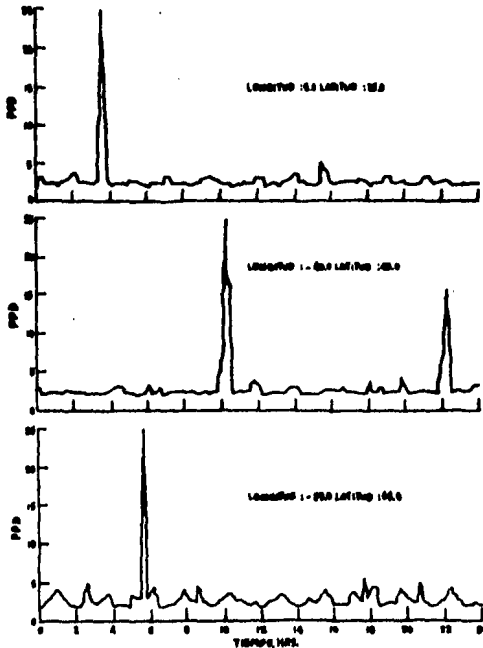


Fig. 2.6.4 Degradación del sistema en tres lugares diferentes

Mejoramiento del Sistema

Los periodos de degradación del funcionamiento del sistema pueden disminuirse con el uso de un altímetro, de un sistema de navegación inercial ó de un reloj de alta calidad; otra manera sería conocer una de las coordenadas.

Aumentando el número de satélites a 24 se eliminaría la degradación del funcionamiento del sistema para un ángulo de desvanecimiento (ángulo del horizonte al satélite) de 5 grados. Se están haciendo estudios de configuraciones que puedan disminuir los periodos de degradación para ángulos de desvanecimiento hasta de 15 grados sin incrementar el número de satélites.

El sistema del usuario SPG consistirá de un subsistema de antenas para recibir señales, y un receptor para rastrearlas, decodificarlas y procesar soluciones de navegación. Opcionalmente se pueden agregar una pantalla de control y un alimentador de datos.

El receptor es el corazón del sistema. Toma la señal del satélite, la procesa, lleva a cabo la conversión de coordenadas y del área de navegación, e interactúa con el vehículo.

Para reducir los costos del subsistema, las tarjetas del circuito han sido modularizadas de tal forma que diferentes combinaciones de ellas forman configuraciones diversas. De las 27 tarjetas que constituyen al circuito receptor del SPG, 17 se utilizan en tres o mas aplicaciones y 22 en dos o mas. Solo cinco de ellas tienen una aplicación en particular.

El concepto de la arquitectura del sistema se extiende hasta el software del receptor SPG. Cada una de sus funciones se lleva a cabo por un módulo de software, con entradas y salidas estándar combinadas de tal forma que se obtengan las funciones deseadas.

Control

El segmento de control operacional del SPG Navstar lleva a cabo las funciones de rastreo, computación, actualización y control, necesarias para manejar a los satélites del sistema. Esto involucra varias Estaciones de Monitoreo (nominalmente cinco), una Estación Maestra de Control y tres Estaciones de Subida. Las Estaciones de Monitoreo emplean receptores SPG extremadamente estables para aceptar datos de navegación transmitidos desde cada uno de los satélites SPG que pasan por "encima" de dichas estaciones. Esta información es transmitida a la Estación Maestra de Control donde se realizan predicciones precisas de posición de satélites y compensaciones de tiempo.

La Estación Maestra de Control ubicada en Colorado Springs, CO, Junto con el Centro Consolidado de Operaciones Espaciales (CCOE), procesará los datos recibidos de todas las Estaciones Monitor para determinar, en cada uno de los satélites del sistema, los siguientes parámetros: predicción de posición y verificación (compensación) del reloj. Estos datos serán luego utilizados para generar mensajes de subida (ó comandos) en cada satélite y de esta forma, corregir los mensajes de navegación de los satélites que describen los parámetros antes mencionados a los usuarios. Estos mensajes son enviados a cada Estación de Subida apropiada para subsecuente transmisión a los satélites. De esta manera, a cada satélite en el sistema se le proporcionan datos "frescos" del tiempo y la navegación, por lo menos una vez al día, para mantener a todo el sistema en condiciones de operación óptimas.

2.6.3 Equipo de Usuario

Existen cuatro tipos básicos de Equipo de Usuario desarrollados por el Departamento de Defensa y al menos otras tres versiones desarrolladas por las Agencias de Gobierno o independientemente por la industria privada. En los principios de la Fase I del programa, fue diseñada una unidad de "bajo costo", la cual era sustituida en cuanto se podía. Un ejemplo de los cambios que sufrió esta unidad fue el uso del código P. Se trató de operar este equipo de inmediato utilizando 9 satélites pero solo

proporcionaba una cobertura global en dos dimensiones. Desafortunadamente el despliegue de estas unidades fue desechado debido a que la mayoría de los usuarios potenciales de la Defensa querían esperar a equipos más sofisticados y a que el sistema estuviera completo. La unidad logró adelantos a través del programa de prueba y demostró ser considerablemente más exacta de lo que se esperaba. Debido a que esta unidad utilizaba código C/A en lugar del P (el cual es 10 veces más preciso), proporcionaba aproximaciones en la posición de alrededor de 100 metros. Para sorpresa de muchos en la actualidad, la unidad mencionada funciona también como sus contrincantes más sofisticados y proporciona aproximaciones en el rango de los 20-30 metros.

El siguiente tipo de receptor fue la versión código P en uno ó dos canales. Esta implementación redujo nuevamente el costo, minimizando el número de módulos que se requerían mientras funcionaba con el código C/A. El concepto involucró rápidamente las mediciones de pseudoalcance hacia cuatro satélites utilizando un solo canal. El segundo canal podía ser usado para recibir información adicional de satélites que reemplazarán a aquellos fuera de vista, y llevar a cabo la calibración necesaria para obtener máxima exactitud. Esta calibración -lograda con el método de las dos frecuencias- se debe efectuar debido a que existen retrasos en la propagación por efectos ionosféricos.

Las unidades más sofisticadas emplean cuatro canales para realizar mediciones de pseudoalcance continuas hacia 4 satélites, y un quinto canal para facilitar la adquisición de nuevos satélites y lleva a cabo la calibración ionosférica. Ambas unidades, la secuencial y la continua, pueden ser ayudadas por entradas externas como por ejemplo, un altímetro digital (para eliminar una de las incógnitas en la solución de la posición tridimensional) ó un reloj preciso sincronizado con el tiempo SPG para eliminar el error en el Equipo del Usuario -en cuanto a tiempo se refiere por supuesto-. Las unidades pueden ser también ayudadas por integración con dispositivos inerciales mejorando de esta forma el funcionamiento total del sistema, particularmente cuando se presentan simultáneamente una gran cantidad de señales para ser procesadas.

Quizá la versión más interesante del Equipo de Usuario que está desarrollando el Departamento de Defensa, es la unidad de paquete individual. Durante la Fase I, dos diseños lograron proximidades del orden de los 15-20 metros en cualquier parte del mundo donde 3 ó 4 satélites disponibles estén en vista. Esto lo hicieron en paquetes que pesan menos de 14 Kgs., incluyendo baterías, que podían ser transportadas en armazones estándar. El último dispositivo, de 5.5 Kgs., establecido en las postrimerías de 1973, definitivamente parece factible. De hecho, un nuevo programa está siendo iniciado por la Agencia de Proyectos de la Investigación Avanzada de la Defensa para desarrollar un receptor SPG de bolsillo.

Una unidad digna de mencionarse es la SPG ofrecida comercialmente a principios de 1983 por la Compañía Texas Instruments.

El costo del equipo utilizado en el sistema predecesor del SPG Navstar, el 621B, andaba por los 5,000 dólares para un receptor de baja capacidad y se elevaba hasta 250,000 dólares para un receptor de alta capacidad utilizado en vehículos de desplazamiento rápido (principalmente aviones de caza). La esperanza era entonces producir receptores en cantidades industriales para usuarios civiles a un costo de 1,000 a 2,000 dólares por conjunto.

El costo estimado para el equipo del sistema SPG Navstar anda entre 5,000 y 45,000 dólares para usuarios militares. Durante el programa Transit el costo de un receptor bajó de 27,000 a 2,000 dólares en 10 años. Podríamos observar una reducción similar para el equipo de usuario del SPG. Para reducir costos, la Rockwell International y Magnavox están diseñando familias de componentes y subsistemas modulares que se pueden combinar para formar conjuntos adecuados para cada tipo de aplicación.

El Congreso de los E.U. estipuló que el SPG estuviera disponible tanto a usuarios del Gobierno como civiles a un costo de 3,700 dólares anuales para el SPP y 370 dólares -también anuales- para el SPE. Sin embargo, después de que los soviéticos derribaron al vuelo 007 de la Korean Airlines, la Casa Blanca apremió a las autoridades correspondientes para que el SPG estuviera a disposición de la comunidad aérea civil sin renta alguna para prevenir errores navegacionales y posibles tragedias.

CAPITULO III
CONCEPTOS DE SATELITES
Y
ESTACIONES TERRENAS

3.1 Introducción

Debido a que en los siguientes capítulos se hablará de las comunicaciones marítimas por satélite, es necesario tener una idea general de como está constituido un satélite y su funcionamiento.

También es preciso conocer como está formada una estación terrena, dado que en comunicaciones marítimas por satélite se utilizan dos tipos de estaciones : costeras y de nave.

3.2 Satélites de Comunicación

Desde el punto de vista del usuario, un satélite artificial es simplemente un vehículo espacial con carga útil para comunicaciones. Esta carga útil contiene un grupo de repetidores o transpondedores, que definen la capacidad del satélite para manejar varias señales y tipos de servicio simultáneamente. Por esto es que el número de repetidores y su potencia de salida son de suma importancia, conociendo sus restricciones operacionales.

Para resumir los parámetros más importantes de algunos vehículos espaciales (satélites) de interés, a continuación se muestra una lista de algunos satélites con sus características más relevantes.

Satélite Westar

Tipo de estabilización.	Rotación
Peso antes del lanzamiento.	632 Kg.
Peso inicial en la órbita.	341 Kg.
Potencia inicial.	350 Watts.
Potencia final.	295 Watts.
Vida útil.	7 años.
Cohete lanzador.	Thor-Delta
Fabricante.	Hughes Aircraft Co.

Satélite Marisat

Tipo de estabilización.	Rotación
Peso antes del lanzamiento.	654.6 Kg.
Peso inicial en la órbita.	326.2 Kg.
Altura (excluyendo la parte de la antena).	1.63 m.
Altura (incluyendo la parte de la antena).	3.81 m.
Diámetro.	2.16 m.
Velocidad de giro.	100 RPM
Vida útil.	5 años.
Cohete lanzador.	Delta 2914.
Fabricante.	Ford Aerospace & Communications Cor.

Satélite Intelsat V	
Tipo de estabilización.	3 ejes
Peso antes del lanzamiento.	1 800 Kg.
Altura.	6.44 m.
Cuerpo principal.	1.66 X 2.01 X 1.77 m.
Dimensiones del arreglo solar (punta a punta).	15.59 m.
Vida útil.	7 años.
Cohete lanzador.	Atlas/Centaur
Fabricante.	Hughes Aircraft Co.

Técnicas de Estabilización.

a) Estabilización por Giro.

En este método de estabilización, el satélite gira alrededor de su eje, en el cual el momento de inercia es máximo, así que el eje se mantiene constante. En la Fig. 3.2.1 se muestran algunos ejemplos típicos. El método de la Fig. 3.2.1 (a) es llamado de giro simple, ya que el cuerpo entero, incluyendo la antena, siempre están girando en el mismo sentido y con la misma velocidad. Por lo tanto el patrón de la antena para este tipo de satélite debe ser omnidireccional alrededor del eje de giro.

En la Fig. 3.2.1 (b), se muestra el tipo llamado de giro doble, en el cual la antena es capaz de estar apuntando hacia la tierra debido a que dicha antena gira a la misma velocidad que el cuerpo del satélite pero en dirección opuesta. Para este tipo, hay un sistema de desgiro eléctrico que conmuta la red de alimentación a los elementos de la antena y un tipo de desgiro mecánico que desgiro la antena; en este caso los transpondedores están montados en el cuerpo giratorio y están conectados a la antena a través de una Junta rotatoria de RF. En la Fig. 3.2.1 (b2) se muestra el otro tipo de satélite de giro doble, el cual es llamado BAPTA (ensamble de transferencia de energía y orientación).

En el tipo de plataforma desgiratoria, la plataforma gira alrededor del eje en el cual el momento de inercia es mínimo.

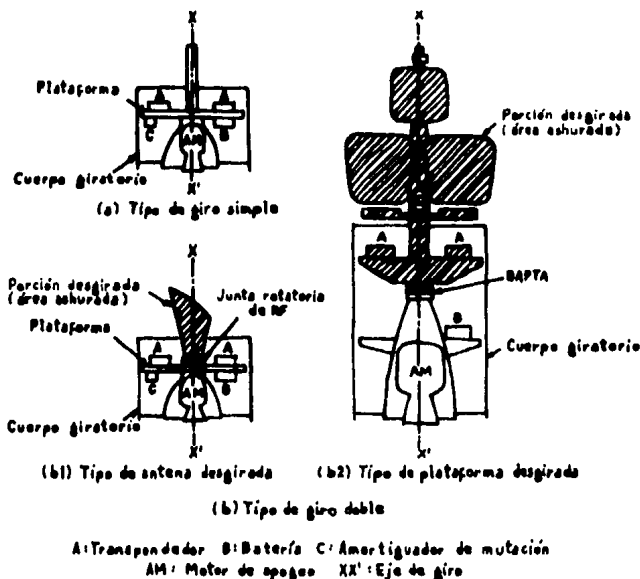


Fig. 3.2.1 Ejemplos típicos de estabilización por giro

b) Estabilización por Tres Ejes

En este método, la orientación del satélite es mantenida por el control de cada uno de los tres ejes ortogonales del satélite independientemente, para compensar su par de perturbación respectivo. Las direcciones de los tres ejes son el normal al plano de la órbita por el eje de inclinación, en la dirección del movimiento del satélite por el eje de rodamiento, y en la dirección al centro de la tierra por el eje vertical. En la Fig. 3.2.2 se muestran ejemplos de estabilización por tres ejes. El primero es llamado tipo de momento de inclinación, en el cual el eje (vertical) es conservado por el hecho de que el eje de alta velocidad de giro está fijo en el espacio, y los ejes son controlados por empuje y par magnético. El último es un tipo de momento cero en el cual los pares de reacción generados por cambiar la velocidad de rotación del giro son usados para control. En este tipo, la velocidad de rotación de giro puede alcanzar su límite mientras el satélite viaja a lo largo de la órbita.

Un satélite estabilizado por los tres ejes tiene la capacidad de generar alta potencia eléctrica, estabilidad de orientación alta y brinda alta libertad para montar equipo de gran tamaño. Este tipo de estabilización es requerido para satélites de comunicación de gran tamaño; la desventaja que tienen es la complejidad de sus subsistemas para el control de orientación, propulsión y control térmico.

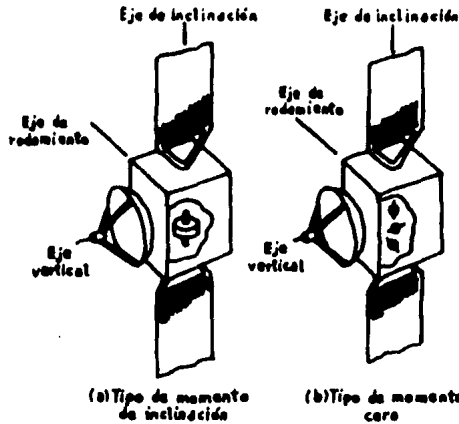


Fig.3.2.2 Ejemplos típicos de estabilización por tres ejes

Subsistemas de un Satélite

Para realizar su tarea de transmitir señales, los satélites necesitan de los siguientes subsistemas:

- 1.- Un subsistema de antena para recibir y transmitir la señal.
- 2.- Uno o varios transpondedores que contienen la electrónica para recibir las señales, amplificarlas y cambiar su frecuencia, y retransmitirlas.
- 3.- Un subsistema generador de potencia para crear la potencia de operación del satélite.
- 4.- Un subsistema de acondicionamiento de potencia para convertir la potencia generada a la forma requerida por la electrónica.
- 5.- Un subsistema de comando y telemetría para transmitir datos acerca del satélite a tierra y recibir comandos desde la tierra.
- 6.- Un subsistema de propulsión o empuje para hacer ajustes a la posición orbital del satélite y su orientación.
- 7.- Un subsistema estabilizador para mantener la antena del satélite apuntando en la dirección correcta.

En la Fig 3.2.3 se ilustran estos subsistemas y a continuación se describe cada uno de ellos.

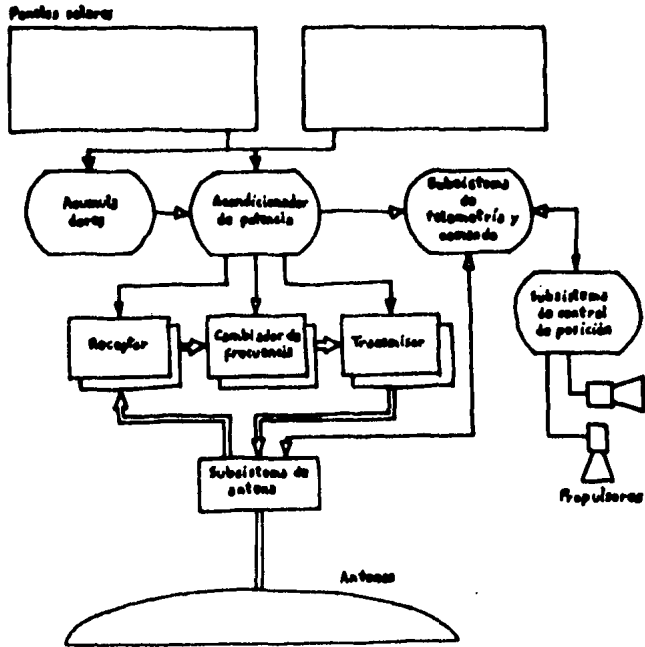


Fig. 3.2.3 Subsistemas de un satélite

Subsistema de Antena

Para propósitos de comunicación, por ejemplo, el satélite INTELSAT V tiene 7 antenas, como se muestra en la Fig. 3.2.4. En estas antenas se incluye una antena de 6 GHz y una de 4 GHz (antena de haz Hemisferial/zonal) una de 6 GHz y una de 4 GHz (antena de haz global), una Este y una Oeste (antena de haz puntual) de 14/11 GHz, y una antena de faro de 11 GHz. Con estas antenas la zona de cobertura es como se muestra en la Fig. 3.2.5.

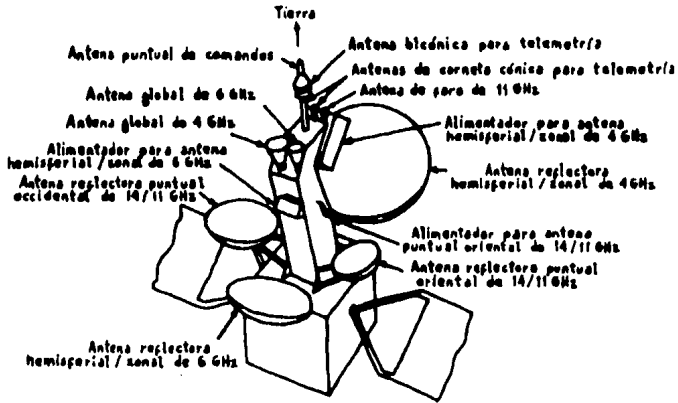


Fig. 3.2.4 Arreglo de las antenas del satélite INTELSAT V

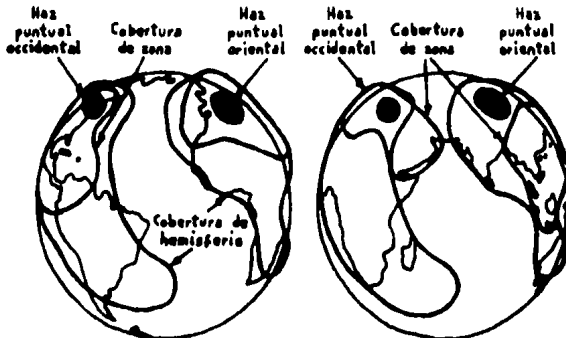


Fig. 3.2.5 Areas de cobertura del satélite INTELSAT V

En el momento del lanzamiento, todas las antenas excepto la antena de zona Este² (14/11 GHz) están plegadas y son desplegadas cuando el satélite se encuentra en órbita geostacionaria. En la Tabla 3.2.1 se muestran las características de las antenas.

Tabla 3.2.1

Antena	Cobertura (o ancho de haz)	Frecuencia (MHz)	Máxima elipticidad de Polarización (dB)	Ganancia Mínima (dB)
Hemisf/Zona (transmisora)	Hemis.- Oeste.	Hemis.: 3,704-4,031 Zona: 3,704-4,031	Hemis.: RHCP Zona: LHCP 0.75	Hemis.:21.7
Global/Zona (receptora)	Hemis.- Este. Zona Oeste Zona Este	Hemis.: 5,929-6,298 Zona: 5,929-6,256	Hemis.:RHCP Zona: LHCP 0.75	Zona: 25.2
Global (transmisora)	18° (circular)	3,955-4,200	RHCP 0.4	16.7
Global (receptora)	22° (circular)	6,180-6,425	LHCP 0.4	15.2
Puntual oriental	3.2° X 1.8° (elíptica)	Transmisión: 10,950-11,70	Trans. Lineal (N-S) Recep. Lineal (E-W)	Trans. 32.8 Recep. 33.2
Puntual occidental	1.6° (circular)	Recepción 14,000-14,50	Trans. Lineal (E-W) Recep. Lineal (N-S)	Trans. 36.2 Recep. 36.7
Faro 11 GHz	22° (circular)	11,196-11,454	RHCP 1.0	14.8

(a) Antenas de haz hemisferial/zonal. Este tipo de antena consiste de un reflector parabólico, alimentado por un conjunto de guías de onda cuadradas llamadas cornetas de alimentación, las cuales producen la forma del haz global y de zona de la polarización de mano derecha circular y polarización circular de mano izquierda. Los diámetros de los reflectores de las bandas de 4 GHz y 6GHz son 2.44 m y 1.54 m respectivamente.

Para los haces de zona, se pueden seleccionar diferentes formas de haz por comando de tierra.

(b) Antena de 14/11 GHz de haz puntual. Estas antenas son usadas en las áreas de mayor densidad de tráfico. El tipo de polarización en estas antenas para transmitir y recibir el haz es lineal. El reflector del haz de zona Oeste es una parábola que tiene un diámetro de 1 m y la antena de haz de zona Este es un

reflector de superficie modificada que produce haces de transmisión y recepción con cobertura elíptica.

(c) Antenas de haz global. Las dos antenas de haz global (4 GHz y 6 GHz) son del tipo de corneta cónica. La antena que transmite a 4 GHz tiene una variación de $\pm 2^\circ$ alrededor del eje de inclinación para que apunte exactamente hacia el centro de la tierra.

(d) Antenas de faro de 11 GHz. El principio de funcionamiento de esta antena es muy similar al de la antena de haz global. Sin embargo la composición es simple porque el ancho de banda de operación es más angosto y la relación axial es menor.

Adicionalmente a las antenas anteriores, los satélites Intelsat V se pueden acondicionar con antenas MCS para servicio marítimo, como se puede observar en la Fig. 3.2.6.

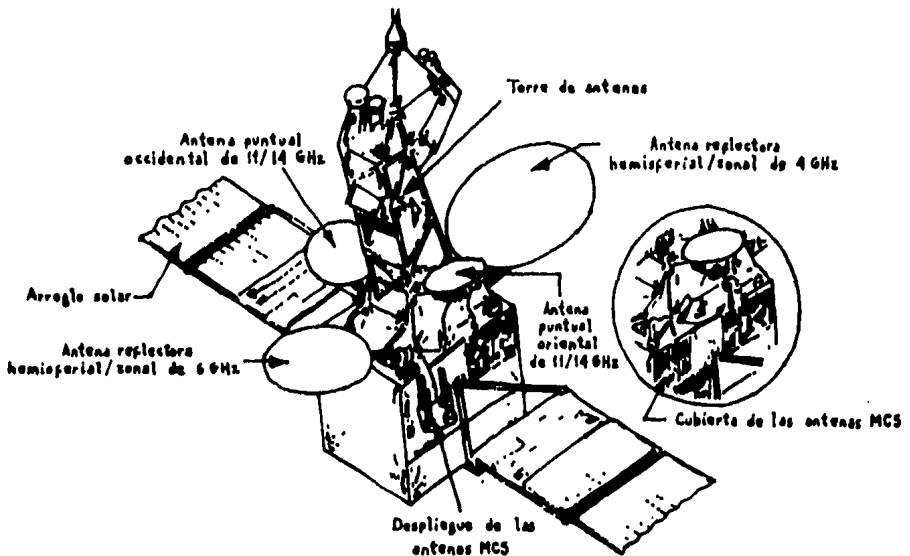


Fig. 3.2.6 Satélite INTELSAT V con antenas MCS

Subsistema de Transpondedor (repetidores)

Los amplificadores TWT y la salida de los multiplexores están localizados por ejemplo para el INTELSAT V, en la parte norte y sur de los paneles solares por el fácil control térmico. Los repetidores, la matriz conmutadora y la entrada de los multiplexores están localizados en el panel frontal mirando hacia la tierra para minimizar la longitud de las guías de onda hacia

La salida de los receptores está dividida en 31 canales a través de la entrada de los multiplexores, los cuales alimentan a la matriz conmutadora donde todos estos canales están interconectados con 29 canales de salida en varias combinaciones. La salida de 11 GHz es convertida directamente a la banda de 4 GHz y es usada para excitar a los amplificadores TUT. La salida de los amplificadores TUT a 4 GHz de haz global/zonal es de 8.5 Watts y la salida para los de haz de zona es de 4.5 Watts. El amplificador TUT es un componente crítico para la vida del satélite, así que se emplea un apropiado grado de redundancia, como se muestra en la Fig. 3.2.7. La salida de los canales de los amplificadores TUT son combinados en los multiplexores para alimentar la señal a las antenas.

A continuación se da información sobre otros subsistemas del Intelsat V.

Subsistema de Comando y Telemetría

(a) Telemetría. Un marco principal consiste de 64 palabras (8 bits/palabra) en el cual se incluyen 6 submarcos analógicos y 3 digitales. El número total de palabras de telemetría es 237. El promedio de bits de PCM es de 1,000 bits/s. Esta cadena de bits es modulada en fase para transmitirla a la Tierra.

La salida del transmisor de telemetría es amplificada por el TUT (canales 5-6 y 7-8) en el subsistema de comunicación, y transmitido por la antena bicónica.

(b) Comando. La señal de comando es del tipo PCM-RZ-PSK en el cual son empleados tres tonos audibles diferentes que corresponden a los bits de comando, "0" y "1", y la ejecución del comando. El número total de comandos es 360. Un mensaje de comando consiste de 58 bits, y el promedio de velocidad es de 100 bits/seg. Se usan dos tipos de mensaje de comando: un comando discreto para la operación del equipo ON/OFF y otro para el control analógico. Hay tres comandos críticos -encendido del motor de apogeo, desplegado del arreglo solar, y desplegado de las antenas- los cuales son protegidos por una secuencia de dos comandos en contra de errores. El contenido de cada comando es retransmitido a la Tierra a través del canal de telemetría para su verificación, después del cual es ejecutado.

Subsistema de Propulsión ó Empuje

El subsistema consta de dos tanques de combustible y dos grupos de propulsores. Los propulsores convencionales de 22.2 N son usados para el control de la nutación activa y maniobras en la precisión de giro; otros, de 2.67 N son para giros ascendentes/descendentes, Este/Oeste. Para maniobras en el eje de rodamiento, éstas son ejecutadas por un propulsor de 0.44 N, y se tiene un propulsor de 0.3 N para movimientos Norte/Sur. Estos propulsores operan con un impulso específico de 304 segundos y un consumo de energía baja. Sin embargo, como los propulsores son lentos, las maniobras se extienden por varias horas; cada

manobra requiere de varias operaciones de los propulsores en maniobras consecutivas.

Una vez que el satélite se encuentra en su posición, éste necesita de pequeños impulsos para mantener su órbita. Un pequeño impulso Norte-Sur es suficiente para compensar los efectos del sol y la luna y un pequeño impulso Este-Oeste para compensar la forma elíptica del campo gravitacional de la tierra.

Subsistema de Energía Eléctrica

La energía eléctrica principal es suministrada por el arreglo de los paneles solares. También es necesario que los satélites se equipen con baterías para que suministren la energía eléctrica durante los períodos de eclipse.

Para el caso de los paneles solares, la potencia disponible del satélite al principio de su vida es de alrededor de 1,700 W, y al fin de vida es de aproximadamente 1,300 W.

Durante el lanzamiento, los paneles solares se encuentran plegados y solamente los paneles exteriores (una pieza por panel) generan un máximo de potencia de 320 W a un ángulo de $\pm 15^\circ$.

Las celdas solares tienen un área total de aproximadamente 18 m². Como se muestra en la Fig. 3.2.8, la salida del arreglo solar decrece gradualmente con el tiempo en órbita, debido a los efectos del medio ambiente espacial, así como a los rayos cósmicos, etc. Las líneas punteadas en la Fig. representan la degradación de la salida debido al efecto del calor solar. Se observa que hay variación en la salida debido principalmente a cambios en el ángulo solar y a la distancia hacia el sol.

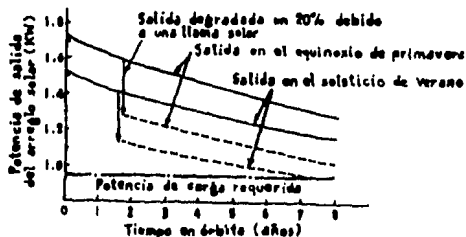


Fig. 3.2.8 Potencia de salida del arreglo solar contra tiempo en órbita del satélite

El arreglo solar de los satélites está construido por celdas solares de aproximadamente 2 cm² de superficie, unidas a un panel. Las celdas están hechas de cristales de Silicio. Para generar 100 W, se necesitan más de 2,000 celdas que ocupan alrededor de 1 m² y pesan aproximadamente 2.5 Kg.

Muchos otros satélites de comunicación tienen las celdas unidas alrededor de un cuerpo cilíndrico como se muestra en la Fig. 3.2.9. Este arreglo es ineficiente debido a que solamente la mitad de las celdas están en contacto con la luz del sol y la mayor parte de éstas están en ángulo al sol, solamente alrededor de $1/\pi$ de la radiación puede ser convertida en energía eléctrica. Por otra parte, los paneles solares planos los cuales constantemente dan la cara al sol, tienen más problemas con el sobrecalentamiento que los paneles cilíndricos (los cuales giran rápidamente); las celdas solares de silicio tienden a degradarse con el tiempo (como se mencionó anteriormente). Pierden un pequeño porcentaje de su potencia de salida cada año y esta degradación limita la vida útil del satélite. La causa principal de la degradación es el bombardeo por electrones y polvo meteórico, el cual viaja a alta velocidad. Para proteger a las celdas contra estos factores, se les cubre con una delgada capa de vidrio (0.1 a 0.2 mm. de grueso).

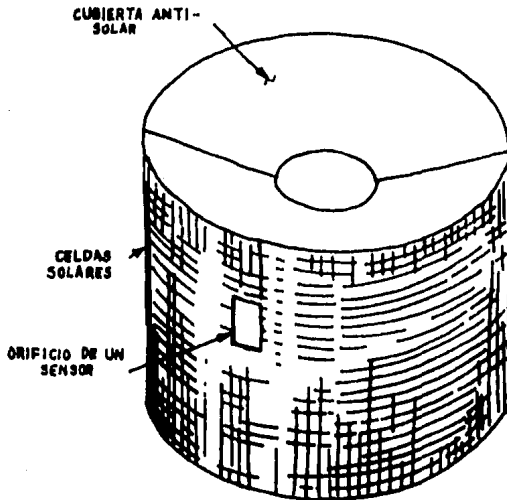


Fig. 3.2.9 Arreglo solar cilíndrico

Subsistema de Acondicionamiento de Energía

La energía de las celdas solares es acondicionada separadamente antes de usarse para compensar el decaimiento de la eficiencia con el tiempo y para suministrar los diferentes voltajes y corrientes necesitados por los diversos componentes electrónicos.

Subsistema de Estabilización

Los satélites con paneles solares cilíndricos son estabilizados por giro (este método de estabilización se menciona al principio de esta sección).

La velocidad a la cual el subsistema de la antena gira con el cuerpo del satélite es cuidadosamente controlada por un servomecanismo, el cual conserva a la antena apuntando hacia la Tierra.

La estabilización por tres ejes es necesaria cuando se utilizan paneles solares planos o cuando se usan antenas muy grandes. Este método (el cual se explicó también al principio de esta sección) es más complejo que el de estabilización por giro y es el que se utiliza en el Intelsat V.

3.3 Estaciones Terrenas

3.3.1 Estaciones Terrenas de Nave

El equipo de una estación de nave consiste principalmente de dos partes, una se encuentra en cubierta (protegida por un domo) y la otra se encuentra por debajo de cubierta (en un cuarto especial). En la Fig. 3.3.1 se muestra un diagrama de bloques de estas dos partes que constituyen una estación terrena de nave. En la sección 4.4 correspondiente a Inmarsat se hará referencia nuevamente a este tipo de estaciones.

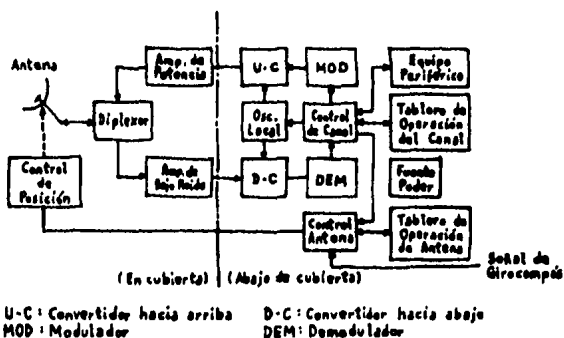


Fig. 3.3.1 Diagrama de bloques de una estación terrena en nave

El equipo que se encuentra en cubierta consiste de una antena, un mecanismo de control de antena, amplificador de potencia, amplificador de bajo ruido, etc. Estos son acomodados dentro de una cubierta dura o domo para protegerla del viento, onda oceánica, hielo, nieve, agua salada, etc. El equipo que está instalado por debajo de cubierta consiste de un convertidor de frecuencias, modulador y demodulador, unidad de control de canal,

unidad de control de antena, tablero de operación y equipo periférico.

Antena

(1) G/T

Si se supone que la relación requerida G/T para una terminal de nave es de -4 dBK, es necesario que la ganancia del sistema de la antena sea de 21.5 dB, para una temperatura de ruido de 350 K. Aquí la ganancia del sistema de la antena incluye la ganancia de la antena, pérdidas del domo y decrecimiento de la ganancia debido al error de seguimiento. La Fig. 3.3.2 muestra lo antes mencionado.

Hay dos tipos de antenas, el sistema de antena parabólico y el sistema de antena de multi-hélice. Comúnmente, el primero es ampliamente usado. El diámetro de la antena parabólica para lograr una ganancia de la antena de 21.5 dB es de 1.2 m., a 1.5 GHz asumiendo varias pérdidas en el sistema de la antena. La Tabla 3.3.1 muestra un ejemplo del diseño del sistema de antena para llevar a cabo la relación G/T de -4 dBK.

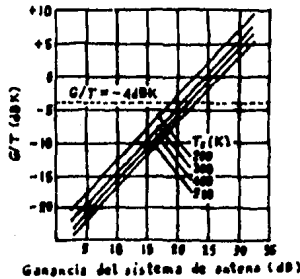


Fig. 3.3.2 Relación entre la ganancia del sistema de antena, la temperatura de ruido T_n del sistema y G/T

Tabla 3.3.1
Ejemplo del diseño del G/T del sistema (1.5 GHz)

Ganancia de la antena (parábola de 1.2 m; eficiencia de apertura = 70%)	+23.9 dBi
Disminución de la ganancia debido al error de seguimiento	-1.0 dB
Pérdidas de alimentación	-0.9 dB
Pérdidas del domo	-0.3 dB
Ganancia del sistema de la antena	----- +21.7 -----
Temperatura de ruido de la antena	+52 K
Incremento de la temperatura de ruido debido a alimentación y pérdidas del domo	+72 K
Temperatura de ruido del LNA	+210 K
Temperatura de ruido del sistema	----- +334 K -----
G/T del sistema	----- -3.5 dBK -----

(2) Estabilización de Orientación de la Antena.

Puesto que el ancho del haz de una antena parabólica de 1.2 m es aproximadamente de 10 grados para una frecuencia de 1.5 GHz, se requiere que la estabilización de la orientación de la antena sea constante para mantener el funcionamiento normal de la terminal en contra de movimientos de la nave, rodamiento de $\pm 25^\circ$ e inclinación de $\pm 10^\circ$. Hay varios métodos para montar una antena, con 2, 3, y 4 sistemas de ejes de rotación. En la Fig. 3.3.3 se muestra la estructura básica de cada sistema.

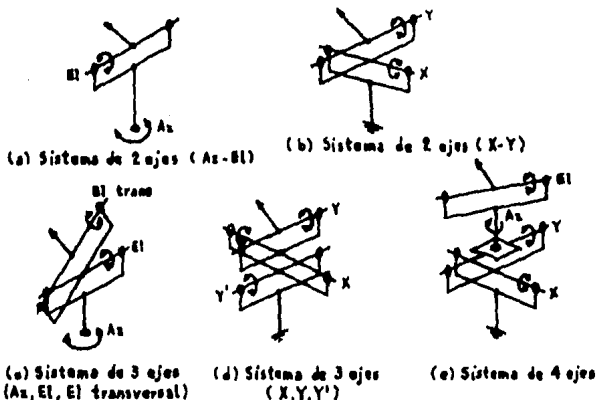


Fig. 3.3.3 Sistemas de montaje de una antena

El sistema de 2 ejes ocasiona dificultades en el manejo de los ejes en contra de balanceos o de inclinación de la nave cuando la antena está apuntando hacia el cenit o hacia la dirección de la popa de la nave con un ángulo de elevación bajo. En el caso de un sistema de 3 ejes, estos efectos son eliminados. Sin embargo, se necesita para este método un sistema de control de antena más complicado. En el caso del sistema de 4 ejes se mantiene siempre un plano horizontal en contra de movimientos de la nave por el control de los ejes X y Y. Se asegura que la antena esté dirigida al satélite por el control de los ejes de Azimut (Az) y Elevación (El), que están colocados sobre este plano horizontal. En este caso se obtiene bastante exactitud de la antena para apuntar al satélite con un simple circuito de control, debido a que ambos ejes X-Y y Az-El son controlados independientemente, aunque la estructura del montaje llega a ser ligeramente compleja. Por estas razones este sistema es usado en la mayor parte de las naves.

Para la estabilización de la orientación de la antena, hay dos métodos básicos: eléctrico y mecánico. En el caso del método eléctrico, el cual es usado ampliamente, los movimientos de la nave son detectados como una variación del par por el giroscopio, y el ajuste es hecho por un servomecanismo.

En el método mecánico hay dos maneras diferentes de llevar a cabo su función, uno utiliza un "flywheels" y el otro utiliza un péndulo. El primero no necesita de un arreglo eléctrico tal como un sistema servo, pero es probable que el sistema llegue a ser más grande en su tamaño que el de método eléctrico. El último es más simple en estructura, pero no es apropiado para antenas de alta ganancia con un ancho de haz relativamente angosto porque no puede llevarse a cabo una muy buena exactitud en la estabilización de la orientación de la antena.

(3) Seguimiento del Satélite.

Con el sistema de estabilización de 4 ejes, se requiere de cierta información para seguir al satélite, que son los ángulos de Azimut y Elevación del satélite, puesto que la antena se mantiene en un plano horizontalmente estabilizado.

Tal información puede ser obtenida por cálculos, si se conoce exactamente la posición del satélite y de la nave. En la práctica se utiliza mucho el método de auto-seguimiento. Las señales de control de la antena para Azimut y Elevación son suministrados por el sistema de auto-seguimiento.

Hay dos métodos principales de auto-seguimiento que son:

(a) Sistema de seguimiento por pasos y (b) Sistema de un solo pulso. Para una antena parabólica con un diámetro de aproximadamente 1.2 m no se necesita una exactitud de seguimiento extremadamente alta. Por lo tanto es usualmente usado el sistema de seguimiento por pasos desde el punto de vista de la simplicidad de su estructura. El error de seguimiento en términos del nivel de recepción está dentro de 0.4 dB, el cual corresponde a un error de seguimiento de aproximadamente $\pm 2^\circ$.

Amplificadores de Transmisión y Recepción

En el sistema de comunicación marítima por satélite se requiere de una e.i.r.p. o PIRE de aproximadamente 37 dBW para una terminal de nave. Cuando se utiliza una antena parabólica de 1.2 m de diámetro, se requiere que la salida del amplificador de transmisión sea de 15.3 dBW (34 W aproximadamente), asumiendo que la ganancia de la antena es de 23.9 dBi, pérdidas del domo de 0.2 dB y con un decrecimiento de la ganancia de la antena debido a error de seguimiento de 1 dB.

En el amplificador de recepción, se requiere de un LNA con una figura de ruido de aproximadamente 2.5 dB para llevar a cabo una relación G/T de -4 dBK con una antena de un diámetro de 1.2 m.

Modulador y Demodulador

(1) Modulador FM

Para modulación de canales telefónicos, se utiliza un modulador con PLL (phase lock loop), debido a que mantiene estable la frecuencia central y mejora la linealidad de las características de modulación.

La amplitud de la señal a la entrada de un modulador FM es usualmente limitada por un circuito supresor de pico. El nivel de volumen de la señal de entrada al modulador es comprimida por un compresor. En el sistema Marisat se utilizaba un compresor silábico de 2:1 y se sigue utilizando en el sistema Inmarsat (ambos sistemas serán comentados posteriormente).

(2) Demodulador FH

Las terminales en nave deben ser operadas en un rango de C/No relativamente bajo, por lo que se usa un demodulador de extensión de entrada para el canal telefónico. En la Fig. 3.3.4 se muestran las mediciones resultantes de las características C/No vs. S/N de un demodulador contra el tono de prueba. La salida del demodulador es expandida por un expensor.

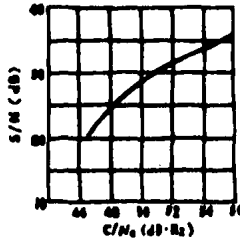
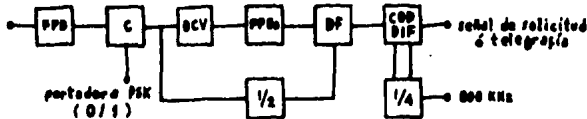


Fig. 3.3.4 Mediciones de un demodulador FM (nivel de ruido contra nivel de portadora no modulada)

(3) Modulador PSK

Para canales de solicitud de servicio y telegráficos, se utiliza un modulador PSK. Se requiere que la forma de onda en la salida del modulador PSK sea plana para evitar los efectos de no linealidad del amplificador de transmisión. Para este propósito, se utiliza un circuito PLL porque evita las pérdidas de la portadora en los puntos de transición de la fase de la señal de entrada. La Fig. 3.3.5 muestra un modulador PSK con PLL. La portadora PSK es conmutada ON u OFF por señales de control desde la unidad de control de canal para generar ráfaga TDMA o ráfaga de solicitud.



FPB: Filtro pasa-bajas
 C: Compuerta
 BCV: Oscilador controlado por voltaje
 FPB: Filtro pasa-bajas
 DF: Detector de fase
 COD DIF: codificador diferencial

Fig. 3.3.5 Diagrama de bloques de un modulador PSK

operación múltiple.

Las funciones requeridas de una estación terrena costera estándar son las siguientes:

- (a) Asignamiento de canales en respuesta a las llamadas originadas en la dirección nave a costa o viceversa.
- (b) Supervisión del estado del canal (ocupado, solicitud de llamada, desocupado).
- (c) Registro del proceso de información de la llamada.
- (d) Monitoreo de la señal de auxilio.
- (e) Compensación de la desviación de frecuencia en los transpondedores del satélite.
- (f) Prueba de retorno de la señal del satélite.

Antena

Puesto que la estación terrena costera transmite y recibe señales en banda-C y L, su antena debe ser capaz de manejar ambas bandas. La banda-L se utiliza para el monitoreo de la señal que reciben las naves.

Una corneta corrugada se usa como el radiador primario con el propósito de manejar las características del lóbulo lateral de banda-C. Para manejar las características de radiación de banda-L, se usa un reflector selectivo de frecuencia a la orilla del sub-reflector (este reflector deja pasar la banda-C y refleja la banda-L).

Para el mecanismo que mueve la antena en Az-El, se utiliza un sistema de tornillo. Para seguir el satélite se utiliza un sistema de seguimiento por pasos. En la Tabla 3.3.2 se muestran las principales características de una antena de estación terrena costera en la banda-C.

Tabla 3.3.2
Características de una antena en la banda-C

G/T (ángulo de elevación 10° , cielo despejado).	32 dBK
Ganancia de Transmisión.	54 dB
Ganancia de Recepción (a la entrada del puerto del LNA).	50.5 dB
Relación axial (dentro del ancho del haz a media potencia).	2 dB
Ancho del haz a media potencia (transmisión).	0.36 ^o
Ancho del haz a media potencia (recepción).	0.48 ^o

Subsistema de Transmisión y Recepción en Banda-C

(1) Amplificador de potencia.

Puesto que el ancho de banda de frecuencia requerido por un amplificador de potencia es de por lo menos de 8.5 MHz, se utiliza un amplificador Klystron. En la Tabla 3.3.3 se muestran las características de un amplificador de potencia. Un amplificador FET con un ancho de banda efectivo de 500 MHz es utilizado como excitador.

Tabla 3.3.3
Características de un HPA

Ancho de banda de frecuencia efectivo (-1 dB).	40 MHz
Salida de potencia máxima.	2.7 KU
Ganancia.	>87 dB
Productos de intermodulación de 3er. orden.	-39 dB
Sistema de enfriamiento.	Enfriamiento por aire forzado.

(2) Amplificador de bajo ruido.

El amplificador de bajo ruido está compuesto principalmente de un amplificador paramétrico sin enfriamiento y un amplificador FET. Este amplificador es colocado atrás del reflector principal de la antena. La Tabla 3.3.4 indica sus principales características de funcionamiento.

Tabla 3.3.4
Características de funcionamiento del LNA

Ancho de banda de frecuencia efectivo.	3,700-4,200 MHz
Temperatura de ruido.	53 K
Ganancia.	>60 dB
Ganancia de rizo.	1 dBp-p
Productos de intermodulación de 3er orden.	<-51 dB

(3) Convertidor de frecuencias.

El convertidor ascendente es del tipo de doble conversión. En este subsistema, una señal de frecuencia intermedia en la banda de 70 MHz es convertida a una señal de la banda de 6 GHz. La

señal piloto para AFC (control automático de frecuencia) es insertada en la segunda frecuencia intermedia (1,070 MHz). La frecuencia del primer oscilador local es controlada por la señal de error del receptor de banda-L AFC piloto.

El convertidor descendente es también del tipo de conversión doble. Una señal de la banda de 4 GHz es convertida en una señal de frecuencia intermedia dentro de la banda de 70 MHz. La frecuencia del segundo oscilador local está controlada por la señal de error del receptor de banda-C AFC piloto.

(4) Modulador y demodulador.

(a) Modulador FM.

Para el modulador FM, se utiliza un PLL para llevar a cabo una alta estabilidad de la frecuencia central y para mejorar la linealidad. La frecuencia central a la salida del VCO es de 25 MHz. Una señal de frecuencia intermedia en la banda de 70 MHz es generada por la combinación de la señal de 25 MHz y la salida del sintetizador en la banda de 90 MHz.

(b) Demodulador FM.

La señal de entrada en la banda de 70 MHz es combinada con la salida del sintetizador en la banda de 90 MHz para obtener una señal en la banda de 25 MHz, y después es convertida a una señal de 1.5 MHz mezclándola con la señal del oscilador local de 26.5 MHz.

CAPITULO IV
PRINCIPALES SISTEMAS
DE
COMUNICACION MARITIMA
VIA SATELITE

4.1 Introducción

Una vez que en capítulos anteriores hemos tratado acerca de sistemas de radionavegación marítima y conceptos fundamentales sobre satélites y estaciones terrenas, llegamos a una de las partes más interesantes de este trabajo: los sistemas de comunicación marítima vía satélite.

Ya antes habíamos comentado lo fascinante que es el hecho de trabajar con satélites, lo increíble de manejar señales que se transmiten y se reciben desde y hacia la Tierra en cuestión de milisegundos. En este capítulo trataremos los sistemas satelitales más importantes que se encargan de manejar las comunicaciones marítimas a nivel mundial.

En el inciso 4.2 hablaremos del sistema Marisat, pionero en las comunicaciones marítimas vía satélite. Se comenta acerca de su configuración, de sus servicios, de su capacidad y de otros puntos que son de interés. Se trata un poco sobre la relación que existe entre este sistema y el Inmarsat, que será descrito en un inciso posterior.

En el inciso 4.3 se hace mención a un sistema que desafortunadamente nunca entró en operación, pero que dio origen a una serie de satélites que serían usados no solo por Marisat sino también por su sucesor: Inmarsat. Nos estamos refiriendo al proyecto Marots del cual describimos ligeramente su desarrollo, uso, requerimientos y control.

Finalmente, en el inciso 4.4 se explica el sistema Inmarsat, actualmente el más importante de todos los sistemas en cuanto a uso de comunicaciones marítimas se refiere. En este punto, comentamos las características más importantes de este sistema como son servicios, segmento espacial, canales de comunicación, estaciones terrenas en nave, estaciones terrenas costeras y nuevas aplicaciones del mismo.

4.2 Marisat

Configuración del Sistema

El sistema Marisat fue el primero en brindar comunicaciones marítimas vía satélite ofreciendo servicios a la Marina de los E.U., a la navegación comercial y a las industrias costeras. Fue diseñado y desarrollado por la Corporación General Comsat, y empezó a funcionar en Julio de 1976.

A partir de Febrero de 1982, los satélites Marisat pasaron a formar parte del sistema internacional Inmarsat, que se describe en el inciso 4.4. Los satélites Marisat seguirán operando dentro de Inmarsat hasta que su vida de operación termine, funcionando como satélites de respaldo y contingencia.

Los servicios que proporcionaba Marisat eran: voz, telex, facsimil y transmisión de datos, entre la costa y algún lugar en el mar y viceversa.

El sistema Marisat estaba constituido por tres satélites posicionados en órbitas geoestacionarias -aproximadamente 36.000 Kms arriba del ecuador-, uno sobre el Océano Atlántico a 15 grados longitud oeste, otro sobre el Océano Pacífico a 176.5 grados longitud este, y un tercero sobre el Océano Índico a 73 grados longitud este. Actualmente se hallan en estas mismas posiciones y cada satélite abarca aproximadamente una tercera parte de la superficie terrestre.

Las estaciones costeras de Marisat (3 en total) estaban ubicadas 2 en los E.U., equipadas con un sistema de antenas cuyo diámetro es de 12.8 m, y localizadas en Southbury, Connecticut y Santa Paula, California. Cada una de ellas funcionaba como una "red de control" para el tráfico comercial en los diferentes océanos: asignaban canales mediante el satélite a naves particulares o a plataformas marítimas, transmitían o recibían mensajes a frecuencias asignadas y luego regresaban los canales a un puerto común para hacer nuevas asignaciones.

Las estaciones costeras se enlazaban con el Centro de Conmutación de Comunicaciones de la General Comsat para comunicarse con las redes domésticas e internacionales. Estas estaciones también se conectaban al Centro de Sistema de Control de la General Comsat.

En Marzo de 1978 había 105 naves de 16 naciones equipadas con terminales para operar con el sistema Marisat. Treinta y nueve países o áreas diferentes se comunicaban con estas naves.

La estación costera de Southbury, Connecticut operaba con el satélite del Atlántico, y la de Santa Paula, California operaba con el satélite del Pacífico. El satélite del Océano Índico designado inicialmente solo para la Marina, era controlado por una estación en Fucino, Italia, y accedido por la tercera estación de Marisat, ubicada en Yamaguchi, Japón.

La configuración del sistema Marisat se muestra en la Fig. 4.2.1.

Las tres estaciones terrenas costeras estaban interconectadas con redes de teléfono y telex domésticas e internacionales, de tal forma que las comunicaciones podían proporcionarse a todos los países del mundo, aunque a un costo elevado por derechos de transportación de las señales a través de los E.U. y Japón.

En añadidura a su uso en los servicios de comunicación comercial, las estaciones terrenas costeras de los E.U. se utilizaban para llevar a cabo las funciones de rastreo, telemetría y comando de los satélites.

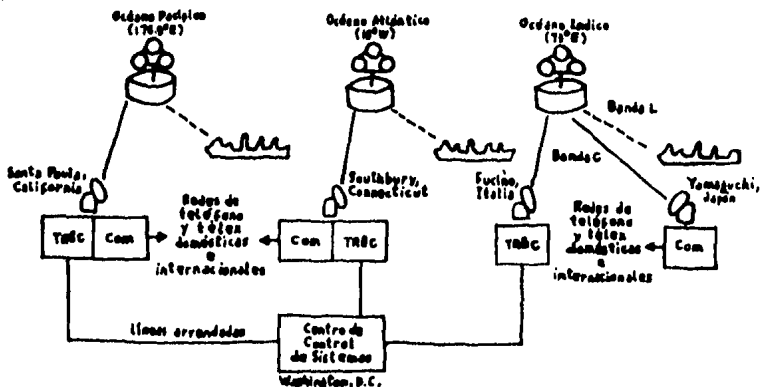


Fig.4.8.1 Sistema de comunicaciones marítimas MARISAT

Operación

A continuación se describen las características operativas de los satélites Marisat y las estaciones terrenas de costa y nave asociadas, que actualmente operan dentro del sistema Inmarsat sin cambio alguno.

Un repetidor costera-nave convierte transmisiones de 6.420 GHz desde la estación costera a 1.537 GHz para recepción en las naves comerciales, mientras un repetidor nave-costera convierte transmisiones de 1.6385 GHz desde las naves a 4.195 GHz para recibirse en la estación costera.

La Fig. 4.2.2 muestra la cobertura de los satélites del sistema Marisat.

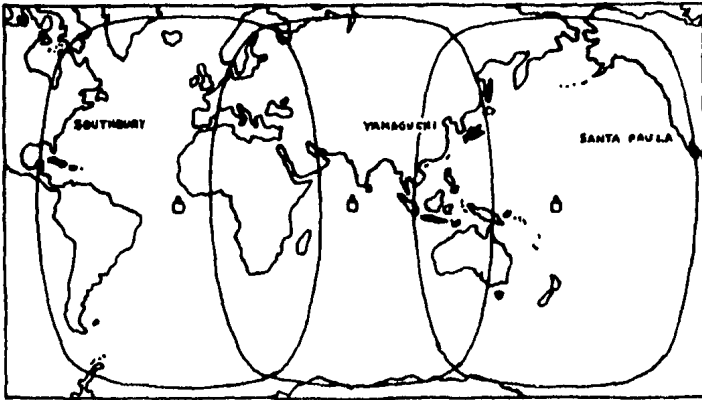


Fig. 4.2.2 Cobertura de los satélites MARISAT

Los tipos de canal de comunicación son proporcionados por los satélites del sistema Marisat: voz y datos. Los canales de voz son utilizados para transmisión de voz, de datos a altas velocidades de hasta 2400 bps y de facsímil analógico y digital. Los canales de datos a 50 bauds permiten la transmisión duplex de mensajes de telex directamente desde la estación costera hasta la terminal de la nave gracias a las redes de conmutación terrestre del sistema Marisat.

Los servicios de voz de los satélites Marisat son proporcionados en un solo canal por portadora (SCPC por sus siglas en inglés). Cada portadora es modulada en frecuencia. Cuando un canal es utilizado para transmisión de voz se añaden compansores para mejorar la calidad de dicha transmisión; cuando el canal es utilizado para transmisión de datos, el compansor se quita. Para transmisión de voz, la relación subjetiva señal-ruido es mayor a 28 dB en la dirección costa nave. En la dirección nave-costa los parámetros deben seleccionarse para proporcionar una relación señal-ruido aproximadamente 2 dB mayor.

Las frecuencias en las direcciones nave-costa y costa-nave, en el tramo satélite-nave-satélite, son apareadas (para operación full-duplex) y tienen una separación entre ellas de 101.5 MHz en la banda L (1.5/1.6 GHz). Para llamadas de voz, una pareja de frecuencias es seleccionada en la estación terrena y asignada a una terminal particular para su uso exclusivo. Una vez que la llamada ha concluido, la pareja de frecuencias se deja de utilizar y queda disponible para usarse en otra llamada. Cada satélite tiene capacidad para 8 canales telefónicos únicamente.

Los canales para telegrafía utilizan la técnica de multicanalización por división en el tiempo (TDM por sus siglas en inglés) en la dirección costa- nave; en la dirección nave- costa la técnica es acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA). Ambas técnicas pueden acomodar 22 canales telegráficos a una velocidad de 50 baudios. Cada estación terrena costera transmite una o mas señales TDM y recibe una o mas señales complementarias TDMA. Este arreglo permite a una estación costera dar acceso simultáneamente a un gran número de terminales (naves).

Los tipos de señales de comunicación y los valores de sus parámetros se muestran en la Tabla 4.2.1.

TABLA 4.2.1
Parámetros de las Señales Manejadas en el Sistema Marisat

	Costa- nave		Nave- costa	
	Voz	TDM*	Voz	TDMA*
Modulación	FM/SCPC	2 CPSK	FM/SCPC	2 CPSK
Vel. de transmisión (bps)	--	1200	--	4800
Desviación pico (KHz)	12	--	12	--
Ancho de banda de RF (KHz)	27	1.6	27	6.25
Relación señal- ruido (dB)	28	--	30	--
Tasa de error de bits	--	E-05	--	E-05
Relación portadora- ruido para ángulos de elevación de 5 grados	50.4	47.4	53.8	53.8

* TDM y TDMA se utilizan en telegrafía

En la Fig. 4.2.3 se puede observar el marco de un canal TDM de 1200 bps. Cada marco contiene una sola palabra de 20 bits que se usa para la sincronización del marco, un canal de asignación que se utiliza para señalización y 22 canales de telex con una capacidad de 66 2/3 palabras por minuto.

La Fig. 4.2.4 muestra el marco de un canal TDMA (en la dirección nave- costa) y la forma en que un paquete de 181 bits es transmitido por la nave para proporcionar un canal de 50 baudios. Cuando se trabaja con velocidades de 4800 bps los paquetes son separados por espacios equivalentes a 198 bits, lo cual es suficiente para establecer un rango diferente entre el satélite y las posibles terminales en las naves. Los 79 bits iniciales en cada paquete aseguran la recuperación de la portadora y el tiempo de recuperación de los bits en la estación terrena costera, y son seguidos -los 79 bits- por una palabra de 30 bits. El resto del paquete contiene 12 caracteres de bits c/u, los cuales, al ser almacenados y procesados en la estación costera, proporcionan un flujo de datos a 50 baudios.

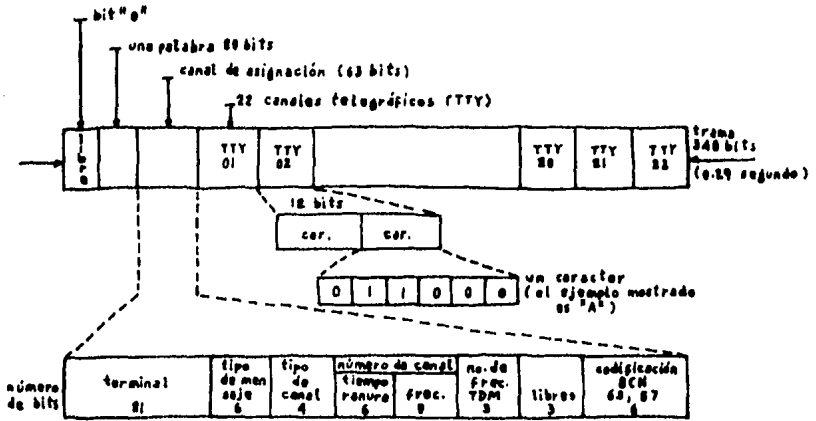


Fig. 4.2.3 Canal TDM (Costa-Nave)

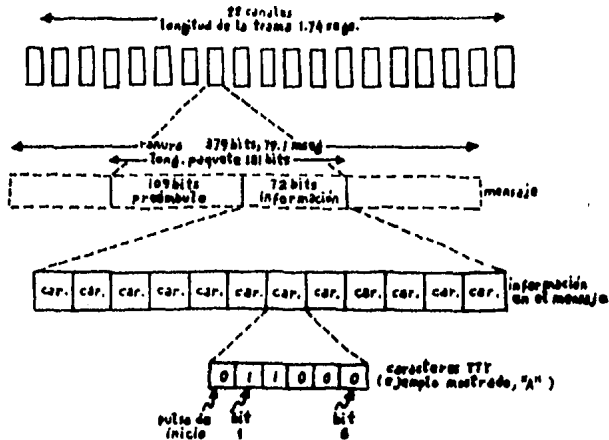


Fig. 4.2.4 Canal telegráfico TDMA (Nave-Costa)

La técnica TDMA nave-costa del sistema Marisat se diseñó por la simplicidad del equipo en las terminales. El sistema opera en forma de malla abierta, es decir, el tiempo de referencia para las transmisiones en las terminales se deriva de la señal TDM recibida continuamente, por lo tanto, la sincronización entre dichas terminales no es necesaria.

Servicios

Los servicios que prestan los satélites del sistema Marisat son:

Telex: el servicio hacia y desde las naves es completamente automático; en esencia, el teleimpresor a bordo de la nave actúa solo como cualquier máquina en la red internacional.

Voz: las llamadas se establecen con la ayuda de operadores tanto en el enlace nave-costa como costa-nave.

Facsimil: este servicio utiliza un canal de voz. Las señales pueden ser analógicas o digitales. Se transmiten manifiestos, fotos, reportes, mapas del tiempo y otros materiales gráficos.

Datos: los datos pueden ser transmitidos a velocidades de 1200 y 2400 bits por segundo (bps) en ambas direcciones, utilizando un canal de voz. Adicionalmente, en la dirección nave-costa es posible la transmisión de datos a velocidades de 56,000 bps utilizando un modem adecuado e incrementando la potencia de salida en la nave de tal forma que la ganancia se incremente 2 dB.

Señales de Auxilio: para la Guardia Costera de los E.U. ha sido instalado un canal de telex en el Centro de Comunicaciones de la Guardia Costera en la Isla del Gobernador, Nueva York y otro en la Casa de la Aduana en Sn. Fco., California. Designada como su "Línea de Emergencia" por la Guardia Costera, este servicio permite a las embarcaciones mercantiles equipadas con terminales Marisat, reportar información sobre su emergencia directamente al Centro de Coordinación de Rescate.

Cada terminal de Marisat está equipada con una línea de emergencia directa a la Guardia Costera. El oficial de radio de la nave en peligro debe marcar el número 0127775 para activar dicha línea. Esta acción es equivalente a enviar un SOS en el Código Morse Internacional.

El controlador de rescate en Nueva York o Sn. Fco. intercambia información con la embarcación en peligro para determinar la causa de su llamada.

Los mensajes de una línea de emergencia son retransmitidos a una terminal telex de la oficina más cercana del Sistema de Rescate de Embarcaciones. La computadora de esta oficina determina que naves están más cerca y que elementos de rescate existen en dichas naves. Pudiera suceder que se despacharan algunos aviones al lugar de la emergencia.

Difusión: permite difundir mensajes por telex para ser recibidos por naves de una línea de embarcaciones específica, por naves de una misma nacionalidad o por naves dentro de una área particular de un océano. Todas las naves de dichos grupos pueden recibir simultáneamente un mensaje teleimpreso de una estación terrena indicándoles que no están en condiciones normales de comunicación

con el satélite. El servicio de difusión es limitado en situaciones de emergencia.

Acceso al Sistema

Para solicitar la asignación de un canal, la nave transmite una ráfaga de 4800 bps como se muestra en la Fig. 4.2.5. Además de los 109 bits de preámbulo (similares a los del paquete TDMA) la solicitud contiene un segmento de información de 39 bits y 24 bits para el código de detección de errores. El segmento de información indica la estación terrena costera deseada, el tipo de canal requerido y el número de identificación de la nave.

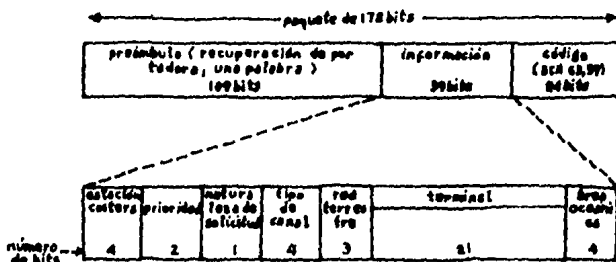


Fig. 4.2.5 Forma de solicitud de portadora (Terminal a Costa)

Cuando una nave desea entrar al sistema, el canal solicitado por ella es activado y los 0.03 segundos del paquete de información son transmitidos. El equipo en la nave puede utilizarse para transmitir la señal TDMA y el paquete de solicitud pero a diferentes frecuencias. A diferencia de la operación TDMA, el paquete de solicitud no está sincronizado con la portadora TDM de costa a nave.

El acceso a la costa de una nave específica, se lleva a cabo utilizando el "canal de asignación" en la señal transmitida desde la estación terrena costera (Fig.4.2.6). Este canal es utilizado para iniciar llamadas desde la costa y también para reconocer y asignar canales a llamadas originadas desde la nave. El canal de asignación es recibido en todo momento por las terminales de las naves que operan con la estación costera, mientras son comunicadas a donde desean. Una vez que la nave reconoce su número de identificación en el canal de asignación (cada nave tiene un número único de identificación que consta de 7 dígitos y el cual es usado tanto en las llamadas por teléfono como en las hechas por télex) responde automáticamente al resto del contenido del canal, que instruye al equipo para sintonizar una pareja de frecuencias específica para operación de voz y télex. Debido a que el canal de asignación es transmitido 200 veces por minuto, se tiene un retraso muy pequeño en el funcionamiento de los circuitos del satélite.

La técnica de acceso al sistema Marisat ilustra otro principio incorporado a dicho sistema denominado Control Centralizado de la Red. El control de la red es centralizado en las estaciones terrenas costeras donde el equipo establece y limpia - automáticamente - las llamadas de télex y voz. Además del mantenimiento de la señalización a las naves, las estaciones terrenas costeras de E.U. mantienen la señalización a entradas conmutadas. Un ejemplo de la secuencia de señalización de una llamada por télex originada en una nave, se muestra en la Fig. 4.2.6.

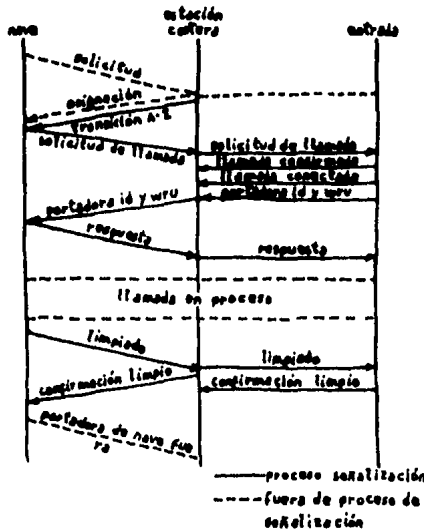


Fig. 4.2.6 Secuencia de señalización en llamadas de télex (Nave a costa)

Capacidad del Sistema

El principal problema en un sistema de comunicaciones marítimas móviles por satélite es el enlace de comunicaciones en banda L desde el satélite hasta la terminal en la nave. Esto se debe a lo siguiente: la potencia radiada por el satélite (por canal) debe ser relativamente grande ya que las antenas en las terminales en nave son pequeñas. En el satélite, en la banda L, cada canal de voz tiene un PIRE de 15.6 dBW. Este valor es suficiente para proporcionar una relación portadora-ruido (C/No) de 50.4 dBHz a una terminal localizada en una zona cubierta por el satélite.

Cada señal TDM se transmite desde el satélite con un nivel de PIRE de 12.6 dBW resultando una relación portadora-ruido de 47.4

dBHz, en el peor de los casos. Este nivel está aproximadamente 4 dB arriba del de umbral, 43.4 dBHz, el cual corresponde a una tasa de error de E-05. Los 4 dB restantes aseguran una recepción adecuada del canal de asignación en presencia de una degradación moderada la cual es comunmente experimentada en antenas con ángulos de elevación bajos.

Con los valores mencionados y con el PIRE real de 27 dBW en banda L proporcionado por el satélite (modo de potencia media), cada uno de estos tiene una capacidad efectiva de 44 canales de télex y 8 canales de voz.

Uso del Sistema

Las llamadas realizadas por el sistema Marisat tenían un cargo de 10 dls. por minuto, con tres minutos como mínimo, entre cualquier nave dentro del área de cobertura de los satélites del Atlántico o Pacífico y cualquier lugar contiguo a los E.U. y Hawaii. Para servicio de télex entre los E.U. y naves en las regiones del Atlántico o Pacífico, la tasa era de 4 dls. por minuto con un minuto como mínimo. Los cargos por conexiones a puntos internacionales debían agregarse a estas tasas.

El uso del sistema Marisat creció en una forma extraordinaria desde la introducción de sus servicios en 1976. La Tabla 4.2.2 muestra un resumen de la utilización del sistema Marisat de 1976 a 1980 en las áreas Atlántico y del Pacífico. También muestra el incremento anual -en por ciento- en los servicios de télex y voz que, por cierto, están medidos en minutos.

TABLA 4.2.2
Resumen de la Utilización del Sistema Marisat

Año	Voz (miles de minutos)	Incremento anual	Télex (miles de minutos)	Incremento anual
1976	19.9		12.0	
1977	104.9		114.9	
1978	292.0	178.4	375.0	226.3
1979	412.9	41.4	706.3	88.3
1980	627.9	52.0	1272.5	80.2

La Tabla 4.2.3 presenta las estadísticas del tráfico experimentado en 1980 en las dos estaciones terrenas costeras de E.U.. Durante los años 1977 a 1980, el promedio de duración de una llamada (voz) era de un poco más de nueve minutos y el de un télex, un poco más de tres minutos. La mayor parte del tráfico, como era de esperarse, se encontraba y aún se encuentra en la región del Océano Atlántico, que tiene una relación superior al doble con respecto a la región del Océano Pacífico.

La Tabla 4.2.3 ilustra también el hecho de que una gran parte del tráfico que pasaba por las estaciones de E.U. (casi 50%) era para puntos internacionales. La introducción de estaciones

terrenas costeras programadas para Inmarsat -como se verá en la sección 4.4- decrementará el porcentaje anterior. La idea de construir mas estaciones costeras es reducir el costo de los enlaces transoceanicos.

TABLA 4.2.3
Estadística Sobre el Tráfico en las Estaciones Costeras del Sistema Marisat

Minutos promedio por llamada	9.17	3.18
% Tráfico en el Atlántico	81.00	69.00
% Tráfico en el Pacífico	19.00	31.00
% Tráfico hacia/desde lugares fuera de los E.U.	48.00	37.00
% Tráfico a los E.U.	48.00	52.00
% Tráfico de nave a nave	4.00	1.00

Características de los Satélites Marisat

El primer satélite Marisat fue lanzado el 19 de Febrero de 1976, el segundo el 9 de Junio de ese mismo año, y el tercero el 14 de Octubre también de 1976. Todos salieron desde Cabo Canaveral, Florida impulsados por un vehículo Thor Delta 2914. Cada satélite fue diseñado para un promedio de vida de 5 años, aunque aún se encuentran en operación.

La potencia eléctrica se obtiene de un panel solar cilíndrico localizado sobre la parte giratoria del satélite. Este panel tiene las siguientes dimensiones: 1.6 metros de alto y 2.16 metros de diámetro. Las 7000 celdas solares -cuyas medidas son: 6.2 cms. x 2.2 cms.- proporcionan, al menos, 300 Watts de DC durante toda la vida del satélite. En los periodos de eclipse, la potencia es suministrada por baterías de níquel-cadmio.

Estabilización y Control de Posición: la estabilización de giro utilizada por los satélites es de 100 rpm. La parte giratoria del satélite tiene 2.16 metros de diámetro por 1.60 metros de alto. Su longitud total, incluyendo el sistema de antenas, es de 3.76 metros. La órbita inicial se posiciona de tal forma que la inclinación del plano orbital se mantenga 2.5 grados dentro del plano ecuatorial durante el tiempo de vida del satélite.

Telemetría y Comando: dispositivos tales como codificadores y osciladores que generan portadoras de 4 GHz, son los que se encargan de controlar la telemetría y el comando de los satélites. Los receptores de comando y los decodificadores digitales tienen una capacidad de 160 comandos. La medición del alcance se lleva a cabo por medio de un receptor de comando que recibe -valga la redundancia- tonos transmitidos desde la estación costera; estos tonos son demodulados y enviados al oscilador de telemetría el cual es modulado en fase por el conjunto de tonos antes de ser retransmitidos a la estación terrena.

Carga Util: las características de los transpondedores, de las antenas de los satélites Marisat se indican en la Tabla 4.2.4.

TABLA 4.2.4
Características de los Transpondedores y Antenas de los Satélites
Marisat

Subsistema de Comunicaciones UHF	
Banda Receptora	300-312 MHz
Banda Transmisora	248-260 MHz
PIRE	
Un canal de banda ancha	28 dBW
Dos canales de banda angosta	23 dBW (cada uno)
Antena	Tres elementos en arreglo helicoidal
Polarización	CDM (transmisión y recepción)
Ancho del haz a media potencia	> 19
Ganancia en transmisión	12.6 dB
Ganancia en recepción	12.6 dB
Canal en la Banda de 1.5 a 4.0 GHz	
Banda receptora	1638.5-1642.5 MHz
Banda transmisora	4195-4199 MHz
Relación G/T	-17.0 dB/ K
PIRE 4.0 GHz	18.8 dBW (salida saturada)
Antena para 1.5 GHz	Cuatro elementos en arreglo helicoidal
Ganancia en recepción	14.4 dB
Polarización	CHD
Antena para 4.0 GHz	Corneta de sección circular
Ganancia en transmisión	16 dB
Polarización	CHI
Canal en la Banda de 6.0 a 1.5 GHz	
Banda receptora	6420-6424 MHz
Banda transmisora	1537-1541 MHz
Relación G/T	-25.4 dB/ K
PIRE 1.5 GHz	
Modo de baja potencia	20.0 dBW
Modo de potencia media	26.0 dBW
Modo de alta potencia	29.5 dBW
Antena para 6.0 GHz	Corneta de sección circular
Ganancia en recepción	16 dB
Polarización	CHD
Antena para 1.5 GHz	Igual a la antena usada en la banda 1.5-4.0 GHz

Los repetidores 6/1.5 GHz y 1.6/4 GHz para comunicaciones marítimas civiles son de banda ancha y pueden transportar un gran número de portadoras PSK y FM.

Características de las Estaciones Terrenas

Estaciones Costeras

Las características de una estación costera se hallan resumidas en la Tabla 4.2.5.

TABLA 4.2.5
Características de una Estación Costera

Diámetro de la antena	12.8 metros
Transmisión a 6 GHz (comunicaciones)	
Banda de frecuencias	6420.0-6424.0 MHz
Ganancia de la antena	56.2 dB (sobre el eje)
PIRE nominal	90.5 dBW max. (sobre eje)
Canal de voz	75 dBW
Canal de datos	72 dBW (TDM)
Tono piloto AFC	59 dBW
Polarización	CMD
Recepción a 4 GHz (comunicaciones)	
Banda de frecuencias	4195.0-4199.0 MHz
Relación G/T	31.4 dB/ K
Polarización	CMI
Transmisión a 1.5 GHz (prueba y control)	
Banda de frecuencias	1638.5-1641.5 MHz
Ganancia de la antena	38.0 dB (sobre el eje)
PIRE nominal	69 dBW max.; normal, < 38 dBW
Canal de voz	37 dBW
Canal de datos	37 dBW
Tono piloto AFC	35 dBW
Polarización	CMD
Recepción a 1.5 GHz (prueba y control)	
Banda de frecuencias	1537.0-1542.0 MHz
Relación G/T (recepción)	12 dB/ K
Polarización	CMD

Cada estación costera tiene una antena -cuyo diámetro es de 12.8 metros- para la comunicación con su satélite a 4 y 6 GHz. La misma antena es utilizada para transmisiones a 1.6 GHz y recepciones de 1.5 GHz de señales de prueba y control, incluyendo tonos pilotos los cuales van de la estación costera hasta el

satélite y regresan a la estación costera. Estos tonos compensan desplazamientos de frecuencia producido por inestabilidades del oscilador del satélite y por efectos Doppler. Debido a que estos desplazamientos de frecuencia son grandes comparados con el ancho de banda de las señales, la compensación por tonos es importante.

El equipo de comunicaciones en la estación costera proporciona una conexión automática de los circuitos del satélite con los de tierra mientras controla todo el desplazamiento del sistema. Además, accesa a las terminales de la nave a los canales del satélite y maneja las funciones de señalización hacia las naves y hacia las entradas conmutadas (portadora común) del sistema Marisat.

Terminales en nave

Cada una de las terminales en las naves debe cumplir ciertos requerimientos. La Tabla 4.2.6 muestra las características principales de las terminales en las naves.

TABLA 4.2.6
Equipo en la Terminal de una Nave Marisat
Datos Técnicos

General	
Frecuencia (transmisión)	1638.5-1642.5 MHz
(recepción)	1537.0-1541.0 MHz
Incrementos en la portadora para sincronía	25 KHz
Velocidad de datos (nave-costa)	4800 bps
(costa-nave)	1200 bps
Modulación (Datos)	2 CPSK
(Voz)	SCPC FM
Antena	
Método de posicionamiento	4 ejes esclavos
Diámetro	1.22 metros
Ganancia	23.5 dBi
Ancho de haz	10 Hz a 1.64 GHz
Polarización	CND
Operación	
Temperatura (sección superior)	-40° a 65°
(sección inferior)	0° a 55°
Requerimientos de potencia a la entrada	
Voltaje	220/115 VAC, 10%
Frecuencia	50/60 Hz, 6%
Medio Ambiente	
Humedad relativa	Hasta 95% min.
Formación de hielo	Hasta 1" de hielo
Precipitación	Hasta 10 cm/hr
Viento	Hasta 139 Km/hr
Balance	25%
Cabezada	7 1/2
Guñada	4
Oleada	0.1 g
Vaivén	0.1 g
Sube-baja	0.25 g
Velocidad de giro	6°/seg
Velocidad (alcance)	55.6 Km/hr
Dimensiones	
Ensamblaje de la antena en sección superior	Base, 2 m en diam. Altura, 2.03 m
Consola de la sección inferior	0.61*0.61*1.52 m
Peso	
Ensamblaje de la antena en sección superior	227 Kg
Consola de la sección inferior	159 Kg

Las terminales en las naves Marisat consisten de una sección superior en cubierta donde se maneja RF, y una sección inferior bajo cubierta con el equipo de comunicaciones. La superior incluye una antena de 1.22 m de diámetro, un amplificador transmisor de estado sólido de 30 W en la banda L, un preamplificador receptor en banda L y un sistema de posicionamiento. Este sistema está constituido por un pedestal de azimut y elevación que es estabilizado sobre una plataforma giratoria. El girocompás de la nave proporciona una señal que corrige el azimut y un sistema de rastreo por pasos -el cual sigue una señal de 1.5 GHz desde el satélite- proporciona un ajuste fino para el posicionamiento de la antena.

El equipo de comunicaciones de la sección inferior incluye una unidad de control de antena, electrónica de comunicaciones para transmisión, recepción, señalización, control de red y acceso, y un equipo de teleimpresión y telefonía (el teleimpresor tiene una velocidad de 50 bauds y el teléfono es de teclas), como se puede observar en la Fig. 4.2.7.

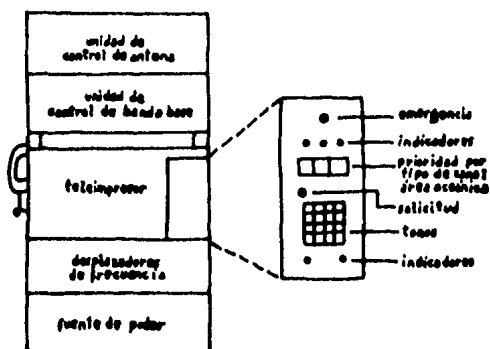


Fig. 4.2.7 Equipo de cubierta inferior de una nave MARISAT

4.3 Marots (AEE)

Introducción

El programa Marots (Maritime Orbital Test Satellite) de la Agencia Espacial Europea (AEE) nunca entró en operación. El satélite estaba diseñado para conducir experimentos relacionados con las comunicaciones marítimas. Tendría una vida operacional de varios años y proporcionaría, al menos, 36 circuitos bidireccionales de voz. Marots estaba siendo implementado con un enlace costa-satélite de 14/11 GHz, pero más tarde la AEE ordenó una reconfiguración de dicho sistema para operar el enlace costa-satélite a 6/4 GHz, de tal forma que fuera compatible con las estaciones terrenas de Marisat, convirtiéndose así en la serie de satélites Marecs.

4.3.1 Desarrollo del sistema Marots

Hasta el surgimiento del sistema Marisat, las naves en mar no tenían modos confiables y rápidos de comunicación. Por ejemplo, utilizando radio HF, especialmente bajo condiciones de disturbio ionosférico, puede haber retrasos de horas e inclusive de días en las comunicaciones. Como resultado de esto, re-ruteos necesarios de cargas importantes se retrasan, y este retraso puede ser muy costoso. Hay otros servicios importantes de comunicaciones que son víctimas de retrasos similares. Marisat brindó enlaces de comunicación confiables mediante el uso de satélites.

La necesidad de establecer comunicaciones por satélite a nivel mundial para naves fue reconocida y Marots era una de las actividades espaciales diseñadas para proporcionar la base experimental de un sistema de comunicaciones marítimas por satélite. El programa Marots fue establecido en la Conferencia Espacial Europea, en Bruselas en 1973, como parte de un programa espacial el cual incluía al lanzador Ariane y al Laboratorio Espacial (Spacelab) como los temas principales. Este programa fue consecuencia del deseo de dirigir tantas actividades espaciales nacionales y recursos como fuera posible con la unión de varios programas europeos. Con esta idea, el Reino Unido canceló su programa SGT (Satélite Geoestacionario de Telecomunicaciones) y en lugar de esto entró al programa Marots AEE como el mayor contribuyente (56%) junto con otros ocho países europeos. Noruega, a pesar de no ser Estado Miembro de la AEE, decidió participar en el programa, en vista de sus fuertes intereses marinos.

El propósito del programa Marots fue desarrollar, construir, lanzar y operar en órbita un satélite marítimo experimental y preoperacional. Las actividades experimentales planeadas comprendían:

- Evaluación del sistema de comunicación
- Pruebas a las terminales de nave
- Experimentos operacionales orientados a los usuarios
- Experimentos de emergencia y seguridad

Nueve países de Europa Occidental cooperaron con la Agencia Espacial Europea para desarrollar Marots. Este programa contemplaba un satélite para contener el segmento espacial del sistema experimental de satélites. También contemplaba una nave de reserva, así como facilidades de Telemetría, Rastreo y Control (TR&C).

Durante el periodo de desarrollo del satélite Marots, muchos de los aspectos experimentales habían sido demostrados por medio del sistema Marisat.

El satélite Marots estaba diseñado para una capacidad de 40 o más canales telefónicos que podían ser suficientes para satisfacer los requerimientos de tráfico marítimo.

4.3.2 Uso Operacional de Marots

Debido a que el satélite Marots tenía más capacidad de la requerida para realizar experimentos, se pensó que este recurso debía ser utilizado. Con esto en mente, los países participantes decidieron ofrecer la capacidad de comunicación del Marots a sus gobiernos para uso operacional.

Los gobiernos estudiaron las consecuencias operacionales y económicas de utilizar al satélite en forma operacional. Si lo aceptaban, deberían cargar con los gastos que implicara el establecimiento de, al menos, una estación terrena estándar; iban a tener la obligación de mantener el servicio operacional una vez iniciado, y además, deberían crear un arreglo especial para el uso operacional del satélite. Después de un estudio cuidadoso los gobiernos decidieron utilizar al Marots operacionalmente, pero como ya se mencionado, esto no pudo hacerse realidad.

4.3.3 Requerimientos y Tráfico del Sistema

Marots iba a ser un satélite de comunicaciones marítimas con características basadas en las recomendaciones de la Organización Internacional Consultiva Marítima (OICM).

Había sido diseñado para permitir una amplia variedad de experimentos y, hasta donde fuera posible, tener las características de un sistema operacional cuyos propósitos eran:

- Aliviar las congestiones en la banda HF
- Mejorar la confiabilidad, calidad y velocidad de las comunicaciones marítimas
- Proporcionar mayor cobertura geográfica para las vías de navegación
- Introducir más circuitos y permitir la automatización de las transmisiones por radio-teleéfono y teletipresor
- Permitir servicios en las bandas HF y MF
- Mejorar los servicios de seguridad y auxilio

Marots, por lo tanto, iba a ser posible llamadas privadas para la tripulación de las naves, iba a permitir transmisiones de datos sobre el tiempo y sobre el viaje, iba a mejorar la calidad de voz con respecto a la que se tiene en HF, iba a permitir acceso a cualquier hora, también como la posibilidad de transmisiones programadas, e iba a reducir los tiempos de espera en las comunicaciones. Marots proporcionaría hasta 50 canales de voz de costa a nave y hasta 60 de nave a costa. Datos a alta velocidad, alternativamente, iban a poder ser transmitidos sobre canales de voz.

4.3.4 Control del Sistema

El control del sistema Marots lo iba a llevar a cabo el Centro de Operaciones del Espacio Europeo (COEE) situado en Darmstadt, Alemania, en el Edificio del Centro de Control Europeo. El control del satélite se originaría en esta localidad con comandos enviados desde la Terminal de Control del Satélite de la AEE en

Villafranca del Castillo, cerca de Madrid, España. Las operaciones que se tuvieran que realizar por computadora iban a ser manejadas por el Departamento de Computación de la AEE en el COEE.

Durante el movimiento del satélite en la órbita geostacionaria, los datos de telemetría y las operaciones de comando y alineamiento serían manejadas por las estaciones AEE en Redu, Bélgica, ayudadas por otras cuatro situadas apropiadamente.

En general, se planeaba un uso máximo de las facilidades terrestres ya establecidas para misiones geostacionarias. Estas incluían el Sistema de Apoyo Multi-Satélite en el COEE y el equipo de TR&C VHF. El desarrollo incluía la estructura de antenas para 14/11 GHz, alimentadores, software operacional y procedimientos de operación.

4.4. Inmarsat

Introducción

Desde que la International Maritime Satellite Organization (Inmarsat) inició operaciones en Febrero de 1982, ha tenido un rápido crecimiento en el número de usuarios de su sistema de comunicaciones marítimas por satélite. Este capítulo describe la capacidad del sistema Inmarsat. También comenta planes futuros como la inclusión de nuevas estaciones terrenas estándar en nave y sus requerimientos de segmento espacial, las posibilidades de otras aplicaciones móviles por satélite, y los prospectos para integrar un sistema de satélites con órbita polar dentro del marco de trabajo del sistema geostacionario ya existente.

4.4.1 Orígenes

Inmarsat tiene sus orígenes en la Organización Intergubernamental Consultora Marítima (ahora la Organización Marítima Internacional), una agencia de las Naciones Unidas, responsable de la seguridad de las personas en el mar, la cual realizó una serie de conferencias internacionales para considerar el establecimiento de un sistema marítimo internacional utilizando satélites. El 3 de septiembre de 1976, la última de estas conferencias adoptó la Convención Inmarsat y el Acuerdo de Operación.

Inmarsat fue reconocido la medianoche del 15/16 de Julio de 1979 siendo la culminación de muchos años de cooperación entre las naciones marítimas del mundo. El 10. de Febrero de 1982, Inmarsat empezó a proporcionar comunicaciones por satélite a la comunidad marítima internacional.

4.4.2 Servicios de Comunicación

Actualmente Inmarsat proporciona telefonía y télex duplex a 30 budios a usuarios en nave y costa. Adicionalmente, canales de telefonía pueden ser utilizados para acomodar facsimil y transmisión de datos (banda de voz) a velocidades de hasta 2400 budios por segundo. En la dirección nave-costa un servicio (opcional) de datos a alta velocidad a 56 Kbps se tiene disponible para algunas estaciones terrenas costeras y naves equipadas apropiadamente.

El sistema Inmarsat también incluye un servicio denominado de "radiodifusión" mediante el cual grupos de naves con un interés común (por ejemplo, de una flota particular o de un grupo nacional) pueden recibir un mensaje de télex común. Este tipo de servicio también existe para naves en una región geográfica definida dentro del área de cobertura de cada satélite, lo cual es particularmente útil para informaciones meteorológicas tales como predicciones de clima y avisos de tormentas. Un nuevo sistema de "radiodifusión" se está estudiando para reestructurar una definición más flexible del número y tamaño de las áreas oceánicas.

Los beneficios y ventajas del sistema Inmarsat son palpables para el usuario, de tal forma que la demanda de servicios ha crecido muchísimo, tal y como sucede con los usuarios de redes utilizadas tierra adentro. Ejemplos de nuevos servicios que están siendo introducidos al sistema son circuitos de exploración lenta en televisión y de datos a 4.8 y 9.6 Kbps. Ambas formas de servicio se pueden acomodar dentro de un canal telefónico y aprovechar su potencia y ancho de banda (del canal) sin hacer modificaciones importantes al sistema.

Los canales de datos digitales a 64 Kbps y hasta 1.544 Mbps están siendo un requerimiento indispensable para muchas aplicaciones, particularmente para las industrias procesadoras de gas y petróleo. Inmarsat está proporcionando los servicios de datos de banda ancha mencionados anteriormente, así como el de 56 kbps, utilizando antenas más grandes (en las naves) y aplicando novedosas técnicas de corrección de errores para lograr una tasa de error aceptable.

4.4.3 Servicios de Seguridad y Auxilio

Uno de los principales objetivos de Inmarsat es proporcionar facilidades mejoradas para comunicaciones de ayuda y seguridad de la vida en el mar.

Las estaciones terrenas en nave son capaces de solicitar la asignación de un canal duplex ya sea telefónico o de télex en caso de una situación de emergencia. Utilizando el código apropiado en la ráfaga del canal de solicitud de la nave, la comunicación se establece con la estación terrena costera seleccionada (aún cuando la capacidad del satélite esté distribuida totalmente en otras llamadas) para que a su vez sea

enrutada al correspondiente centro de coordinación de rescate.

El conocimiento de la posición de una nave y la habilidad para rastrear sus movimientos durante un viaje son de interés para el propietario (con propósitos de conducción) y para la Organización Marítima Internacional (OMI) y las autoridades de rescate en costa, con propósitos de seguridad y ayuda. Se está considerando que esta información se proporcione vía satélite, ya sea por poleo regular de naves o por transmisión voluntaria de reportes de posición. La información de posición puede obtenerse de una manera sencilla desde los dispositivos de navegación transportados en embarcaciones en movimiento. La interfase (conexión) entre el equipo y la estación terrena en el satélite se puede lograr en la misma manera.

La inmediación y disponibilidad de las comunicaciones Inmarsat han hecho posible que algunas administraciones permitan a la estación terrena en nave ser un transmisor alternativo para transporte de mando en naves que se rigen por los reglamentos de la Convención OMI sobre la Seguridad de Vida en el Mar (SVM). Muchas más administraciones se espera que sigan con este procedimiento mientras que la OMI prepara sus nuevos requerimientos SVM y sus propósitos para el Sistema de Seguridad y Ayuda Marítima Global Futura (SSAHGF). A largo plazo (1990 aproximadamente) el potencial del sistema Inmarsat para proporcionar una contribución significativa al SSAHGF ha sido augurado por la OMI de la siguiente manera: tener comunicaciones disponibles para toda clase de embarcaciones sobre una base global.

Un ejemplo del potencial de Inmarsat a este respecto es la IPESL (Indicación de Posición de Emergencia por Medio de Señales Luminosas) en el satélite, lo cual se espera llegue a ser un requerimiento de transporte de mando como parte del SSAHGF. Dos formas diferentes de IPESL están bajo prueba. El CCIR completó ensayos recientemente en la banda L utilizando satélites Inmarsat geoestacionarios y facilidades terrestres demostrando la factibilidad de proporcionar servicios IPESL en banda L a través de satélites geoestacionarios. El sistema experimental COSPAS/SARSAT utilizando satélites en una órbita polar baja e IPESL's de 406 MHz también están siendo evaluados (IPESL's de 121.5/243 MHz son incluidos en el sistema).

4.4.4 Segmento Espacial

Inmarsat empezó a proporcionar sus servicios en 1982 con tres satélites Marisat que ya estaban en órbita. Uno de éstos (el de la Región Oceánica del Pacífico) está todavía en uso como satélite operacional. Inmarsat continuará arrendando la capacidad Marisat con el objeto de asegurar una transición "insensible" hacia la situación final en la cual habrá nuevos satélites operacionales y de reserva en cada región oceánica.

El primer satélite Marecs (Marecs A) arrendado por la Agencia Espacial Europea (AEE) fue lanzado exitosamente y entró en servicio sobre la Región Oceánica del Atlántico (ROA) en Mayo de 1983. El segundo de ellos (Marecs B) se perdió cuando la tercera etapa de su vehículo lanzador, el Ariane falló nueve minutos después del despegue. Un satélite de reemplazo (Marecs B2) está siendo ensamblado principalmente de componentes de reserva y se planea su lanzamiento para fines de 1984 o inicios de 1985.

El primer satélite Intelsat V que transportó un subsistema de comunicaciones marítimas (SCM) fue lanzado en Septiembre de 1982 y es ahora satélite operacional sobre la Región Oceánica del Indico (ROI); el segundo estuvo listo para entrar a servicio el 10. de Agosto de 1982 y es ahora satélite reserva (en órbita) sobre la ROA. El tercer satélite SCM fue lanzado exitosamente el 19 de Octubre de 1983 y está posicionado en la ROI a 60 grados Este. El contrato con Intelsat establece el arrendamiento de cuatro SCM's. La Tabla 4.4.1 muestra el despliegue de los satélites Inmarsat.

Tabla 4.4.1
Plan de Despliegue de los Satélites Inmarsat
en el Segmento Espacial de Primera Operación

Región Oceánica	Satélite	Localización	Estado del Satélite
ROA	Marecs A	26°W	Operacional
	Intelsat V MCS B (F6)	18.5°W	Reserva (en órbita)
ROI	Intelsat V MCS A (F5)	63°E	Operacional
	Intelsat V MCS C (F7)	60°E	Reserva (en órbita)
ROP	Marisat F3	176.5°E	Operacional
	Marecs B2	177.5°E	Operacional

La cobertura de este sistema con satélites operacionales a 26 grados Oeste, 63 grados Este y 176.5 grados Este está mostrada en la Fig. 4.4.1

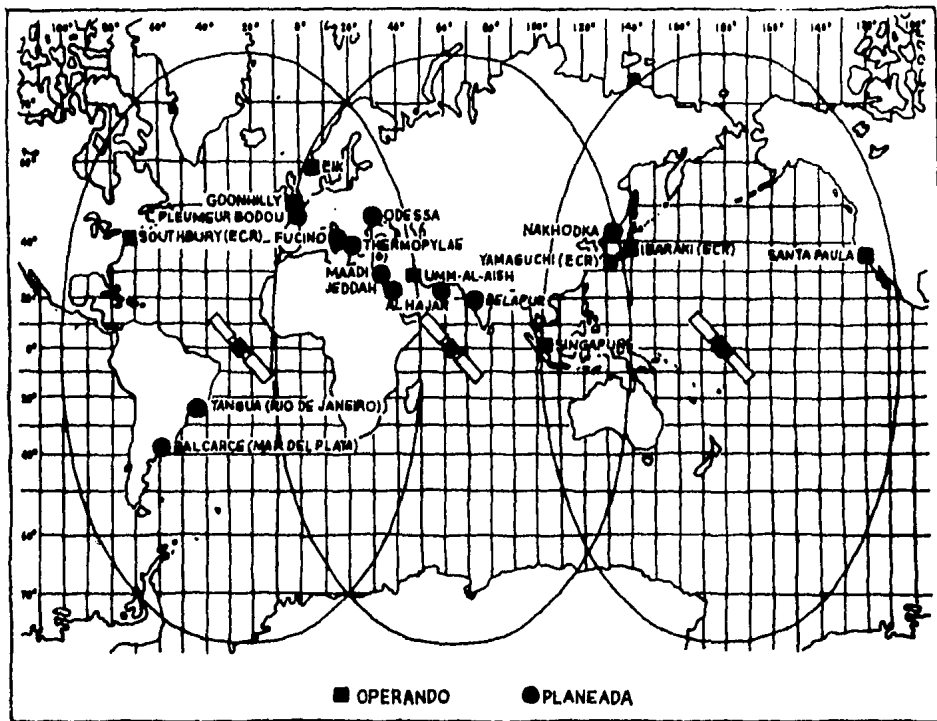


Fig. 4.4.1 Cobertura de los satélites INMARSAT

La capacidad de comunicaciones del sistema Inmarsat en cada satélite es proporcionada por un transpondedor costa- nave (6 GHz en recepción y 1.5 GHz en transmisión) y por otro nave-costa (1.6 GHz en recepción y 4 GHz en transmisión). Las antenas de los satélites consisten de dos cornetas de 4 y 6 GHz respectivamente, que proporcionan una cobertura terrestre con ganancias en el borde del haz principal superiores a los 16 dB. Cada satélite contiene una antena receptora/transmisora en banda L para proporcionar cobertura terrestre. Los satélites Marisat e Intelsat V SCM utilizan una antena con arreglo helicoidal de 4 elementos que proporciona una ganancia en el borde del haz principal de 16 dB; el satélite Marecs usa una antena parabólica de haz dirigido con un diámetro de 1.8 m y que proporciona una ganancia de 18 dB aproximadamente en el borde del haz principal.

Para transmisiones costa- nave los satélites Marisat utilizan un tubo amplificador de ondas viajeras (TAOV) que opera cerca de saturación. El Intelsat V SCM usa un amplificador de potencia transistorizado (APT) con dos etapas de ganancia y dos posibles modos de salida. El Marecs también utiliza un APT pero con

control de nivel automático (CNA) para mantener constantes al punto de operación y a la potencia de salida.

Las transmisiones del satélite a la nave están limitadas en potencia debido al amplio ancho del haz y, por lo tanto, los amplificadores de potencia en banda L se deben operar en la región no lineal cerca de saturación. Esto requiere el uso de una frecuencia pseudoaleatoria que minimiza la intermodulación por ruido la cual ataca las ranuras de frecuencia operacional.

Para las transmisiones nave-costa todos los satélites utilizan TAOV's (mejor conocidos como TOPS) operando en la región lineal. El Intelsat V SCH tiene dos etapas de ganancia. El Marecs tiene un amplio rango de ganancias e incorpora CNA para tal fin, pero esta facilidad se desconecta en el modo normal de operación con el objeto de reducir la posible interferencia con redes adyacentes de otros sistemas.

El Marecs tiene un transpondedor adicional de banda angosta y alta ganancia que proporciona 12 dB extras para experimentación utilizando equipo de baja potencia tales como los IPESL's.

4.4.5 Estaciones Costeras Terrenas

Todas las comunicaciones nave-costa y costa-nave se hacen a través de estaciones terrenas costeras (ETC). Estas son propiedad y operadas por los creadores de Inmarsat, quienes también son responsables de las conexiones en tierra hacia las redes públicas tanto de teléfono como de telex. Cada ETC debe cumplir con los requerimientos y procedimientos aprobados por Inmarsat.

Las tres estaciones costeras terrenas usadas en el sistema Marisat continúan operando con Inmarsat. Estas estaciones están en Southbury (E.U.), Santa Paula (E.U.) y Yamaguchi (Japón). Desde Febrero de 1982 varias estaciones terrenas costeras han estado entrando en operación. Alrededor de 20 estaciones terrenas costeras están planeadas para entrar a servicio en 1985. Sus nombres y sus respectivas áreas oceánicas pueden verse en la Tabla 4.4.2

Tabla 4.4.2
Estaciones Terrenas Costeras Inmarsat
Existentes a Principios de 1985

Región Oceánica	Estación Terrena Costera
ROA	Fucino (Italia) Goonhilly (Inglaterra) Maadi (Egipto) Mar del Plata (Argentina) Odessa (URSS) Pleumeur Bodou (Francia) Southbury (Estados Unidos) Tangua (Brasil) Umm-Al-Aish (Kuwait) Jeddah (Arabia Saudita)
ROI	Elk (Noruega) Nakhodka (URSS) Odessa (URSS) Thermopylae (Grecia) Umm-Al-Aish (Kuwait) Yamaguchi (Japón) Jeddah (Arabia Saudita)
ROP	Ibaraki (Japón) Hong Kong Nakhodka (URSS) Santa Paula (Estados Unidos) Singapur

Cada estación terrena costera tiene una antena parabólica con un diámetro en el rango de los 10-13 m la cual es utilizada para transmisión hacia el satélite (6 GHz) y recepción desde el satélite (4 GHz). La misma antena se utiliza para transmisión (1.6 GHz) y recepción (1.5 GHz) en banda L de señales de control de la red. Algunas facilidades son incluidas en cada estación terrena costera para compensación de errores por translación de frecuencia tanto en la dirección costa-nave como en la de nave-costa.

El equipo de comunicaciones incluye moduladores y demoduladores de teléfono y telex, equipo de control de acceso y equipo de señalización en-banda para comunicación con la red terrestre.

4.4.6 Canales de Comunicación

Los siguientes tipos de canal de comunicación son utilizados en el sistema Inmarsat.

Telefonía

Los canales FM/SCPC (Frequency Modulation/Single Channel Per Carrier) son utilizados para transmisión de voz, de datos a velocidades de hasta 2.4 kbps, y de facsímil analógico y digital. Los canales telefónicos son proporcionados sobre una base FDMA/SCPC y son asignados en base a la demanda por una estación coordinadora de red (ECR).

Telegrafía

La telegrafía en la dirección costa-nave es transmitida en FDMA/TDM; cada portadora TDM es preasignada a una estación terrena costera particular. Veintidós canales de télex a 50 bps y un canal de señalización fuera-de-banda son multicanalizados por división en el tiempo en cada portadora TDM. Una portadora TDM (la común) transmitida por las estaciones coordinadoras de red transporta un canal de señalización común utilizado para enviar mensajes de asignación y otros mensajes de señalización hacia estaciones terrenas costeras y estaciones terrenas en nave. En la dirección nave-costa la telegrafía es transmitida por estaciones terrenas en naves en TDMA en la cual cada portadora es apareada en frecuencia con la portadora TDM asignada a una estación terrena costera particular.

Canales de Solicitud

Una estación terrena en nave transmite un mensaje de solicitud como una ráfaga de señalización sobre un canal de acceso aleatorio. Cada mensaje de solicitud tiene la siguiente información: el identificador de la estación terrena en nave y la estación terrena costera direccionada, el tipo de canal solicitado, el área oceánica de la nave e información acerca de la detección de errores. Actualmente hay dos canales de solicitud en uso. Las estaciones terrenas de naves de Inmarsat transmiten alternativamente ráfagas de solicitud en cada uno de estos canales; por lo tanto, la interferencia en uno de estos canales no resultaría peligroso para la información transmitida.

Canales de Datos a Alta Velocidad

Las transmisiones de datos a alta velocidad solo son posibles en la dirección nave-costa utilizando un canal de un pequeño grupo de demanda asignada (telefonía) que puede aceptar el amplio ancho de banda del espectro HSD sin ocasionar interferencias en otros canales. Durante las transmisiones HSD el PIRE de una estación terrena en nave (estándar tipo C) debe incrementarse hasta 2 dB para poder acomodar el tren de datos a 56 Kbps. Este tren es codificado convolucionalmente (tasa de 0.5) resultando en una transmisión cuya velocidad es de 112 kbps. El método de modulación utilizado es el PSK de 4 fases.

4.4.7 Estaciones Terrenas en Nave (Estaciones Estándar tipo A)

Una estación terrena en nave del sistema Inmarsat es capaz de comunicarse con estaciones terrenas costeras en un modo de operación automática dentro de las bandas de frecuencias de 1.5 y 1.6 GHz. Las estaciones estándar tipo A son de las siguientes clases:

Clase 1- Apropriada para tráfico telefónico y de télex;

Clase 2- Apropriada solo para tráfico telefónico;

Clase 3- Apropriada solo para télex.

Dependiendo de la clase y del diseño, la estación terrena en nave es capaz de llevar a cabo todas o algunas de las siguientes funciones:

- * Recepción automática de llamadas por télex
- * Recepción automática de llamadas telefónicas
- * Iniciación de llamadas por télex
- * Recepción de llamadas telefónicas o de "Radiodifusión" (télex) en la dirección costa-nave cuando se direccionan con cualquiera de los siguientes identificadores:
 - el identificador único de la estación en nave
 - un identificador denominado "De todas las Naves"
 - uno de 15 posibles identificadores de área Oceánica.
 - un identificador nacional (opcional)
 - un identificador de flota (opcional)
 - un identificador de grupo general (opcional)

Funciones opcionales incluyen las capacidades de transmisión de datos a alta velocidad (56 Kbps) en la dirección nave-costa. Facsímil, datos (2.4 Kbps) y otro equipo periférico puede interconectarse con la ETN.

La ETN, la estándar tipo A consiste de dos partes: un equipo arriba de la cubierta y otro, abajo de la misma. El equipo de arriba está constituido por una antena parabólica montada sobre una plataforma estabilizadora con aditamentos de autorastreo que permite al haz de la antena apuntar fijamente al satélite sin importar los movimientos de la nave; un amplificador de potencia de estado sólido en banda L; un amplificador de bajo ruido de banda L; un duplexor, y una cubierta protectora de poca pérdida. El equipo de abajo consiste de una unidad de control de antena; electrónica de comunicaciones utilizada para transmisión, recepción, control de acceso y señalización; y equipo de banda base para teléfono y télex.

Existen modelos Marisat en las ETN's que operan en el sistema Inmarsat; sin embargo, algunos de los primeros modelos están severamente restringidos en el número de ETC's con las cuales

puedan comunicarse. Estas ETN's tienen una ganancia en las antenas de 23 dB aproximadamente. La mayoría de las antenas empleadas en las ETN's de Inmarsat son similares en diámetro y ganancia. Sin embargo, algunos diseños modernos emplean antenas de 85 cm de diámetro y menos ganancia (solo un poco menos), mientras siguen reuniendo los requerimientos de G/T y de PIRE.

La era de los satélites ha traído beneficios significativos a los usuarios, resultando en alta calidad, disponibilidad y acceso directo a las redes de comunicaciones de conmutación automática. El rápido incremento en el número de estaciones terrenas costeras participantes ha resultado en enlaces terrestres más cortos y, consecuentemente, con cargos más bajos para los usuarios. Estos cargos son ahora competitivos con los de larga distancia HF y, en algunos casos, igualmente bajos. Ya que la tendencia es mantener tarifas a un nivel constante, los usuarios estarán cada vez más a favor del sistema Inmarsat.

Antes de la introducción de Inmarsat, las estaciones terrenas en nave comisionadas en el sistema Marisat durante el periodo 1976-1981 fueron alrededor de 1,000. El número de éstas para fines de 1983 fue de 2,200 aproximadamente. La Tabla 4.4.3 nos muestra las naves que cuentan con ETN con características Inmarsat.

TABLA 4.4.3

Clasificación de las Naves Equipadas con ETN de Acuerdo a las Toneladas que Manejan

CATEGORIA	0-1,600	1,600-10,000	MAS DE 10,000	TOTAL
Carguero	1	4	248	253
Tendido de líneas submarinas	0	12	1	13
Contenedores	9	15	99	123
Industriales	2	2	0	4
Pesqueros	31	3	0	34
Carga en general	7	35	98	140
Gubernamentales	10	31	40	81
Rompe-hielos	0	2	0	2
Transportadores de gas licuado	0	8	67	75
Varios	14	8	7	29
Perforación y plataformas	0	93	40	133
Construcción	7	17	18	42
Tanque	1	10	525	536
Pasajeros	0	6	28	34
Investigación	19	10	1	30
Sismográfico	88	9	2	99
Especiales	0	12	47	59
Remolcadores	12	2	0	14
Yates	64	7	0	71
TOTAL	265	286	1221	1772

La limitación del uso de las ETN's Inmarsat es el modo de operación de un canal, es decir, solo un canal telefónico o de telex puede ser transmitido a la vez. Existe demanda de capacidad multicanal, particularmente de instalaciones en costa y cruceros. Inmarsat ha definido recientemente las características técnicas de dicho multicanal, compatible con el sencillo de las ETN's estándar tipo A. Estas pueden ser modificadas para proporcionar al usuario dos o tres canales simultáneamente. Además de las modificaciones que se tengan que hacer en la señalización y en el acceso, el área más importante donde deben hacerse cambios es en el amplificador de alta potencia. Se tienen dos opciones: una combinación de los amplificadores de estado sólido clase C o un amplificador lineal clase A.

Las especificaciones de las ETN estándar tipo A de Inmarsat se basaron en los requerimientos formulados para el equipo que operaría en el sistema Marisat. En muchos aspectos, la especificación del sistema se ajustó a los requerimientos de un gran número de embarcaciones (las de más de 1,000 toneladas) y a la tecnología disponible de los 70's.

Los últimos modelos de las estaciones estándar tipo A han hecho mano de las más novedosas tecnologías para reducir tamaño, complejidad y costo del equipo. Sin embargo, la configuración básica de éste tiene un costo relativamente alto, una gran antena acompañada de un mecanismo de estabilización/posicionamiento, y modulación analógica para canales de voz.

4.4.B Nuevas Estaciones Terrenas en Nave (Estaciones Estándar)

El desarrollo de nuevos estándares aplicables a estaciones terrenas en nave para proporcionar servicios futuros, será determinado principalmente por requerimientos de usuarios (servicios de comunicación) y por conceptos de diseño del sistema fundamental (uso eficiente de los recursos del segmento espacial).

Dos nuevas estaciones terrenas en nave (estaciones estándar) están siendo estudiadas en base a los siguientes requerimientos de servicio básico:

-Estándar tipo B: telefonía, telegrafía, datos en banda de voz y datos digitales, con variantes opcionales posibles para incluir operación multicanal y transmisión de datos a alta velocidad; y

-Estándar tipo C: telegrafía y transmisión de datos a baja velocidad para correspondencia pública y alertas en caso de emergencia.

La Tabla 4.4.4 muestra un resumen de las características más importantes de las estaciones terrenas estándar en nave del tipo que existe y de los que se están estudiando.

TABLA 4.4.4
Características de las Estaciones Terrenas Móviles del Sistema Inmarsat

ESTANDAR	A	B	C	E (IPESL)
APLICACION	Marítima (Aeronáutica)	Marítima	Marítima (Aeronáutica) (Terrestre)	Marítima (Aeronáutica)
Características				
G/T (dBK)	-4	-10 a -7	-26 a -17	-
PIRE (dBW)	36	26	20	0
Tamaño de la antena (m)	0.85 a 1.2	0.4 a 0.5	0.2	0.2
Servicios				
Telefonía	FH (buena calidad)	Digital (buena calidad)	-	-
Datos a baja velocidad	2,400 bps	2,400 bps	1,000 bps	100 bps
Solo datos	-	4,800 bps	1,000 bps	-
Implementación Existente		1986 a 1988	1986 a 1988	1986 a 1988

NOTA: las aplicaciones indicadas entre paréntesis son factibles siempre y cuando se cuente con los aditamentos apropiados.

Estación Terrena en Nave (Estándar Tipo B)

La estación estándar tipo B pudiera ser considerada como una estación terrena en nave con uso predominantemente para voz. Con el objeto de minimizar costos al usuario (equipo, transportación, instalación) y reducir el tamaño de la estación -mientras ésta conserva la calidad de las estaciones como estándar tipo A- se ha desarrollado la siguiente configuración como base de estudios posteriores:

- Sistema de antena: diámetro de 40 a 50 cm. logrando una ganancia de 15 dBi.
- Receptor: amplificador de bajo ruido, tecnología FET de 100K (temperatura de ruido del sistema 250K) proporcionando una relación G/T de aproximadamente -10 dBK.
- Transmisor: amplificador de alta potencia de 20 W proporcionando un PIRE de 26 dBW por canal.
- Modulación/codificación de voz: tasa de codificación de voz de 16 Kbps utilizando tecnología predictiva adaptativa o de sub-banda con modulación QPSK y una tasa de 1/2 FEC.

En cuanto a características físicas el equipo en la parte superior de la cubierta de la estación estándar tipo B podría ser una octava parte en volumen y peso del utilizado en la estación estándar tipo A. Desde el punto de vista del sistema, el uso de

modulación digital reduciría los requerimientos de espacio de un canal de 25 KHz comparados con los de 50 KHz mínimos que se necesitan para el sistema FM en la estación estándar tipo A; la corrección de errores proporcionaría una ventaja de 3 a 4 dB aproximadamente dependiendo de la eficiencia de utilización de la potencia del satélite. La adopción de técnicas digitales para la implementación básica de una estación estándar tipo B permitiría la conexión con la red digital de conmutación internacional.

Comparada con la estación estándar tipo A, la menor ganancia de la antena, y por lo tanto el ancho del haz más amplio de una estación estándar tipo B harían a los canales del satélite más susceptibles a las reflexiones múltiples de la superficie del mar. El uso de FEC y de una técnica de modulación robusta compensarían a algunas zonas en caso de desvanecimiento; sin embargo, las técnicas de reducción multitrayectoria necesitarían ser consideradas, con el objeto de proporcionar a los canales calidad aceptable en presencia de desvanecimientos, particularmente en ángulos de elevación pequeños.

Estación Terrena en Nave (Estándar Tipo C)

Existe un mercado significativamente grande que comprende embarcaciones pequeñas las cuales solo requerirían un servicio de datos a baja velocidad. Tales embarcaciones podrían encontrar en el servicio télex una solución a sus necesidades de comunicación, pero quizá sería más significativa una capacidad de comunicación vía satélite para propósitos de emergencia principalmente. Con esto en mente Inmarsat está estudiando activamente la posible introducción de una estación estándar tipo C, la cual encontraría una amplia aplicación en embarcaciones de todas categorías como un elemento fundamental del Sistema Marítimo Global Futuro de Emergencia y Seguridad.

La estación estándar tipo C es considerada como una estación terrena en nave de muy baja Figura de Mérito (de 17 dBK a -26 dBK) que proporciona datos a una tasa baja y canales de télex de alrededor de 1 kbps por medio de una antena casi omnidireccional de baja ganancia. En el modo receptor las naves están equipadas para poder recibir mensajes de seguridad y emergencia (auxilio) directamente desde los centros de rescate. Por lo tanto, podrían brindar asistencia a embarcaciones en peligro, en las inmediaciones de alguna zona cercana a ellas. En el modo transmisor, el amplio ancho del haz de la antena permitiría a la nave enviar un mensaje de auxilio aún cuando maneje muchas más señales. Lo compacto del equipo en la parte superior de la cubierta permitiría a la antena, ser montada en cualquier parte de la nave y a un bajo costo para el usuario. Sus potenciales capacidades de comunicación tendrían un amplio rango de aplicación e incluirían la posibilidad de actuar como respaldo para otras terminales (más grandes) Inmarsat.

La implementación de la estación estándar tipo C deja en tela de juicio a varios elementos del diseño del sistema debido al amplio ancho del haz de la antena y a la relativamente baja tasa de bits

de las señales de comunicación. Una restricción importante resultado de estas características inherentes, es la inhabilidad de proporcionar capacidad para voz, al menos no es posible en un futuro inmediato.

Las bajas ganancias de las antenas de no más de 3 a 4 dB limitan la tasa de bits a 1 Kbps, que es la que se tendría disponible.

Este orden de ancho de banda no permitiría las comunicaciones por voz con los esquemas de codificación y modulación de que se dispone actualmente. Avances considerables en la potencia del satélite (esto se lograría con antenas direccionales) serían necesarios antes de que en una estación estándar tipo C se pudieran contemplar servicios de transmisión de datos a alta velocidad.

La baja ganancia de la antena incrementa la susceptibilidad a efectos de desvanecimientos de la señal. Para reducir esta posibilidad se utilizan técnicas de arreglos de fase y diversidad espacial. La diversidad de frecuencia no se usa debido al limitado ancho de banda de que se dispone. Poderosos métodos de codificación como el convolucional serían muy buenos para compensar los efectos ya mencionados. Sin embargo, una gran incertidumbre en la selección de la técnica de codificación apropiada es la característica cuando se quiere trabajar con una señal desvanecida.

La selección de una óptima técnica de modulación es de capital importancia para la detección, sincronización y recepción de señales a baja velocidad en un proceso de desvanecimiento. Otras degradaciones tales como ruido de fase y compensación de frecuencia también necesitan de consideraciones cuidadosas. La PSK es una técnica adecuada para altas velocidades mientras que para las bajas es recomendable la DPSK o la FSK.

4.4.9 Nuevas aplicaciones Del Sistema

A pesar de que la Convención Inmarsat define la provisión de servicios de comunicación a naves como principal objetivo de la organización, otro tipo de servicios fueron previstos. La Conferencia Internacional que estableció a Inmarsat ordenó un estudio sobre satélites multipropósito para proporcionar capacidad móvil y móvil aeronáutica. Actualmente, Inmarsat es consultada por otras organizaciones internacionales responsables de operaciones aeronáuticas como son la Organización Internacional de la Aviación Civil (OACI) y la Organización Internacional de Transporte Aéreo (OACI).

El uso de satélites de comunicación por parte de la comunidad aérea internacional ofrece la posibilidad de potencial operacional y beneficios económicos al usuario, particularmente en el contexto de las comunicaciones de control de tráfico aéreo (CTA).

Estudios y planes realizados por organizaciones de Europa, Canadá y E.U. respecto al programa Aerosat se basaron en la premisa inicial de un segmento espacial dedicado a servicios aeronáuticos. La incertidumbre económica del concepto fue tal que este programa nunca funcionó.

El subsecuente establecimiento del sistema Inmarsat y las facilidades de sus segmentos espacial y terrestre han ofrecido una nueva oportunidad a la comunidad aeronáutica para reconsiderar la posibilidad de un servicio basado en satélites. Desde el punto de vista técnico las muchas similitudes entre las aplicaciones marítimas y aeronáuticas por satélite implican beneficios para ambas comunidades móviles.

Para las comunicaciones de control de tráfico aéreo por satélite, las distribuciones de frecuencia en banda L están adyacentes a las bandas marítimas por satélite, y están separadas de un 1 MHz distribuidas para aplicaciones de emergencia móvil común a ambas comunidades (aeronáutica y marítima). Otros factores comunes de ambos servicios demuestran que el concepto de estaciones estándar tipo C desarrollado para usuarios marítimos de poco volumen, pudiera ser aplicado a usuarios aeronáuticos:

- * los requerimientos de servicio para CTA y para estaciones estándar tipo C estarán unidos por canales de datos a baja velocidad operando a Kbps o menos;

- * las restricciones físicas en aviones y pequeñas embarcaciones hacen necesaria la utilización de equipo compacto y barato, antenas de poca ganancia y equipo de larga vida con flexibilidad para futuras modificaciones.

A pesar de que las estaciones terrenas en nave tipo C y las estaciones terrenas para aviación son técnica y operacionalmente similares, tienen diferencias significativas que se originan debido a los diferentes medios en los que se desenvuelven.

Para vuelos sobre áreas oceánicas la estación terrena de aeronavegación experimentará reflexiones multitrayectoria en adición a la señal que le llega directamente desde el satélite. A pesar de que efectos similares se encuentran en las instalaciones para las naves marinas la altura de la aeronave sobre el mar implica que la diferencia de tiempo entre las señales reflejada y directa será mucho más grande que para un barco. Por lo tanto, un método diferente de codificación y modulación de la señal puede ser más eficiente para combatir el problema de las multitrayectorias. La selección de una técnica de codificación/modulación puede ser afectada por la compensación en frecuencia (desplazamiento Doppler) inducida por la velocidad de la aeronave comparada con la de un barco.

Los dos problemas comentados arriba podrían resolverse con el uso de una señal piloto y un equipo de procesamiento de señal por computadora a bordo de la aeronave, externo al equipo básico de comunicaciones. Una antena diferente pudiera ser utilizada para

tener un desempeño óptimo en cada servicio. Los requerimientos de los equipos pudieran diferir de acuerdo a los estándares de instalación y seguridad aplicables a los servicios de comunicación ya sea marítimos o aeronáuticos.

La decisión de Inmarsat para incorporar capacidad aeronáutica en la segunda generación de segmento espacial se debió a una serie de entrevistas con gente de la OIAC y de la AITA. A pesar de que no se ha constituido ninguna comisión formal con respecto al uso operacional de las capacidades de Inmarsat, una expresión de interés por parte de la comunidad aeronáutica ha sido suficiente para destacar su potencial en el campo de la aeronáutica. Comparado al programa Aerosat el uso de un satélite multimisión como el propuesto por Inmarsat permite a los proveedores y usuarios potenciales del servicio, proceder con cautela y no afectar inversiones de alto riesgo en juego.

Las características técnicas y operacionales de las estaciones terrenas en camiones, autos particulares y en trenes son similares a las estaciones marítimas tipo C. Las similitudes entre las aplicaciones móviles terrestres y marítimas son más marcadas que en el caso del sistema aeronáutico.

Un factor que determina diferencias en el diseño del equipo es el medio de propagación de la señal. Las reflexiones en el mar no serían un problema en los móviles de tierra pero el bloqueo de la señal de comunicaciones por edificios y terrenos colinosos podría ocasionar degradaciones significativas. Un método eficiente de codificación y un sistema de control de errores en los mensajes digitales, quizá por repeticiones selectivas, resolvería el problema nuevamente aquí, las similitudes con las estaciones terrenas en nave de tipo C son claras. En las instalaciones de la nave, el amplio ancho del haz de la antena resultaría en un bloqueo ocasional de la señal por la super estructura de la nave; con antenas en embarcaciones pequeñas y en botes salvavidas se podría tener bloqueo por condiciones difíciles en el mar.

CAPITULO V
SISTEMAS DE RADIONAVEGACION
Y
COMUNICACION EMPLEADOS
EN
MEXICO

5.1 Introducción

La creación en nuestro país de una infraestructura capaz de proporcionar servicios de radiocomunicación y navegación marítima tuvo su origen en la necesidad de proporcionar una garantía de seguridad a las personas que por diferentes motivos se encuentran a bordo de una embarcación y de esta manera, dar cumplimiento a los convenios internacionales que para la seguridad de la vida humana y de los bienes en el mar se han suscrito ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) que es el organismo regulador de todo lo referente a las telecomunicaciones en el mundo.

Estos servicios que son coordinados por la Dirección General de Telecomunicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) mediante su Red Nacional de Radiocomunicaciones Marítimas, consisten esencialmente en proporcionar facilidades de comunicación entre cualquier embarcación que se encuentre en el litoral, mar patrimonial o incluso en altamar y cualquier punto en tierra o viceversa y proporcionar a la navegación la seguridad de la vida y de los bienes.

Con lo anterior se consigue que la travesía de las embarcaciones se realice con la mayor seguridad posible y nos permite, en caso de ser necesario, proporcionar la ayuda necesaria.

Es necesario aclarar que existen otros medios de Navegación y Radiocomunicación en México y que de alguna manera son independientes, como es el caso de Petróleos Mexicanos que cuenta con 18 estaciones radiomarítimas como auxiliar en su movimiento de cabotaje de crudos y refinados y la otra es Secretaría de Marina.

5.2 Características y Distribución de la Red Nacional de Radiocomunicaciones Marítimas

Estos servicios de comunicación a distancia por medio del establecimiento de enlaces radioeléctricos, se implementan mediante el manejo de diversas frecuencias de llamada y trabajo coordinadas entre operadores, tanto de costeras como de embarcaciones.

El manejo de las frecuencias indicadas, permite efectuar el contacto directo telefónico o telegráfico, según se pretenda una comunicación oral o escrita, prácticamente a cualquier hora del día y durante todo el año, con cualquiera de las estaciones costeras integrantes de la Red Nacional de Radiocomunicaciones Marítimas.

Dicha red actualmente se encuentra constituida por 15 estaciones, repartidas estratégicamente en el litoral mexicano y un sistema central.

La distribución es la siguiente:

En el Pacífico:

Ensenada (XFE), La Paz (XFK), Guaymas (XFY), Mazatlán (XFL),
Manzanillo (XFM), Acapulco (XFA) y Salina Cruz (XFQ)
(Próximamente Lázaro Cárdenas).

En el Golfo de México:

Tampico (XFS), Veracruz (XFU), Coatzacoalcos (XFF), Cd. del
Carmen (XFB) y Progreso (XFN).

En el Caribe:

Cozumel (XFC), Chetumel (XFP) y Cancún (XFCN).

En el Centro:

El sistema central conocido como Estación Tierra Adentro "(XDA)"
está constituido por una Unidad Radioreceptora y una Radio
Transmisora. Su función es servir como centro nodal del tráfico
de radiocomunicación y está conectada a la central telefónica del
Distrito Federal, a la Central Telegráfica y a las estaciones
costeras que rodean el litoral.

La Receptora "Juan de la Granja" se encuentra ubicada en el
Valle de Toluca y la Transmisora "Walter C. Buchanan" en
Nopaltepec, Edo. de Mexico. Esta última, para cumplir con su
función de transmitir señales de alta frecuencia, cuenta con 22
transmisores implementados con antenas: 4 omnidireccionales, 10
direccionales fijas y 8 direccionales rotatorias, con sus
correspondientes amplificadoras; 3 conmutadores de antena, además
de 2 consolas de control de tráfico telefónico y radiomarítimo.
Similar es el caso para la Receptora "Juan de la Granja".

Las antenas Logoperiódicas Fijas y Rotatorias son del tipo
Granger. Ver Fig 5.2.1 y Fig. 5.2.2 donde se anexan datos
técnicos.

Las antenas Omnidireccionales son del tipo VRG (Del Alemán:
Antena Piramidal Vertical). Ver Fig. 5.2.3 donde se anexan datos
técnicos.

Dichas estaciones se encuentran interconectadas mediante enlaces
de microondas a la Torre Central de Telecomunicaciones donde en
el Centro de Enlaces Radioeléctricos ubicado en el 6o. Piso de
esta Torre Central, se realiza la coordinación y distribución de
las señales.

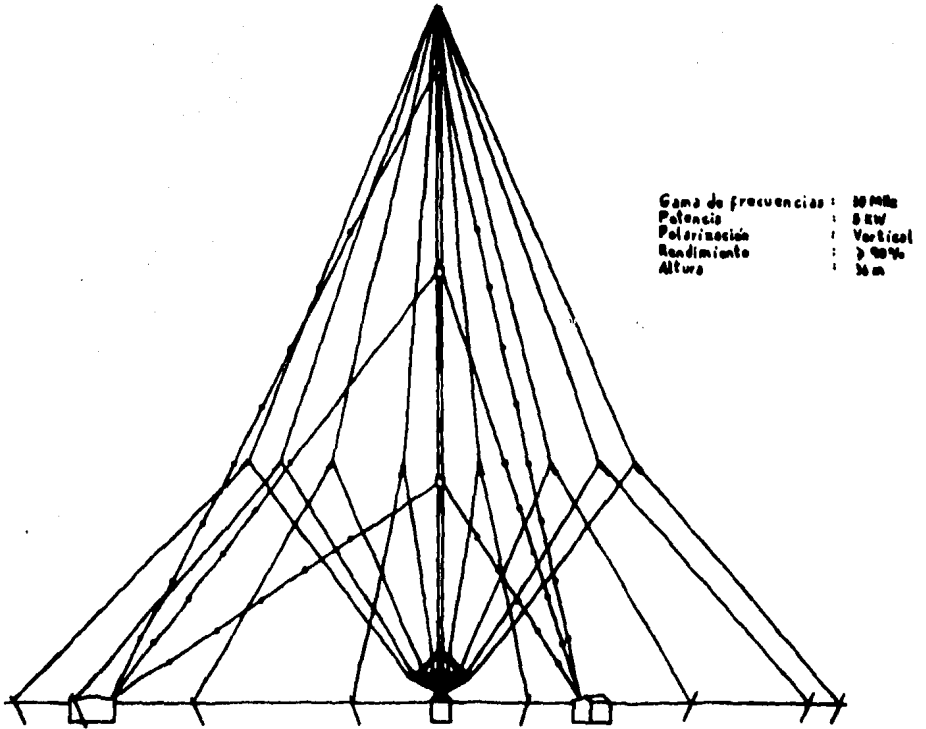
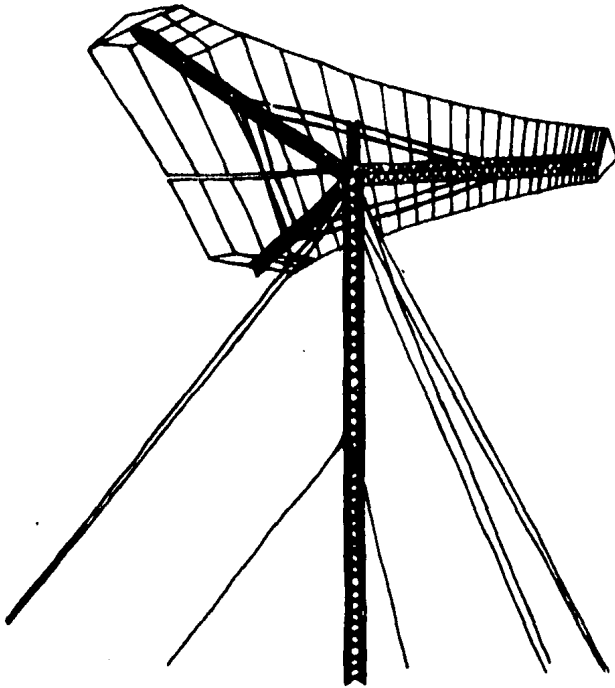
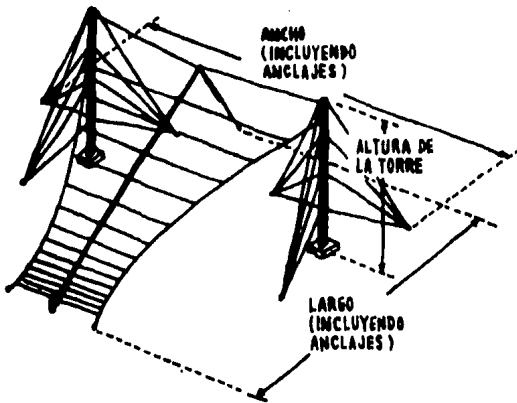


Fig. 8.2.1 Antena logoperiódica fUa



Gama de frecuencias : 3.7 a 32 MHz
 Potencia máxima : 25 kW prom.
 Potencia de cresta : 60 kW
 Altura : 66 m
 Rendimiento : > 90 %

Fig.5.2.2 Antena logoperiódica rotatoria



Gama de frecuencias : 32 MHz
 Potencia máxima : 20 - 30 kW
 Potencia de cresta : 40 kW
 Polarización : Horizontal
 Altura : 12.2 - 42.7 m
 Ancho : 44.2 - 157.2 m
 Largo : 49.2 - 179.9 m

Fig.5.2.3 Antena omnidireccional

5.3 Servicios

Desde cualquier embarcación Nacional o Extranjera, es posible establecer comunicación radiotelefónica o radiotelegráfica con cualquier lugar de la República o del Mundo a través de las estaciones costeras enlazadas a la Red Mundial de Telecomunicaciones.

La Red Nacional de Radiocomunicaciones Marítimas actualmente proporciona los siguientes servicios:

5.3.1 Servicio Radiotelefónico

Para obtener una conferencia en el sentido Tierra-Barco, basta con solicitarla a la Central Telefónica local por operadora y de persona a persona; la empresa telefónica se encarga de realizar el enlace con la estación costera correspondiente y ésta lo hace a su vez con la embarcación solicitada.

En el sentido Barco-Tierra se solicita el servicio al radio operador de la embarcación, el cual se encarga de establecer el enlace con la estación costera más cercana y ésta lo hace con la Central Telefónica local para que de aquí se logre la conferencia con el lugar deseado.

5.3.2 Servicio Radiotelegráfico

Para enviar un mensaje en el sentido Tierra-Barco, el usuario debe depositar su telegrama en cualquier oficina de Telégrafos Nacionales del país, la cual se encarga de enviarlo a la estación costera correspondiente y de ahí a la embarcación solicitada.

En el sentido Barco-Tierra, el usuario solicita el servicio al Radio operador de la embarcación el cual envía el mensaje a la costera más cercana para que ésta por medio del teléfono o de un mensajero lo turne a la oficina de telégrafos de la localidad donde lo harán llegar a su destino final.

Tabla de Frecuencias de Radiotelefonía
 Relación de Frecuencias utilizadas por la
 Red de Radiocomunicaciones Marítimas
 1605-4000 KHz 4000-23000 KHz 156-174MHz

Estación Costera e Indicativo	Llamada		Llamada		Llamada	
	Socorro	Trabajo	Socorro	Trabajo	Socorro	Trabajo
Ensenada "XFE"	2182	2290	4419.4		156.80	161.90
		2470	8780.9			161.95
		2560	13162.8			
		2725				
La Paz "XFK"	2182	2160	4419.4	4366.7	156.80	161.90
		2431	8780.9	6512.6		161.95
		2560	13162.8	8768.5		
		2665	17294.9	13165.9		
				17242.2		
				22698.3		
Guaymas "XFY"	2182	2255			156.80	161.90
		2470				161.95
		2560				
		2710				
Mazatlán "XFL"	2182	2355	4419.4	4379.1	156.80	161.90
		2470	8780.9	8796.4		161.95
		2560	13162.8	13175.2		
		2805				
Manzanillo "XFM"	2182	2290	8780.9	6506.4	156.80	161.90
		2431	13162.8	6521.9		161.95
		2470		4366.7		
		2685		8768.5		
				13125.6		
				17242.2		
Acapulco "XFA"	2182	2431	4363.6	8743.7	156.80	161.90
		2470	4419.4	13165.9		161.95
		2600	8780.9	17242.2		
		2622	13162.8	22670.4		
				17294.9		
Salina Cruz "XFQ"	2182	2431			156.80	161.90
		2560				161.95
		2745				
Chetumal "XFP"	2182	2255	4419.4	4368.7	156.80	161.90
		2270	6521.9	4394.6		161.95
		2320	8780.9	6506.4		
		2725		6512.6		
				8768.5		
				13125.6		
		17242.2				

Tabla de Frecuencias de Radiotelefonía
Relación de Frecuencias utilizadas por la
Red de Radiocomunicaciones Marítimas

Estación Costera e Indicativo	1605-4000 KHz		4000-23000 KHz		156-174MHz	
	Llamada	Trabajo	Llamada	Trabajo	Llamada	Trabajo
Cozumel "XFC"	2182	2160 2270 2542 2802	4419.4 6521.9 8780.9	4363.6 4379.1 6512.6 6515.7 8743.7 13175.2 17273.2	156.80	161.90 161.95
Progreso "XFN"	2182	2320 2542 2555 2725	4419.4 8780.9 13162.8 17294.9	4366.7 8805.7 13175.2 17282.5 22658.0 6521.9	156.80	161.90 161.95
Cd.del Carmen "XFB"	2182	2255 2270 2542 2722			156.80	161.90 161.95
Coatza coalcos "XFF"	2182	2165 2270 2542 2665			156.80	161.90 161.95
Veracruz "XFU"	2182	2270 2320 2670 2805	4419.4 8780.9 13162.8	4394.6 8805.7	156.80	161.90 161.95
Tampico "XFS"	2182	2270 2290 2320 2756			156.80	161.90 161.95
Cancún "XFCN"					156.80	156.60 161.60 161.90 161.95

Observaciones.

Como vemos en la Tabla de Frecuencias de Radiotelefonía existen tres tipos de canales de comunicación:

HF = Utilizada para distancias largas (3 - 30 MHz)

MF = Utilizada para distancias medias (300 - 3000 KHz)

VHF= Utilizada para distancias cortas (30 - 300 MHz)

En la Tabla de Frecuencias de Radiotelefonía en el Canal de 4000-23000 KHz no existe llamado de socorro. Esto es porque no es utilizada ya que siempre en caso de socorro el llamado se hace a la estación costera más cercana y para esto se utilizan VHF o FM que son de distancias cortas y medias respectivamente.

La diferencia que existe entre las frecuencias de llamado y las frecuencias de trabajo son las siguientes:

Las frecuencias de llamado se utiliza para establecer contacto con la estación o barco exclusivamente.

Las frecuencias de Trabajo se utiliza para establecer la comunicación.

La Potencia que se tiene en los equipos a bordo es de 1.5 KW.

La Potencia que se tiene en los equipos de tierra depende de la banda. Mayor frecuencia-Mayor potencia.

Veamos la tabla siguiente:

Frecuencia	Potencia
4 y 6 MHz.	5 KW.
8 MHz.	10 KW.
12 MHz.	12 KW.
16 y 22 MHz.	15 KW.

La Modulación que se utiliza es Banda Lateral Unica, con el tipo de Emisión J3E (J3E) significa "Telefonía con Portadora Suprimida Banda Lateral Unica".

La frecuencia 156.80 MHz (Canal 16), se dispone para la escucha permanente durante las horas de servicio, tanto para la correspondencia pública, como para operaciones portuarias.

Las frecuencias de 156.60 (Canal 12 sistema simplex) y 161.60 (Canal 20 sistema duplex), se utilizan solo para operaciones portuarias.

Las frecuencias 161.60 (Canal 16) y 161.95 (Canal 27), se utilizan para tráfico de correspondencia pública, ambos en sistemas duplex.

Tabla de Frecuencias de Radiotelegrafía
Relación de Frecuencias Utilizadas
por la

Estación Costera e Indicativo	Red de Radiocomunicaciones Marítimas 405- 535 KHz		4000-27500 KHz Llamada y Norma de Trabajo	Horario de Servicio	Radio- Faro (KHz)
	Llamada Socorro	Trabajo			
Ensenada "XFE"	500	455		24 horas	308
	512	461.56 470 485			
La Paz "XFK"	500	420	4268	08:00	295
	512	455	6550	A	
		461.53	8505	01:00	
		470	12675		
Guaymas "XFY"	500	455		09:00	321
	512	461.53		A	
		470		02:00	
		489			
Hazatlán "XFL"	500	451	4250	24	309
	512	455	6484.5	Hrs.	
		461.53	8470		
		470	12703		
			17115.5		
Manzanillo "XFN"	500	441	4425	24	300
	512	455	6354	Hrs.	
		461.53	8568.5		
		470	12829.5		
Acapulco "XFA"	500	455	4292	08:00	315
	512	461.53	6414.5	A	
		470	8514	01:00	
		475	12752		
			16935.5 22465		
Salina Cruz "XFG"	500	441		08:00	324
	512	451		A	
		485		01:00	
		489			
Chetumal "XFP"	500	441	4292	07:00	293
	512	451	6439	A	
		461.53	8595.5	24:00	
		489	12824		
Cozumel "XFC"	500	441	4268	07:00	319
	512	451	6390	A	
		455	8580.5	24:00	
		489	12824		

Tabla de Frecuencias de Radiotelegrafia
Relación de Frecuencias Utilizadas
por la

Estación Costera e Indicativo	Red de Radiocomunicaciones Marítimas		Horario de Servicio	Radio- Faro (KHz)	
	405- 535 KHz Llamada	4000-27500 KHz. Llamada y Norma de Trabajo			
Progreso "XPN"	500 512	420 441 451 489	4225 6358 8621 12729 17134 22511	07:00 A 24:00	306
Cd. del Carmen "XFB"	500 512	451 455 461.53 470		08:00 A 01:00	304
Coatza coalcos "XPF"	500 512	432 441 451 489		08:00 A 01:00	312
Veracruz "XFU"	500 512	441 451 470 489	4285 6367 8656 12775 22477	24 horas	296
Tampico "XFS"	500 512	441 451 465 489		08:00 A 01:00	287

Nota: La Potencia que se tiene en los equipos a bordo es de 1.5 KW.

La Potencia que se tiene en los equipos de tierra depende de la banda. Mayor frecuencia-mayor potencia.

Veamos la tabla siguiente:

Frecuencia	Potencia
4 y 6 MHz.	5 KW.
8 MHz.	10 KW.
12 MHz.	12 KW.
16 y 22 MHz.	15 KW.

**Estación Tierra Adentro
Radiotelefonía**

Estación	Llamada	Escucha	Trabajo	Horario de Servicio
Tierra Adentro				
RadioMex "XDA"	13162.8	8257.0 12392.0	8780.9 8796.4 8805.7 13125.6 13175.2 17242.2 17273.2 17294.9 22658.0 22670.4 22698.3	24 horas

Radiotelegrafía

Estación	Llamada	Escucha	Trabajo	Horario de Servicio
Tierra Adentro				
RadioMex "XDA"	8626.0 12836.0 16914.5	8397.5 12597.0 12618.0 16772.0	8567.0 8575.5 8590.5 12740.0 12855.0 13014.5 16942.5 17120.5 17140.0 22385.0 22400.0 22471.0 22516.0	24 horas

5.3.3 Servicio de Movimiento Portuario

Este servicio no es de uso público, solo se proporciona a las embarcaciones que lo soliciten y consiste en realizar el enlace entre el Capitán del barco y del puerto por medio de la Red Telefónica Local, con el fin de obtener las autorizaciones de movimiento en los puertos.

5.3.4 Tarifas de Servicios

**Servicio Radiotelefónico
(Recepción o Transmisión)**

Servicio de conferencias Radiotelefónicas entre barco y cualquier estación costera nacional o viceversa, por minuto.

Tasa Costera:
 -Por los primeros tres minutos \$180.00M.N.
 -Por cada minuto o fracción adicional \$ 45.00M.N.
 -Por cada aviso previo o preparación de la conferencia a solicitud del usuario \$ 90.00M.N.

El usuario deberá pagar una cuota mínima correspondiente a una conferencia de 3 minutos.

**Servicio Radiotelegráfico
 (Recepción o Transmisión)**

Servicio de mensajes Radiotelegráficos entre barco y cualquier estación costera nacional o viceversa , por palabra:

Tasa Costera:

- Por las primeras 7 palabras \$80.00 M.N.
 - Por cada palabra adicional \$13.00 M.N.

El usuario pagará una cuota mínima correspondiente a un texto de 7 palabras.

5.4 Servicios Especiales

Son proporcionados por la Dirección General de Telecomunicaciones (DGT) a las embarcaciones, como un servicio social sin cargo alguno en cumplimiento con los convenios internacionales para la seguridad de la vida humana en el mar.

5.4.1 Servicio de Seguridad

Se proporciona en forma de avisos en los que se dan informes sobre la presencia de masas sólidas flotantes que representa un peligro para la navegación marítima.

Se realizan con base en reportes que las embarcaciones que descubren en altamar restos de naufragios, minas explosivas o cualquier objeto peligroso, hacen a la costera más cercana para que ésta emita continuamente boletines de seguridad a las demás embarcaciones en ruta.

5.4.2 Servicio de Socorro

Todas las estaciones costeras estan habilitadas para ofrecer el servicio de escucha y atención permanente de las frecuencias internacionales de llamada y socorro.

En radiotelegrafia se encuentran equipadas con receptores automáticos de señal de alarma, en operación permanente en las frecuencias de 500 y 512 KHz.

En radiotelefonía a través de las frecuencias de 2182 KHz y 156.8 MHz (Canal 16).

Además, en caso de desastre, búsqueda y rescate la red de estaciones costeras proporciona todas las facilidades necesarias.

3.4.3 Servicios de Información Meteorológica

Las estaciones costeras son las encargadas de radiar boletines meteorológicos relativos a las condiciones del tiempo que prevalece en zonas determinadas de todo el mundo, haciéndolo en horas específicas del día o a petición, tanto en telefonía como en telegrafía.

3.4.4. Servicio de Consultas Radiomédicas en Altamar

En caso de enfermedad o accidente a bordo, la embarcación que desee pedir consejos médicos a tierra, podrá hacerlo a través de la estación costera más cercana, la cual se encargará de realizar el enlace entre dicha embarcación y el centro de asistencia médica accesible al momento.

3.4.5 Servicio de RadioFaro

En la navegación marítima se proporcionan a través de la Red de RadioFaros, señales radioeléctricas de orientación en frecuencias determinadas que permiten en las embarcaciones, dotadas del equipo adecuado, fijar con exactitud su posición en el mar con respecto al propio radiofaro y en esa forma mantenerse en la ruta prevista.

Estas señales se emiten en forma ininterrumpida, las 24 horas de todos los días del año.

La señal del radiofaro consta de dos tonos de 10 segundos cada uno siguiendo el indicativo de la estación correspondiente y la potencia del transmisor es de 100 Watts.

5.5 Localización Geográfica de las Estaciones Costeras Nacionales Red Nacional de Servicios Radiomarítimos

Dicha localización se puede observar en la Fig. 5.5.1 que se muestra a continuación.

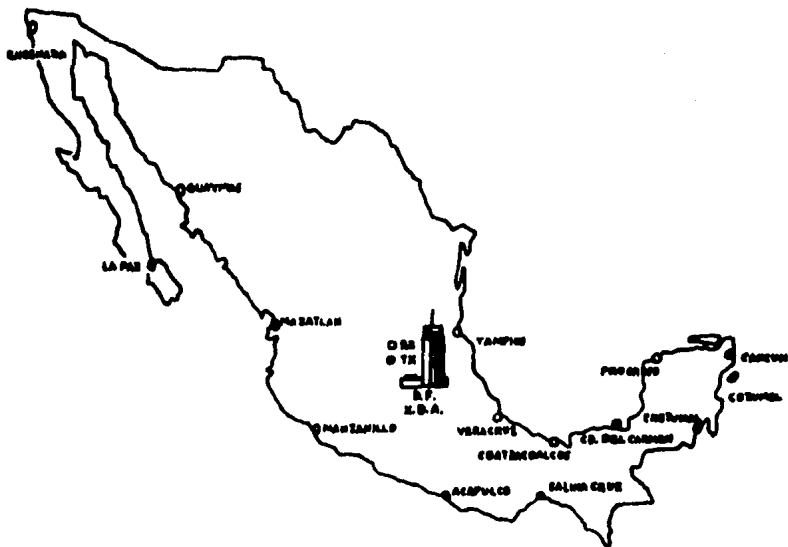


Fig. 5.5.1 Red Nacional de Servicios Radiomarítimos

9.5.1 Coordenadas Geográficas de la Red Nacional de Radiocomunicaciones Marítimas

Estación Costera	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
1.-Ensenada	31°52' N	116°35' U
2.-La Paz	24°08' N	110°17' U
3.-Guaymas	27°57' N	109°48' U
4.-Mazatlán	23°14' N	106°27' U
5.-Manzanillo	19°05' N	104°18' U
6.-Acapulco	16°50' N	99°55' U
7.-Salina Cruz	16°09' N	95°12' U
8.-Chetumal	18°30' N	88°24' U
9.-Cozumel	20°36' N	86°44' U
10.-Progreso	21°16' N	89°43' U
11.-Cd. del Carmen	18°37' N	91°52' U
12.-Coatzacoalcos	18°09' N	94°24' U
13.-Veracruz	19°09' N	96°09' U
14.-Tampico	22°13' N	97°50' U
15.-RadioMex	19°46' N	98°44' U
16.-Cancún	21°08' N	86°44' U

5.6 Embarcaciones que integran la Flota Mexicana.

La importancia de una nave o barco esta basada en su tonelaje bruto de registro.

Según datos totales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de 1985:

Hay un total de 21 Empresas, con

- 100 embarcaciones de las cuales:

46 son buques mercantes
44 son buques tanque
8 Chalanes
1 Carcaza.

- Estas embarcaciones dan servicio de transporte en diferentes áreas. A continuación se presenta en que área y de cuantas se disponen:

Número *****	Tipo *****
8	Graneleros
26	Carga General
5	Multi- Propósito
33	Fluidos- Petroleo
8	Gaseros
3	Quimiqueros
15	Carga General
1	Transbordador.

- Vida promedio de los Barcos

11 años.

- Algunas de las embarcaciones importantes se presentan a continuación:

B/M Azteca	Juan Alvarez	Aguila Azteca
B/M Campeche	Miguel Hidalgo	Esteban
B/M El Mexicano	Cuahtémoc	Popocatépetl
B/M Maya	Plan de San Luis	
B/M Monterrey	Venustiano Carranza	
B/M Olmeca	Plutarco Elías Calles	
B/M Puebla		
B/M Toluca		

5.7 Puertos Mexicanos y sus Estadísticas que determinan su importancia en nuestro país.

Estadísticas: Estas están basadas en los movimientos de carga que en cada puerto un barco o nave efectúa, dando de esta manera la importancia del puerto.

8.7.1 Puertos del Océano Pacífico

Datos Estadísticos de los Puertos		
Altura-Cabotaje		
Puerto	%	Tonelaje
Salina Cruz	31.03	14'690,387
V. Carranza	8.32	3'933,179
Guaymas	8.29	3'916,233
Isla Cedros	8.23	3'888,414
Acapulco	7.57	3'578,174
Manzanillo	7.44	3'513,861
Laz.Cárdenas	6.50	3'166,474
Ensenada	6.32	2'987,945
Hazatlán	5.22	2'464,642
La Paz	3.95	1'865,023
Sta. Rosalía	3.86	1'823,572
Topolobampo	2.46	1'162,594
San Carlos	0.32	149,413
Pto.Vallarta	0.16	71,913
Cabo S.Lucas	0.12	56,010
Loreto	0.01	3,374
	100 %	47'271,208

8.7.2 Puertos del Golfo de México

Datos Estadísticos de Puertos		
Altura-Cabotaje		
Puerto	%	Tonelaje
Coatzacoalcos	44.20	42'564,643
Cd. Carmen	23.23	22'370,392
Tampico	13.72	13'216,179
Protonera	7.58	7'301,659
Veracruz	5.18	4'991,928
Tuxpan	3.43	3'310,444
Minatitlán	1.39	1'338,449
Campeche	1.23	1'193,454
	100 %	99'287,148

8.7.3 Puertos del Mar Caribe

Datos Estadísticos de Puertos		
Altura-Cabotaje		
Puerto	%	Tonelaje
Progreso	74.91	374,604
I. Mujeres	20.37	101,876
Cozumel	3.98	19,907
Holbox	0.72	3,625
	100 %	500,012

S.O Sistemas de Navegación Marina en México

Los embarcaciones Mexicanas emplean instrumentos de navegación tradicionales como:

Instrumento	% Empleado Embarcación Mexicana
- Sextante	100 %
- Compás Magistral o Magnético (Brújula)	100 %
- Taxímetro	100 %
- Radiogónometro (Faros)	90 %
- Radar	90 %
- Giróscopo	90 %
Otros:	
- Cartas Marinas	100 %
- Libros Especiales de Radiofaros	100 %
etc...	

Las embarcaciones Mexicanas emplean sistemas de navegación como:

Sistemas	% Empleado Embarcaciones Mexicanas
- Navegación Via Satelite	60 %
Navsat	
Transit	
- Loran A y C	50 %
- Omega	30 %
- Decca	20 %
- Inmarsat	1 %

Las embarcaciones pertenecen a Transportación Marítima Mexicana, Petronaves S.A., Pemex, Tuna del Pacífico S.A., Atunidos S.A. de C.V., Maratón S.A. de C.V., Alpromar S.A. de C.V., Armamex S.A de C.V., etc...

Barcos que actualmente tienen comunicación Inmarsat :

Compañía	Nombre del Barco	Marca del Equipo
Transportación Mar.Mex. S.A.	Colima	Magnavox
	Jalisco	Magnavox
Petronaves S.A.	Aguila Azteca	Magnavox
Tuna del Pacifico S.A.	Bonnie	Magnavox
	Jennifer	Magnavox
	Valerie	Magnavox
Atunidos S.A. de C.V.	M/V Tobora	Magnavox
Maratón S.A. de C.V.	Ma. Fernanda	Cient.Atlanta 3055m
Alpromar S.A. de C.V.	Arkos I	Cient.Atlanta 3055m
	Arkos II	Cient.Atlanta 3055m

El equipo en nave más comunmente usado por las naves mexicanas es Magnavox MX211A, en lo que a Inmarsat se refiere.

Como se ha visto en capítulos anteriores México no tiene en este momento ninguna estación instalada de los sistemas mundiales Omega, Decca, Loran A y C, por lo que resulta cuestionable como es posible que algunas naves mexicanas naveguen con estos sistemas en mar territorial mexicano. La respuesta nos fue dada amablemente por el Director de Navegación Marina en México el Capitán de Altura Antonio Bazán Carballo: "Nuestra cercanía de costas con Estados Unidos nos beneficia ya que las señales que estas estaciones costeras transmiten son captadas por nuestros barcos." Es necesario aclarar que gran parte de nuestra flota ya cuenta con instrumentos y sistemas de navegación bastante sofisticados con una exactitud de tan solo 1 metro de error en ruta de navegación.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.1 México

En lo que a navegación se refiere podemos concluir lo siguiente:

Los embarcaciones Mexicanas emplean instrumentos de navegación tradicionales como:

Instrumento	% Empleado Embarcacion Mexicana

- Sextante	100 %
- Compas Magistral o Magnético (Brújula)	100 %
- Taxímetro	100 %
- Radiogónometro (Faros)	90 %
- Radar	90 %
- Giróscopo	90 %
Otros:	
- Cartas Marinas	100 %
- Libros Especiales de Radiofaros	100 %
etc...	

En lo que a Comunicaciones se refiere:

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes opera un sistema de 18 estaciones radioléctricas inalámbricas. De éstas, 16 son estaciones costeras para las comunicaciones radiotelegráficas y radiotelefónicas del servicio radiomarítimo, cuya operación se inicio en 1969, y las otras dos son la estación radiotransmisora W.C. Buchanan y la estación radioreceptora Juan de la Granja utilizadas principalmente por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a diferentes poblaciones en la República y por la prensa para comunicaciones con algunos países en el continente americano.

El potencial del tráfico radiomarítimo se estima en 4 veces el número de mensajes y mas de 6 veces el número de conferencias cursadas. Entre las causas de estas diferencias se detectaron la falta de comercialización, actualización de frecuencias de operación, triangulaciones de las embarcaciones con el extranjero y existencia de estaciones que operan con y sin permiso de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Dados los alcances y localización de las estaciones, su cobertura, tanto de los litorales nacionales como de extensión marítima, se considera satisfactoria, excepto quizás en los movimientos cercanos a los puertos donde no se encuentra alguna estación costera.

Por las experiencias del servicio se ha visto que arrojan pérdidas en su operación en todos los años. Sin embargo, aún cuando se llegase a captar el tráfico potencial total, la pérdida se reduciría, pero no alcanzaría a eliminarse.

Esta pérdida es representativa de lo que el país está dispuesto a pagar en cumplimiento de los compromisos humanísticos contraídos y en apoyo a la operación portuaria.

Dada la tendencia creciente de la pérdida, debido principalmente al incremento de los costos de operación, se debe considerar la automatización del servicio, a fin de reducir dichos costos. Esto es posible con la comunicación vía satélite a fin de obtener mayor cobertura y seguridad.

Por otro lado conviene coordinar las estaciones costeras de Petróleos Mexicanos a las de la SCT con el objeto de evitar duplicidad de recursos y vigilar que se tenga una adecuada operación e impulsar a la industria nacional a fin de que se fabrique el equipo radioeléctrico requerido.

6.2 México ante el Mundo

Las embarcaciones Mexicanas emplean sistemas de navegación como:

Sistemas	% Empleado
Embarcaciones Mexicanas	

- Navegación Vía Satélite	60 %
Navsat	
Transit	
- Loran A y C	50 %
- Omega	30 %
- Decca	40 %
- Inmarsat	10 %

Como hemos visto México no tiene en este momento ninguna estación instalada de los sistemas Omega, Decca, Loran A y C .

En lo que a comunicaciones se refiere mundialmente hablando continúan utilizando el Sistema que proporciona la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y algunos de ellos en pequeño porcentaje el sistema Inmarsat.

Barcos que actualmente tienen comunicación Inmarsat

Compañía	Nombre del Barco	Marca del Equipo

Transportación Mar.Mex. S.A. (THM)	Colima	Magnavox
Petronaves S.A.	Jalisco	Magnavox
Tuna del Pacífico S.A.	Aguila Azteca	Magnavox
	Bonnie	Magnavox
	Jennifer	Magnavox
	Valerie	Magnavox
Atunidos S.A. de C.V.	M/V Tobora	Magnavox
Maratón S.A. de C.V.	Ma.Fernanda	Cient.Atlanta 3055m
Alpromar S.A. de C.V.	Arkos I	Cient.Atlanta 3055m
	Arkos II	Cient.Atlanta 3055m

El equipo en nave más comunmente usado por las naves mexicanas es Magnavox MX211A, en lo que a Inmarsat se refiere.

6.3 El Sistema del Futuro para México y el Mundo.

Según investigaciones realizadas , es posible que en 1987 México pueda tener una red de estaciones Omega ya que existen conversaciones avanzadas al respecto, en la Secretaría de Comunicaciones y Petróleos Mexicanos.

Existe la posibilidad de que nuestros barcos y los del mundo puedan utilizar sistemas de navegación Múltiple del tipo MNS-2000. En 1983, el sistema de Navegación Marina Racal Decca 2000, fue el primer receptor de sistema posicional global multisensor integrado, con selector automático para navegar en Decca, Loran-C, Omega y Transit, previendo además la incorporación del SPG, y con mayor capacidad, ventajas, y sistemas de control. Fue diseñado para todos los barcos de hoy, sean comerciales o navales en donde es constante la búsqueda de ahorro en tiempo y combustible.

Esto nos dice que el sistema puede cambiarse automáticamente de sistema ya sea si el barco se encuentra en aguas donde predominan las señales Omega, automáticamente el equipo se ajustará a Omega, o a Decca según sea el caso de las costas donde este el barco, y con todas las ventajas de mayor exactitud de ruta, velocidad, posición, etc.

En lo que a comunicaciones vía satélite se refiere pensamos que la mejor opción a corto plazo es incorporarnos a la Red Internacional Inmarsat y empezar a introducir en nuestros barcos el equipo necesario. Por lo pronto nos queda seguir con las actuales comunicaciones que proporciona la Red Nacional de Comunicaciones ya que a la fecha ha dado el servicio lo más óptimo y seguro posible a nuestras embarcaciones.

CAPITULO VII
BIBLIOGRAFIA

- Communication Satellites for the 70's: Systems
Feldman and Kelly
1970
- Communications Satellites Systems
R. G. Gould
1976
- Satellite Communications Technology
Kenichi Miya
1982
- Communication Satellite Systems
James Martin
1982
- Maritime Satellite Systems
David W. Lipke
1982
- Marine
Journal of the Racal Marine Companies
December 1982
- Proceedings of the IEEE. Global Navigation Systems.
Current Developments in Loran-C
Robert L. Frank
October 1983
- Proceedings of the IEEE. Global Navigation Systems.
Omega
Eric R. Swanson
October 1983
- Proceedings of the IEEE. Global Navigation Systems.
Navstar: Global Positioning System
Bradford W. Parkinson and Stephen W. Gilbert
October 1983
- Aerospace America
The Global Role of Navstar
Francis X. Kane and John F. Scheerer
July 1984
- Intelsat V
F5-9 with Maritime Communication Subsystems
Spacecraft System Summary
Intelsat
1984

- **Telecommunications**
Inmarsat and Mobile Satellite Communications. Part I.
Paul Branch and Alex Da Silva Curiel
March 1984
- **Telecommunications**
Inmarsat and Mobile Satellite Communication. Part II.
Paul Branch and Alex Da Silva Curiel
April 1984
- **Manual de Servicios Radiomarítimos**
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Dirección General de Telecomunicaciones
1984
- **Marine**
Journal of the Racal Marine Companies
June 1984
- **Programa de Desarrollo del Servicio Radiomarítimo en México**
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Dirección General de Telecomunicaciones
1984
- **Estadísticas de Puertos Nacionales**
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
1984