



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“ENLACE SATELITAL PARA EVENTO TELEVISIVO
OCASIONAL DE USUARIO DE DEPORTES”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA: INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA

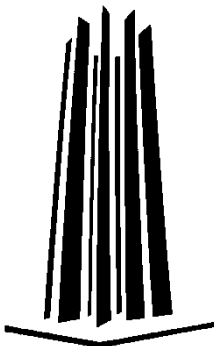
P R E S E N T A:

GUADALUPE PÉREZ AYALA

ASESOR:

ING. FRANCISCO RAÚL ORTÍZ GONZÁLEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO, 2010.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A DIOS:

Gracias por ser mi amigo, mi refugio, por tenerme paciencia y mucho amor, por permitirme finalizar esta etapa de mi vida y porque tienes un tiempo para todo.

A Mamá:

Gracias porque lo disté todo por tus hijos, por tu amor y tu psicología inversa que me ayudo a no desistir de estudiar.

A Erika:

Gracias mi linda hermana por defender el que yo estudiaré, le doy muchas gracias a Dios por tu vida.

A Enrique:

Gracias hermano Por tu apoyo, por las pláticas enriquecedoras que hemos tenido y porque me impulsas a ser mejor persona.

A Carlos Velázquez

Gracias cuñis por amar a mi hermana y gracias por heredarme tu computadora con la que realice este trabajo.

A Sara.

Mí amada sobrina, aunque no sabes leer todavía, algún día lo harás, es por eso que te doy gracia por esos besos y abrazos que me das pues me animan y me roban el corazón.

A mi tía Isabel Ayala.

Gracias por tu apoyo incondicional, por ayudarme a hacer más ligera la carga, por amar a mi mamá con hechos y por tus palabras de ánimo.

Al Ing. Francisco Raúl Ortiz González.

Gracias por su ayuda en la elaboración de este trabajo de tesis, por ser paciente conmigo y repetirme las cosas mil veces y gracias por no dejar que me desanimara en el proceso.

Al Ing. Alejandro Ayala, a *Rafael Hernández*, al Ing. Francisco Franco y a mis demás compañeros de Telecomm.

Gracias por compartir sus conocimientos, experiencia y amistad conmigo. Pues esta tesis está basada en el trabajo que realizan día a día con pasión.

A mis amigos.

Gracias Heather y Yanira por su apoyo cuando mi familia más lo necesito, por esas tardes y noches en el hospital cuidando a mi mamá, por los viajes juntas y porque puedo ver el amor de Dios a través de sus vidas.

Gracias Laura por tu amistad, tu ejemplo y por compartir las penas y alegrías de la vida conmigo, porque sin ti hubiera dejado todo en el cuarto semestre.

Gracias a Israel Hernández, Harold Arenas, María de los Ángeles Ramos García, Darío Márquez, Gabriela salas por su amistad y compañía durante estos años

A nuestra Máxima Casa de Estudios

Gracias a su existencia y a la vocación de tantos maestros que por ella han pasado le debo haberme preparado académicamente para enfrentar el mundo laboral.

OBJETIVO

La elaboración de este trabajo de tesis tiene como objetivo ilustrar el proceso de transmisión y recepción vía satélite referente a la difusión de un evento deportivo, así como realizar una evaluación matemática de la calidad del enlace.

Cada vez es más frecuente la transmisión de este tipo de eventos a nivel mundial por que la sociedad exige estar informado o observar eventos de entretenimiento al instante que se realizan, lo que exige para la ingeniería en comunicaciones un alto conocimiento del proceso para que la comunicación sea de alta calidad y los televidentes reciban un servicio óptimo.

Para lo cual existe un organismo público descentralizado el cual presta el servicio de transmisión y recepción a nivel nacional e internacional según sea el caso haciendo uso de estaciones terrenas (ET) móviles; las cuales reciben señales eléctricas de traductores como las cámaras de video o televisión y las adecuan para su transmisión vía satélite, a la vez que la reciben del mismo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO I. EVOLUCIÓN DE LA TRANSMISIÓN SATELITAL.	
I.A. Orígenes.....	2
I.B. Antecedentes.....	6
I.C. Radar.....	7
I.D. Sonar.....	12
I.E. Satélites Artificiales.....	17
I.E.I. Primeros Satélites.....	22
I.E.II. Satélites Mexicanos.....	27
I.F. Transmisión Satelital.....	34
 CAPÍTULO II. INFRAESTRUCTURA DEL ENLACE SATELITAL.	
II.A. Las Telecomunicaciones.....	40
II.B. Enlace Satelital.....	41
II.C. Estación Terrena.....	42
II.C.I. Tipos de Estación Terrena.....	42
II.C.I.A. Receptora de Tv por DBS.....	43
II.C.I.A.I. Ventajas y desventajas.....	44
II.C.I.B. Estaciones Terrenas Portátiles.....	45
II.C.I.C. Terminales VSAT.....	45
II.C.I.C.I. Ventajas y Desventaja.....	46
II.C.I.D. Grandes estaciones de comunicaciones internacionales.....	47
II.D. Equipo de Telecomunicación.....	48
II.D.I. Enlace de Subida.....	48
II.D.I.A. Banda Base.....	48
II.D.I.B. Codificador.....	49
II.D.I.C. Convertidor de subida.....	50

II.D.I.D. Amplificador de potencia (HPA).....	51
II.D.II. Antena.....	52
II.D.II.A. Partes de una Antena Parabólica.....	53
II.D.II.B Tipos de Antenas.....	54
II.D.II.C. Montaje.....	56
II.D.III. Satélite.....	58
II.D.IV. Enlace de Bajada	59
II.D.IV.A. Amplificador de bajo Ruido.....	60
II.D.IV.B. Receptor.....	61
II.D.IV.C. Demodulador.....	62

CAPÍTULO III. ENLACE SATELITAL.

III.A. Generalidades.....	64
III.B. Proceso del servicio de Tv ocasional.....	64
III.B.I. Para la Transmisión	65
III.B.II. para la Recepción	69
III.C. Cálculo de Enlace.....	71
III.C.I. Datos.....	72
III.C.II. Cálculos preliminares.....	73
III.C.III. Enlace Ascendente.....	80
III.C.IV. Enlace Descendente.....	83
III.C.V. Evaluación del Enlace.....	87
III.D. Análisis de la Señal.....	89
CONCLUSIONES	94
GLOSARIO	96
BIBLIOGRAFÍA	101
MESOGRAFIA	102

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la globalización avanza muy rápido y exige una comunicación más eficiente, es por eso que se han desarrollado tecnologías para comunicar a las personas sin importar la distancia o el continente en que se encuentren; caso de esto son las comunicaciones satélites pues proporcionan ventajas respecto a otros sistemas.

El objetivo de los satélites es proveer al usuario un servicio en cualquier lugar del planeta, sin necesidad de cables o fibra óptica, además los precios de renta del espacio satelital son más estables que los que ofrecen las compañías telefónicas. Ya que la transmisión por satélite no es sensitiva a la distancia y existe un gran ancho de banda disponible.

Un enlace satelital es la comunicación que se establece entre dos estaciones terrenas o puntos en tierra, a través de un satélite que funciona como repetidor. Este se usa para transmitir voz, datos, y video. Es por eso que tiene una infinidad de aplicaciones, como la telefonía, el internet, televisión, radio, etc.

Este enlace puede ser con estaciones terrenas fijas o con estaciones terrenas móviles. Una de las ventajas primordiales de las comunicaciones móviles por satélite es que permiten el acceso a lugares remotos sin necesidad de grandes infraestructuras terrestres, con esta conexión satelital puede moverse a través del mundo.

La televisión ha sido un medio donde los sistemas satelitales son parte importante en su transmisión, pues a través de los satélites se llega a donde otras líneas de transmisión no pueden. Es por eso que se utilizan las estaciones terrenas transportables, para poder transmitir eventos en lugares remotos o en donde no es rentable una estación terrena fija. Por ejemplo un desastre natural, un congreso, un evento deportivo, un evento recreativo, un concierto; eventos que no son frecuentes en tiempo y lugar.

El primer capítulo documenta la historia de las comunicaciones, los antecedentes de la transmisión satelital que se encuentran en la naturaleza y los que ha hecho el hombre. También menciona la definición de los satélites artificiales, como se clasifican y su desarrollo a través de la historia. Por último analiza como una señal se propaga a través del espacio libre, que es la base de los satélites.

El segundo capítulo menciona que es un enlace satelital, cuales son los principales elementos que lo constituyen.

Y por último el tercer capítulo presenta el proceso que se sigue para la prestación del servicio de televisión Ocasional con la estación terrena transportable; muestra el análisis matemático del enlace con el cual se puede observar cual es su calidad y también estudiamos los cambios que sufre la señal a través de todo el proceso de dicho enlace.

CAPÍTULO I.

***EVOLUCIÓN DE LA
TRANSMISIÓN SATELITAL.***

I.A. ORIGENES

El hombre desde sus inicios ha tenido la necesidad de comunicarse, es por eso que ha desarrollado métodos para la comunicación, los cuales han estado evolucionando hasta llegar a la más sofisticada tecnología, para lograr acercar espacios y tener mayor velocidad en el proceso.

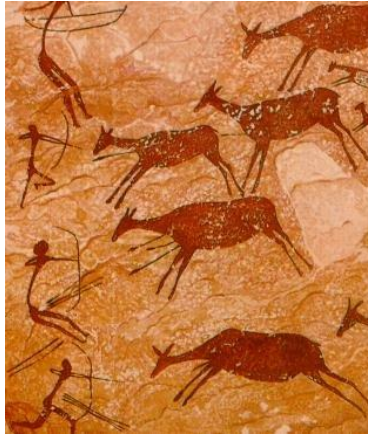


Fig. I.1. Pintura de arte rupestre en Aragón, España. Hace entre 10.000 y 6.500 años a. C.

Las primeras manifestaciones en la comunicación de la especie humana fueron la voz, las señales de humo y los dibujos pictóricos; posteriormente al evolucionar, fue la escritura, el elemento que permitió desarrollar las culturas que hoy se conocen.

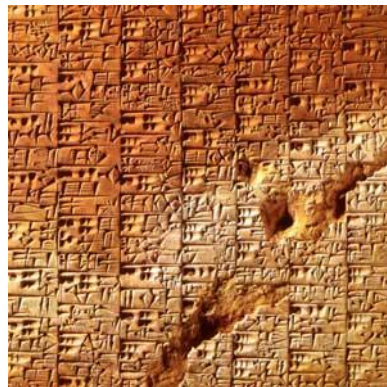


Fig. I.2. Tablilla de arcilla con la forma de escritura más antigua: la escritura cuneiforme. Fue creada por los sumerios hace nada menos que seis mil años.

Con el desarrollo de las civilizaciones y de las lenguas escritas surgió también la necesidad de comunicarse a distancia de forma regular, con el fin de facilitar el comercio entre las diferentes naciones e imperios.

Las antiguas civilizaciones utilizaban señales de humo, después a mensajeros, más adelante, se utilizó al caballo y las palomas mensajeras; después con el invento de la rueda, mejoró la comunicación a grandes distancias.

A partir de que Benjamín Franklin demostró en 1752, que los rayos son chispas eléctricas gigantescas (descubrimiento de la electricidad), grandes inventos fueron revolucionando este concepto, pues *las grandes distancias cada vez se fueron acercando*. En 1836, año en que Samuel F. B. Morse creó lo que hoy conocemos como Telégrafo. Tomas Edison en 1874, desarrolló la telegrafía cuádruple, la cual permitía transmitir dos mensajes simultáneamente en ambos sentidos.

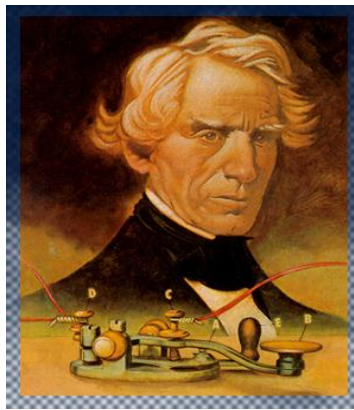


Fig. I.3 Morse y su telégrafo

A pesar de este gran avance, no era suficiente lo que lograba comunicar, es decir esto era insuficiente, pues se requería de algún medio para la comunicación de la voz. Ante esto, surge el teléfono, inventado por Alexander Graham Bell, que logra la primera transmisión de la voz en 1876.



Fig. I.4. Bell en la primera llamada telefónica

Así los primeros sistemas telegráficos y telefónicos utilizaron cable para lograr la transmisión de mensajes. Con los avances en el estudio de la electricidad, el físico alemán Heinrich Hertz descubre en 1887, las ondas electromagnéticas, estableciendo las bases para la telegrafía sin hilos.

Pero, no fue hasta el siglo XX, cuando se inventan los tubos al vacío y el surgimiento de la electrónica; lográndose grandes avances, se inventa el radio, cuya primera emisión fue en 1906, en los Estados Unidos de América.

En 1925 existían ya 600 emisoras de radio en todo el mundo.

En 1826, el físico francés Nicéphore Niepce, utilizando una plancha metálica recubierta de betún, expuesta durante ocho horas, consigue la primera fotografía. Perfeccionando este procedimiento, el pintor e inventor francés Louis Jacques Mandé Daguerre descubrió un proceso químico de revelado que permitía tiempos de exposición mucho menor, consiguiendo el tipo de fotografía conocido como: daguerrotipo.

En el siglo XIX, se desarrolla este invento hasta llegar al cinetoscopio, presentado por Tomas Edison en 1889, patentándolo en 1891. Los hermanos Lumière, presentan y patentan el cinematógrafo en el año de 1895. Hasta el año de 1920 se le añade el sonido: creando así, el cine, muy disfrutado en nuestros días.

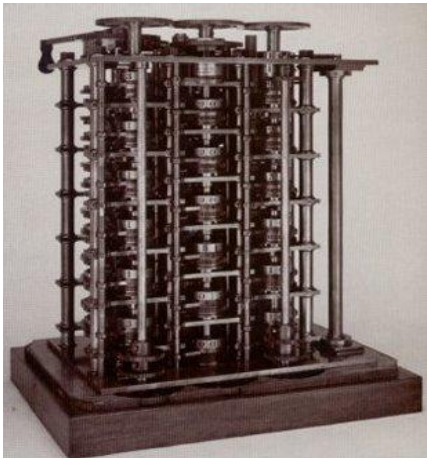
Aunque la transmisión de imágenes a distancia está ligada a varios avances e inventos, como: disco perforado explorador inventado en 1884, por el pionero de la televisión, el alemán Paul Gottlieb Nipkow, Otros de los hechos en el desarrollo de la televisión son el iconoscopio y el cinescopio, para transmitir y recibir, respectivamente, imágenes a distancia, inventados ambos en 1923, por el ingeniero electrónico ruso Vladímir Kosma Zworykin. Logrando con esto una de las más grandes industrias a escala mundial, las *Cadenas de Televisión*.



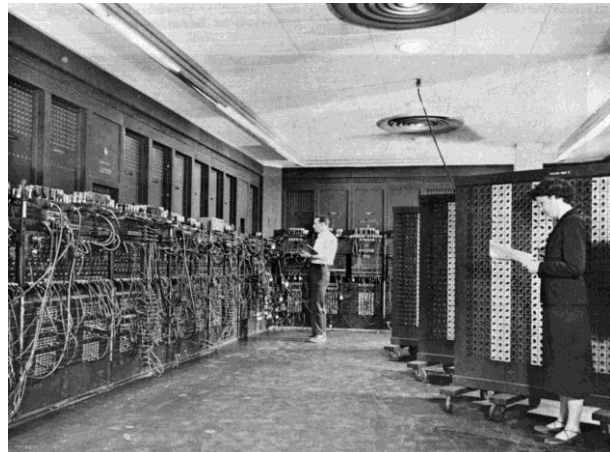
Fig. 1.5. El Televisor de RCA, modelo 630TS fue la primera televisión que se produjo en grandes cantidades. Tenía su pantalla 10 pulgadas, era en blanco y negro y contaba con dos grandes altavoces a cada lado.

Desde las primeras máquinas programables manualmente (máquina diferencial de Babbage) o con procedimientos electrónicos (ENIAC, con tubos al vacío, en 1947), hasta nuestros días de potentes computadoras digitales que se han introducido en prácticamente todas las áreas de la sociedad (industria, comercio, educación, *comunicación*, transporte, etc.). Con todos estos avances tecnológicos y necesidades, la comunicación o transmisión de datos fue tomando cada vez más auge.

Los primeros intentos y realizaciones en la tarea de conjugar ambas disciplinas - *comunicaciones y procesamiento de datos* - tuvieron lugar en los Estados Unidos de América, durante la década de los años cuarentas del siglo XX, se desarrolló una aplicación de inventario para la Armada del país vecino; y posteriormente, en 1953, otra para la gestión y reserva de los asientos de las aeronaves de la compañía aérea American Airlines, que constituyeron los dos primeros sistemas de procesamiento de datos a distancia.



a)



b)

Fig. I.6. a) Máquina diferencial de pascal. b) Operadores de la ENIAC.

Con esta nueva necesidad y estas herramientas, surgen las *Redes de Computadoras*, las cuales son ya muy comunes en nuestros días, pero en los inicios de la transmisión por televisión y con el uso de las computadoras, la especie humana logra lanzar un vehículo espacial y tiempo después lanza los primeros *satélites artificiales*. Los cuales son aparatos muy sofisticados con fines múltiples (científicos, tecnológicos y militares).



Fig. I.7. Un nuevo capítulo en vuelo espacial comenzó en Julio de 1950 con el lanzamiento del primer cohete desde Cabo Cañaveral, Florida: el Bumper V-2.

I.B. ANTECEDENTES

Los murciélagos son los únicos mamíferos realmente capaces de volar y ver en la oscuridad de la noche. Este ser que parece un ratoncillo con alas, es el inventor del radar, es totalmente inofensivo, se alimenta de insectos nocturnos y para nada molesta a las personas ni a sus intereses.

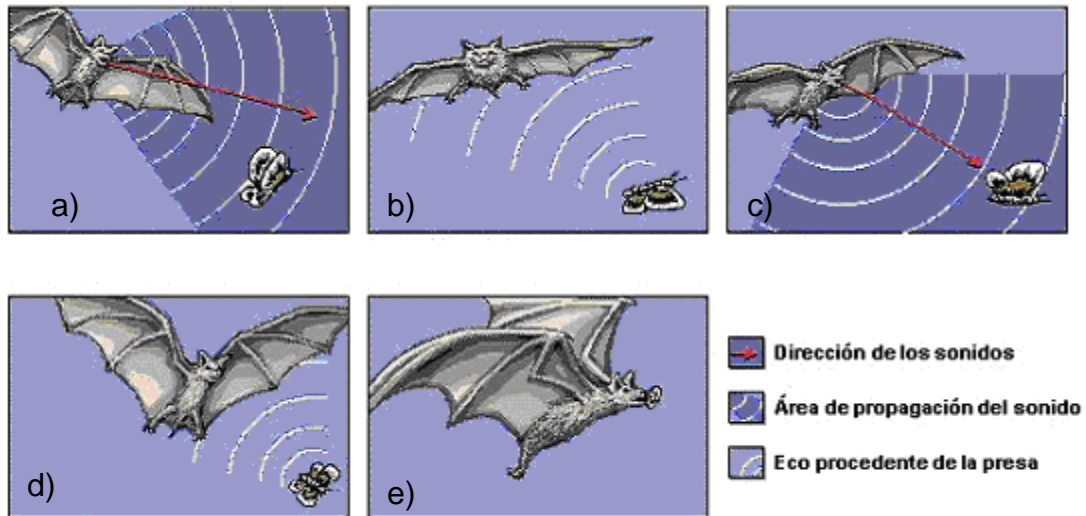


Fig. I.8. a) El murciélago emite pulsos de sonido de alta frecuencia. b) El sonido rebota en el insecto y regresan al murciélago como un eco. c) El murciélago vuelve a emitir ultrasonidos pero con otra dirección. d) El murciélago utiliza la información de los ecos para determinar la distancia a la que está el insecto. e) El murciélago se dirige a su presa y la captura

En general, ningún murciélago está completamente ciego; La mayoría de los murciélagos tienen ojos muy pequeños capaces de solamente de distinguir entre la luz y oscuridad pero incapaces de diferencia entre formas y tamaños. Es por eso que hacen uso de una clase de sonar, o eco-localización para poder “ver” bien; es como utilizar un radar en los aviones.

Esto consiste en que el murciélago emite señales por la nariz o boca luego son enviadas a través del aire. Estas señales están compuestas de sonidos de alta frecuencia o ultrasonidos que nosotros no podemos escuchar ya que están en el rango de 40 hasta 300 KHz (KiloHertz) y una longitud de onda de 1 a 3 milímetros (mm), con una velocidad de hasta 340 metros por segundo.

Estas señales chocan con los objetos a su alrededor produciendo un eco, el cual viaja en sentido opuesto; el murciélago lo escucha y en su mente forma una imagen sónica (basada en el sonido) de los objetos; también los analiza mediante el cálculo del tiempo transcurrido entre la emisión de una señal y el regreso de su eco, para poder conocer la distancia a la que se halla un objeto y mediante la amplitud de la onda determina el tamaño y la forma del objeto. Esto les hace posible navegar en completa oscuridad, decidir la dirección de su vuelo, esquivar obstáculos, localizar y elegir su alimento, ubicar un refugio o un sitio donde beber agua y demás.

La percepción resultante es tan precisa que, por ejemplo, algunos murciélagos pueden distinguir entre diferentes especies de insectos; así, si este es comestible, lo captura; sino, lo deja irse. Todo este proceso es casi instantáneo, y el análisis se realiza en cosa de nanosegundos.

En términos generales, la eco localización es más eficiente a distancias relativamente cortas, de entre cinco y diez metros, pues el aire absorbe rápidamente los sonidos, especialmente los de alta frecuencia, aunque algunas especies pueden detectar objetos hasta a unos veinte metros.

I.C. RADAR

El termino RADAR fue creado por la armada de los Estados Unidos de América (EUA) en 1941. El RADAR proviene de las siglas de "radio detección and ranging" que significa en español: detección y estimación de distancias mediante ondas de radio.

La detección de objetos metálicos por medio de ondas de radio data de muchos años antes de la Primera Guerra Mundial. Pero en 1935, en Gran Bretaña, se fabricó el primer radar que tuvo condiciones operativas y en 1939 Henry Boot, John T. Randall y los hermanos Russel y Sigurd Varian inventan el

Magnetron de Cavity Resonant que hace posible el radar tal como lo conocemos hoy en día.

En Alemania, se inició una competencia entre los fabricantes que culminó en 1936 cuando GEMA, utilizando un transmisor de 8 kilovatios con una longitud de onda de 1,8 metros (165 Mc/s), logró detectar un avión a 28 Km. de distancia. En 1935, Telefunken se unió a la competencia con un aparato de 50 cm. y antena parabólica giratoria.

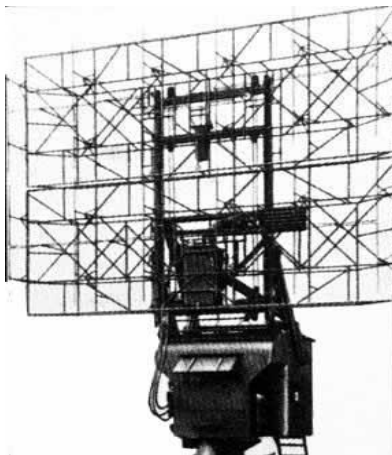


Fig. I.9. Antena giratoria para el radar de los alemanes en la II Guerra Mundial.

El radar es un sistema electrónico capaz de captar la presencia de objetos que se encuentran fuera del alcance de la vista, y que además, permite saber la distancia se encuentran. Todas estas funciones las cumple a partir de un sistema que emite ondas de radio sobre los objetos en cuestión. Básicamente está constituido por un transmisor que genera las señales de radio, un explorador giratorio (la antena, emisora y receptora) y una pantalla de vídeo en la que aparecen las señales de vuelta.

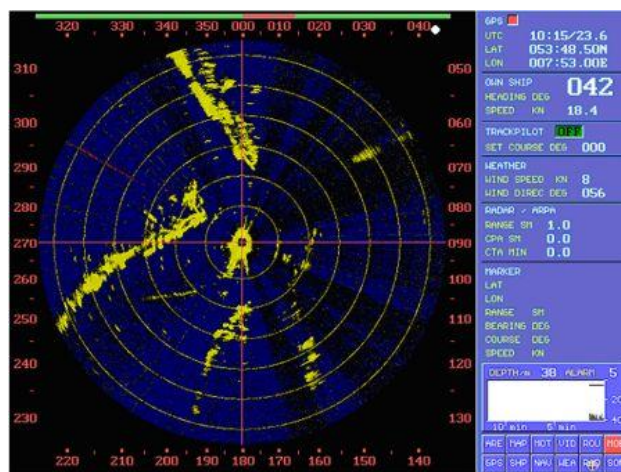


Fig. I.10. Pantalla de un radar. Para poder interpretarlo se necesita entrenamiento y practica.

El trasmisor envía pulsos de ondas electromagnéticas (ondas de radio) de alta frecuencia que se mueven a la velocidad de la luz ($c = 300.000\text{Km/s}$); en ráfagas cortas, a frecuencias que van desde los 1,000 hasta los 35,000 millones de ciclos por segundo, y se programa de manera que cada señal da en el objetivo y rebota antes de que se emita la siguiente. Debido a que rebota contra objetos conductores, se retrodispersan hacia la antena parabólica. El eco del radar aparece en el monitor y de esta manera, los operadores del radar pueden saber en dónde está ubicado un objeto.

Una computadora mide el tiempo que le tomó a la señal reflejarse desde el objetivo y, posteriormente calcula cuán lejos está en base a que El eco es mayor o menor en relación a la distancia y al tamaño del objeto reflejado.

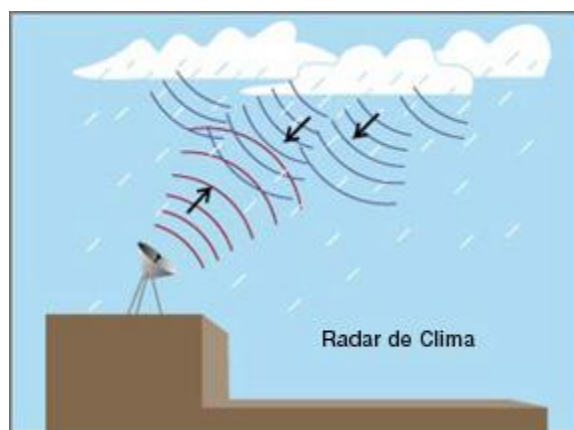


Fig. I.11. En el caso de la predicción del clima: El radar rebota ondas de radio en las gotas de lluvia de las nubes. Una computadora mide cuánto tiempo le toma a las ondas reflejarse de vuelta y utiliza ese tiempo para determinar cuán lejos está la lluvia. La computadora también mide cuánta energía se refleja de vuelta hacia el radar y calcula cuanta lluvia contienen las nubes.

Este sistema permite descubrir la presencia o la posición de un objeto que no se ve, incluso a una distancia de 36,200 kilómetros (km).

La idea del radar circuló por algún tiempo antes de ser desarrollado. Heinrich Hertz en 1887, realizó experimentos para comprobar las teorías de Maxwell que decía que la luz y el calor eran diferentes formas de la vibración del éter, con las experiencias probó que las ondas de radio se reflejaban como los rayos luminosos y que se podían formar haces por medio de espejos metálicos en forma semejante a los espejos que reflejan la luz. Son estos los principios básicos del Radar.

Otro hecho que ayudó a la creación del Radar fueron las observaciones de Taylor y Young, haciendo comunicaciones en 60 megaciclos a través de un río observaron que la señal variaba cuando pasaba un barco por el río, se pensó que se podía detectar un barco en la superficie por este método llamado “figura de interferencia”.

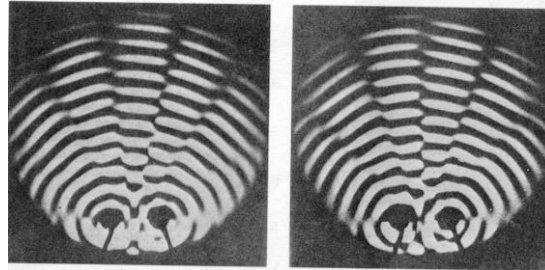


Fig. I.12. La interferencia se presenta cuando en una región del espacio, se encuentran, bajo ciertas condiciones, dos o más ondas. Físicamente se caracteriza porque en dicha región existe una distribución de la intensidad de la onda resultante, es decir, varía de unos puntos a otros: no es uniforme ni igual a la suma de las intensidades de las ondas que se superponen. Esta distribución de intensidades recibe el nombre de figuras de interferencia. La forma que adoptan depende de la naturaleza de las ondas.

Mientras que la mayoría de los avances de radar se debieron a razones militares, la idea surgió inicialmente como un sistema de anti-colisión. En 1912, esto era un tema del momento justamente después de que el Titanic chocara contra un iceberg y se hundiera. El radar era visto como una manera de detectar objetos tales como icebergs durante el mal tiempo, cuando las lámparas de alumbrado intenso eran inútiles.



Fig. I.13. Trasatlántico Titanic chocando con el iceberg y alumbrado con lámparas de alumbrado intenso.

En 1922, el ingeniero Guglielmo Marconi vaticina el desarrollo del radar.

En 1930, algunos barcos europeos y estadounidenses navegan con la ayuda del radar.

En 1936, el buque francés Normandie utiliza un radar para detectar icebergs.

En 1939, durante la II Guerra Mundial, Inglaterra, gracias al trabajo del físico británico Robert Watson-Watt uno de los más grandes impulsores de la tecnología de radar, empleo una red de radar en sus costas del sur y sureste para detectar aviones enemigos.

El sistema alcanzaba 64 kilómetros y transmitía a la Real Fuerza Aérea la distancia al objetivo, el rumbo y la altitud de las aeronaves alemanas. Esta fue una de las ventajas que ayudó a la precaria Fuerza Aérea de Inglaterra a derrotar a la Luftwaffe Alemana, durante la Batalla de Gran Bretaña.

En 1946, se desarrolla el TWT (Travelling Wave Tube), un sistema que mejora el potencial de amplificación y modulación de las ondas electromagnéticas

Entre 1970 y 1980, por primera vez se utiliza el radar para cartografiar la superficie de los planetas Venus y Mercurio.

Actualmente, los radares se usan por tres motivos principales:

1. Detectar la presencia de un objeto a cierta distancia sin usar la vista. Normalmente éste “algo” se está moviendo, como un avión, pero un buen radar también puede detectar objetos enterrados bajo tierra. En ocasiones no solo detecta un objeto si no que puede identificar de qué objeto se trata.
2. Detectar la velocidad de un objeto
3. Hacer un mapa de un terreno. Los satélites que mandamos al espacio Usan un tipo de radar para crear mapas detallados de la superficie de planetas y lunas.

Los controladores aéreos lo usan para seguir y dirigir los aviones tanto en la pista como en vuelo para asegurarles un correcto aterrizaje. Los radares también permiten determinar la posición y velocidad de los aviones y son imprescindibles para la navegación aérea.

La policía usa radares para pillar a los conductores que se pasan de velocidad. La NASA (Nacional Aeronautics and Space Administration: *Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio*), usa el radar para obtener mapas de la Tierra y de otros planetas, para controlar el movimiento de los satélites y vigilar la basura espacial que da vueltas alrededor de nuestro planeta.

Los militares lo usan para detectar al enemigo y dirigir sus misiles; los meteorólogos lo usan para detectar tormentas, huracanes y tornados; y, cuando la puerta se abre automáticamente al entrar en una tienda, también puede haber un radar en funcionamiento.

I.D. SONAR

Sonar se forma con las primeras letras de las palabras inglesas: sound, navigation and ranging (navegación y medición de distancias mediante sonidos). Es un sistema donde se usan transductores (dispositivos que transforman la energía eléctrica en cualquier otro tipo de energía y viceversa) para generar pulsos ultrasónicos y recoger las ondas reflejadas, que se visualizan en una pantalla o en un sistema similar. El sonar determina automáticamente la distancia a la que está el objeto causante de la reflexión: fondo marino, costa, submarino o banco de peces.

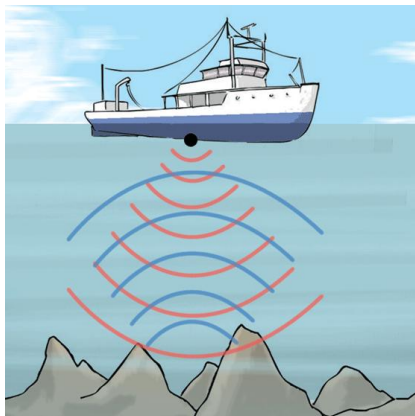


Fig. I.14. Sonar instalado en barco, el cual genera una señal y el fondo marino genera un eco.

El término «sonar» se usa para aludir al equipo empleado para generar y recibir el sonido. Las frecuencias usadas en los sistemas de sonar van desde las infrasónicas a las ultrasónicas

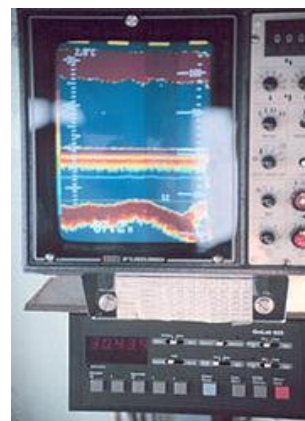


Fig. I.15. Pantalla de un sonar de Localización pesquera.

El sonar tiene el mismo principio de funcionamiento que el radar el cual se basa en el eco o el vuelo del murciélago: la reflexión de las ondas. Tiene un sistema de emisión de ondas y otro de detección de la onda reflejada, además de dispositivos para determinar la distancia del objeto y su posición. El sonar es una técnica que usa la propagación del sonido bajo el agua (principalmente).

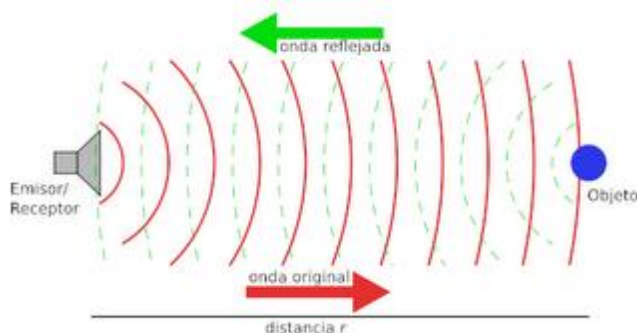


Fig. I.16 Diagrama de ondas.

La diferencia entre el sonar y el radar está en que el sonar emite ondas ultrasónicas (como el murciélago) y el radar envía pulsos de radiaciones electromagnéticas, que se mueven a la velocidad de la luz.

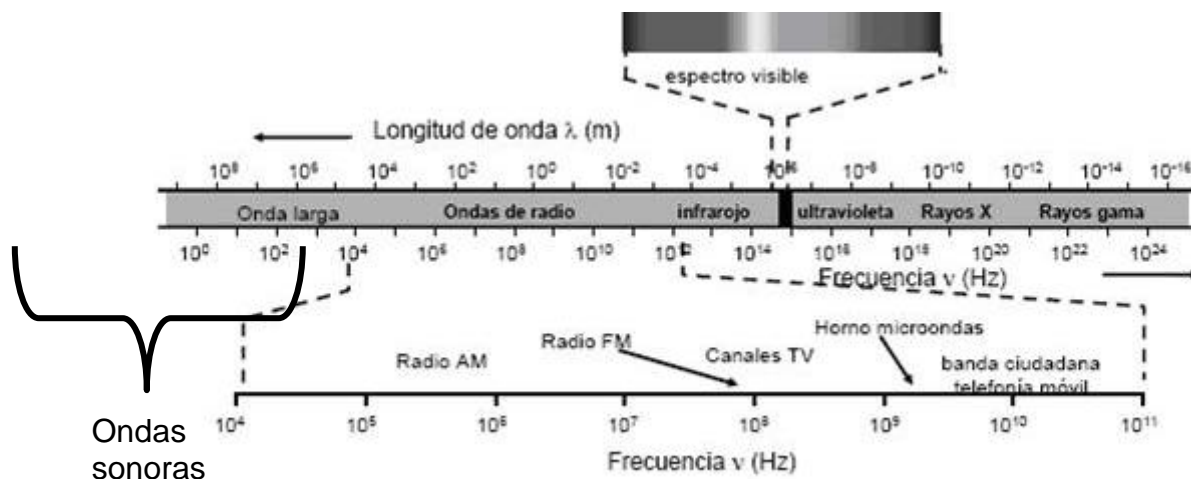


Fig. I.17 La diferencia es que el radar usa ondas de radio y el sonar ondas sonoras: infrasónicas y ultrasónicas.

Aunque algunos animales (como delfines y murciélagos) han usado probablemente el sonido para la detección de objetos durante millones de años, Una de las primeras referencias al hecho de que el sonido se propaga en el mar se debe a Leonardo Da Vinci, que en 1490 escribía: "Si paras tu barco e

introduces el extremo de un tubo en el agua, y aplicas el oído al otro extremo, oirás barcos que se encuentran a gran distancia de ti".

Este primer ejemplo de sistema SONAR tiene en su sencillez, los principios básicos del sonar pasivo actual, que están basados en lo siguiente:

1. Todos los barcos al navegar producen ruido aunque no sean de motor. Se detiene el barco propio para reducir el nivel de ruidos.
2. Se introduce un tubo en el agua para transmitir las ondas acústicas desde el medio acuático al medio aéreo para ser captadas por el oído humano.

La primera medición de la velocidad del sonido en el agua fue obtenida en 1827, por el físico suizo Daniel Colladon y el matemático francés Charles Sturtenant en el lago Ginebra. El resultado de su medida fue de 1,434 metros por segundo (mts/seg), que es muy precisa para la época en que se realizó dicha medición.

Durante el siglo XIX, y tras el enunciado del cálculo infinitesimal Fourier formula las "series trigonométricas infinitas" y Ohm, aplica las mismas para descomponer sonidos reales en series de tonos puros. Este es un importantísimo descubrimiento ya que es la base del actual Análisis en Banda Estrecha que permite la identificación precisa de la fuente que genera el ruido.

En 1912, Fessenden desarrolla el primer emisor submarino capaz de trabajar como transmisor y receptor en el margen de frecuencia entre 500 y 1,000 Hz. En 1914, tras la pérdida del TITANIC demostró la utilidad de su invento midiendo la distancia a un iceberg situado a 2 millas de distancia. La posterior aplicación de los amplificadores electrónicos a las señales captadas, hizo que los sistemas no tuvieran que depender exclusivamente de la sensibilidad del oído humano.



Fig. I.18. Lord Rayleigh.

En 1915, Lord Rayleigh descubre que el oído humano es capaz de determinar la dirección de una fuente sonora por la diferencia de fase o tiempo de la onda sonora al llegar a ambos oídos, y se desarrollan sensores binaurales para determinar la dirección de la que proviene el sonido.

Este sistema en funcionamiento en los submarinos alemanes causó graves pérdidas a los aliados. El éxito obtenido propició la investigación con sistemas ópticos, térmicos y magnéticos, siendo el resultado más favorable el obtenido mediante el sonido.

En 1917, el físico francés Paul Langevin usando un sistema piezoeléctrico de cuarzo sintonizado a una frecuencia de 38 KHz, consigue formar un haz de energía capaz de determinar la dirección y la distancia a un objeto sumergido, llegando a detectar un submarino a 1,500 metros. Por el mismo periodo, científicos

ingleses dirigidos por Boyle trabajan en el secreto proyecto ASDIC para la obtención de un sistema eficaz de detección submarina.

Los primeros estudios sobre propagación se llevaron a cabo por científicos alemanes en 1919, que descubrieron la influencia de la temperatura, salinidad y presión en la velocidad del sonido y el comportamiento de los rayos sonoros al atravesar estratos de distinta velocidad de propagación.

En 1925, la empresa Submarine Signal Company presenta comercialmente el primer sonar, aparato capaz de determinar la distancia al fondo desde la superficie. Debido a que el tratado de Versalles no permitía a la Marina Alemana tener submarinos ni aeroplanos; los estudios se centran en la aplicación del SONAR como un sistema defensivo. El estudio de los ruidos emitidos por la maquinaria, hélice y ruido hidrodinámico permitió el desarrollo de nuevos tipos de barcos.

El resultado de su trabajo fue el GHC, un equipo de escucha que usaba la técnica de formación de haces, esto es, el ruido proveniente de varios hidrófonos se pone en fase retardando las de los adyacentes al elegido como eje para formar una sola vía de audición. Uno de estos equipos se montó en el crucero "Prinz Eugen" y fue decisivo para la evasión del mismo de los masivos ataques de torpedos que después sufrió.

Durante la Segunda Guerra Mundial se da un periodo febril en la investigación de nuevas tecnologías y se retoma la acústica. En los EUA. Se crea el NDRC (National Defense Research Committee) responsable entre otros del proyecto Manhattan con el que se fabricó la bomba atómica. La sección sexta del NDRC realiza un amplísimo programa de acústica submarina llevado a cabo principalmente por la Universidad de California, el Laboratorio de Electrónica Naval de San Diego y la Institución Oceanográfica de Woods Hole. La publicación al finalizar la contienda de los estudios realizados constituye aún hoy en día la base de la acústica submarina.

Al final de la Segunda Guerra Mundial y debido a la aparición de la Guerra Fría las investigaciones continuaron en todos los campos. Entre 1944 y 1955, los trabajos de Shannon en la Unión Americana, de Gabor y Woodward en Gran Bretaña, establecen las bases de la teoría de la información, que aplicada junto a los nuevos desarrollos electrónicos de estado sólido permitir desarrollar equipos muy precisos en cuanto a la discriminación del contacto, su distancia y la velocidad a la que navega.

La aparición de submarinos nucleares con capacidad de lanzar misiles nucleares de largo alcance hace cambiar la situación táctica, ya no se trata de detectar un submarino en las proximidades de un convoy sino de vigilar grandes

extensiones. Esto implica la vuelta a la detección pasiva que permite mayores alcances.

Se comienza a desarrollar grandes redes de escucha submarina tanto fija como remolcada por los buques, que además permite alejar la escucha del ruido propio; de este tipo son los sistemas SOSUS (SOund SURveillance System), TACTAS (TACTical Towed Array Sonar) y SURTASS (SURveillance Towed Array Sensos System) entre otros, utilizados en la actualidad.

Durante los últimos años del siglo XX, se intensificó el estudio de bajas frecuencias para detección a grandes distancias y potenciado la reducción al máximo del ruido emitido por los buques. Aparece el análisis espectral de las frecuencias emitidas por un contacto para permitir su exhaustiva clasificación, técnica denominada LOFAR (LOW Frequency Analysis and Recording).

La gran cantidad de señales existente en el mar, tanto de origen humano como biológico que proporciona un sonar moderno es gigantesca, por tanto la clave es descubrir un método de proceso que permita eliminar la información no necesaria; para ello se hace uso masivo de la informática, empleándose de inteligencia artificial.

Nuevas investigaciones realizadas por el SACLANCEN, órgano de investigación dependiente de la OTAN se dirigen al uso de sonares activos de muy baja frecuencia, debido principalmente al aumento del nivel de ruido en la mar y a la construcción de barcos cada vez más silenciosos.

En la actualidad El sonar tiene muchas aplicaciones; puede usarse como medio de localización acústica De hecho, la localización acústica se usó en aire antes que el radar, siendo aún de aplicación el SONAR (la exploración vertical aérea con sonar) para la investigación atmosférica.

El sonar es extremadamente útil dado que proporciona la posición exacta de un objeto; ya sea otra nave, buceadores, etc. Es por eso que es utilizado en los submarinos y los barcos para la navegación, comunicación o detección; además sirve para determinar la trayectoria del blanco lo cual se aplica en los torpedos modernos los cuales suelen incluir un sonar, que puede usarse para localizar directamente el blanco, pero también para seguir estelas.

Otros usos del sonar son en la pesca ya que las ondas sonoras viajan de forma diferente a través de los peces que por aguas limpias debido a que la vejiga natatoria rellena de aire de éstos tiene una densidad diferente a la del agua marina. Esta diferencia de densidad permite la detección de bancos de peces usando el sonido reflejado. Actualmente, los pesqueros comerciales dependen casi completamente en los equipos acústicos para detectar peces.

También en el área de la investigación hay aplicaciones; Emitiendo ondas sonoras directamente hacia el fondo y registrando el eco de retorno es posible calcular la profundidad, dado que la velocidad del sonido en el agua es más o menos estable en un rango de profundidades pequeño.

Para seguir los movimientos de peces, ballenas, etcétera puede acoplarse a un animal un dispositivo acústico que emita pulsos a ciertos intervalos, posiblemente codificando, por ejemplo, la profundidad.

También funciona como un Medidor de olas usándolo como un transductor acústico vertical montado en el fondo marino o sobre una plataforma puede usarse para realizar medidas de la altura y periodo de las olas. De esto pueden derivarse estadísticas de las condiciones en la superficie de una ubicación dada.

Se han desarrollado sonares de corto alcance especial para permitir la medida de la velocidad del agua; y, otros que pueden usarse para caracterizar el fondo marino: fango, arena, grava, limos, etcétera (esto suele lograrse comparando los retornos directos y reflejados por el fondo).

I.E. SATELITES ARTIFICIALES

Un satélite artificial es cualquier objeto que orbita alrededor de otro, que se denomina *principal*. Los satélites artificiales son naves espaciales fabricadas en la Tierra y enviadas en un vehículo de lanzamiento, un tipo de cohete que envía una carga útil al espacio exterior. Los satélites artificiales pueden orbitar alrededor de lunas, cometas, asteroides, planetas, estrellas o incluso galaxias. Tras su vida útil, los satélites artificiales pueden quedar orbitando como basura espacial.



Fig. I.19 **Japón** ha logrado poner por primera vez en la **órbita lunar** un *satélite artificial* de creación humana el 4 de octubre del 2007.

También es un repetidor de microondas localizado en el cielo. Su Ancho de Banda es muy grande, alrededor de 500 MHz, por lo tanto, se lo subdivide en *TRANSPONDERS*, cada uno de los cuales escucha una porción del espectro.

El Transponder: recibe, demodula, amplifica y retransmite la señal. Cada canal puede tener un ancho de banda de 27 a 72 MHz y puede utilizarse para enviar señales analógicas de vídeo y/o audio, o señales digitales que puedan corresponder a televisión (normal o en alta definición), radio digital (calidad CD), conversaciones telefónicas digitalizadas, datos, etc. La eficiencia que se obtiene suele ser de 1 bit/s por Hz; así, por ejemplo, un canal de 50 MHz permitiría transmitir un total de 50 Mbit/s de información.

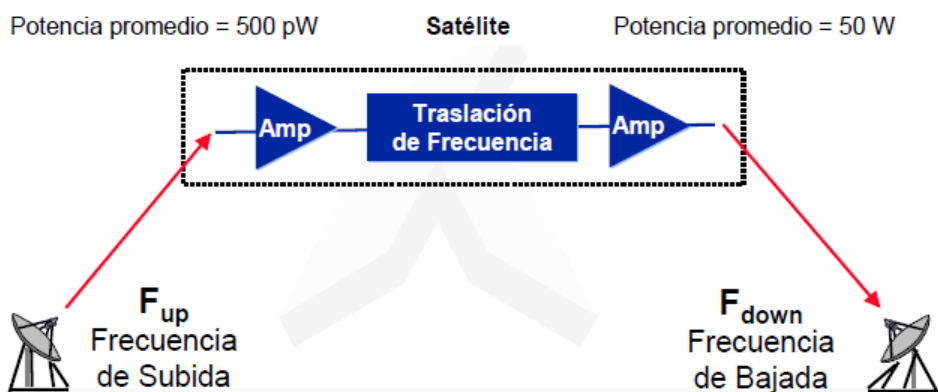


fig.I.20. Diagrama de lo que hace un transpondedor.

Un satélite típico divide su ancho de banda de 500 MHz en unos doce receptores-transmisores de un ancho de banda de 36 MHz cada uno. Cada par puede emplearse para codificar un flujo de información de 500 Mbit/s, 800 canales de voz digitalizada de 64 Kilobit/s, o bien, otras combinaciones diferentes.

Los satélites tienen una zona de cobertura que es la superficie de la Tierra delimitada por un contorno de densidad de flujo de potencia (potencia/m²) constante, que permite obtener la calidad deseada de recepción en ausencia de interferencias. La zona de cobertura debe ser el área más pequeña que cubre la zona de servicio.

La zona de cobertura se representa en los mapas como "Huella" de potencia del satélite en cuestión. La huella de potencia viene definida de acuerdo a la anchura del haz de la antena transmisora del satélite. Como el satélite está en el ecuador, la huella tendrá en principio forma ovoide.



Fig. I.21. Zona de cobertura para el Satélite SATMEX 6 en banda C.

Los satélites pueden clasificarse por su área de funcionamiento o por su órbita. Hay infinidad de aplicaciones para los satélites, algunas de ellas son:

- Armas anti satélite, también denominados como satélites asesinos, son satélites diseñados para destruir satélites enemigos, otras armas orbitales y objetivos.
 - Satélites astronómicos, son satélites utilizados para la observación de planetas, galaxias y otros objetos astronómicos.
 - Biosatélites, diseñados para llevar organismos vivos, generalmente con propósitos de experimentos científicos.
 - Satélites de comunicaciones, son los empleados para realizar telecomunicación.
 - Satélites de navegación, utilizan señales para conocer la posición exacta del receptor en la tierra.
 - Satélites de reconocimiento, denominados popularmente como satélites espías, son satélites de observación o comunicaciones utilizados por militares u organizaciones de inteligencia.
 - Satélites de observación terrestre, son utilizados para la observación del medio ambiente, meteorología, cartografía sin fines militares.
 - Satélites de energía solar, son una propuesta para satélites en órbita excéntrica que envíen la energía solar recogida hasta antenas en la Tierra como una fuente de alimentación.
 - Estaciones espaciales, son estructuras diseñadas, para que los seres humanos puedan vivir en el espacio exterior. Una estación espacial se distingue de otras naves espaciales tripuladas en que no dispone de propulsión o capacidad de aterrizar, utilizando otros vehículos como transporte hacia y desde la estación.
 - Satélites meteorológicos, son satélites utilizados principalmente, para registrar el tiempo atmosférico y el clima de la Tierra.
-
-

En este trabajo solo los satélites de comunicaciones son de nuestro interés, pues evidentemente son los que se emplean para la transmisión de eventos televisivos.

También se clasifican por sus tipos por órbita y su centro:

- Órbita galactocéntrica, una órbita con centro en una galaxia. El Sol sigue este tipo de órbita en su movimiento alrededor de la Vía Láctea.
- Órbita heliocéntrica, una órbita alrededor del Sol. En el Sistema Solar, los planetas, cometas y asteroides siguen esa órbita, además de satélites artificiales y basura espacial.
- Órbita geocéntrica, una órbita alrededor de la Tierra. Existen aproximadamente 2.465 satélites artificiales orbitando alrededor de la Tierra.
- Órbita aerocéntrica, una órbita alrededor de Marte.

También por su altitud:

- Órbita baja terrestre (LEO), una órbita geocéntrica a una altitud de 0 a 2.000 kilómetros.
- Órbita media terrestre (MEO), una órbita geocéntrica con una altitud entre 2,000 km y hasta el límite de la órbita geosíncrona de 35,786 km. También se la conoce como órbita circular intermedia.
- Órbita alta terrestre (HEO), una órbita geocéntrica por encima de la órbita geosíncrona de 35,768 km. También conocida como órbita muy excéntrica u órbita muy elíptica.

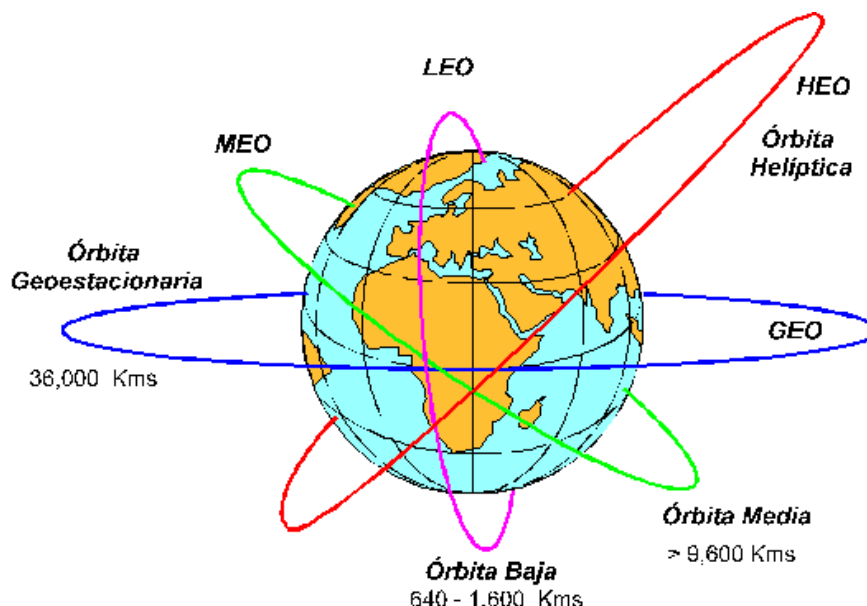


Fig. I.22. algunas Orbitas satelitales.

Por su inclinación

- Órbita inclinada, una órbita cuya inclinación orbital no es cero.
- Órbita polar, una órbita que pasa por encima de los polos del planeta. Por tanto, tiene una inclinación de 90° o aproximada.
- Órbita polar heliosíncrona: una órbita casi polar que pasa por el ecuador terrestre a la misma hora local en cada pasada.

Y por su sincronía:

- Órbita síncrona, una órbita donde el satélite tiene un periodo orbital igual al periodo de rotación del objeto principal y en la misma dirección. Desde el suelo, un satélite trazaría una analema en el cielo. (es la curva que describe la posición del Sol en el cielo si todos los días del año se lo observa a la misma hora del día y desde el mismo lugar de observación. forma una curva que suele ser, aproximadamente, una forma de ocho (8))
- Órbita semisíncrona: una órbita a una altitud de 12,544 kilómetros aproximadamente y un periodo orbital de unas 12 horas.
- Órbita geosíncrona, una órbita a una altitud de 35,768 kilómetros. Estos satélites trazarían una analema en el cielo.
- Órbita geoestacionaria, una órbita geosíncrona con inclinación cero. Para un observador en el suelo, el satélite parecería un punto fijo en el cielo.
- Órbita cementerio, una órbita a unos cientos de kilómetros por encima de la geosíncrona donde se trasladan los satélites cuando acaba su vida útil.
- Órbita aerosíncrona, una órbita síncrona alrededor del planeta Marte con un periodo orbital igual al día sideral de Marte, 24,6229 horas.
- Órbita aeroestacionaria, una órbita aerosíncrona circular sobre el plano ecuatorial a unos 17.000 km de altitud. Similar a la órbita geoestacionaria pero en Marte.
- Órbita heliosíncrona, Se trata de una órbita baja (entre 600 y 800 Km) en la cual el plano está sincronizado con el sol, es decir, que la dirección del sol hace siempre un ángulo constante con el plano orbital.

La órbita que se ocupa regularmente en las comunicaciones es la órbita geoestacionaria la cual se encuentra alrededor de la tierra, sobre el ecuador y tiene una altura de 36,000 kilómetros a nivel de la tierra de tal manera que los satélites que se encuentran en esta orbita parecen estacionarios por que giran junto a la rotación de la tierra.

I.E.I. PRIMEROS SATÉLITES

La primera referencia de los satélites la hizo en octubre de 1945, el escritor británico de ciencia ficción *Arthur C. Clarke*, quien publicó en la revista británica *Gíreles World* el artículo titulado “*Extra Terrestrial Relays*” (redes extraterrestres), en el cual incluía la propuesta de un sistema de comunicación global utilizando estaciones espaciales hechas por el hombre. (Clarke es autor también de la novela *2001: una odisea espacial* (1968).

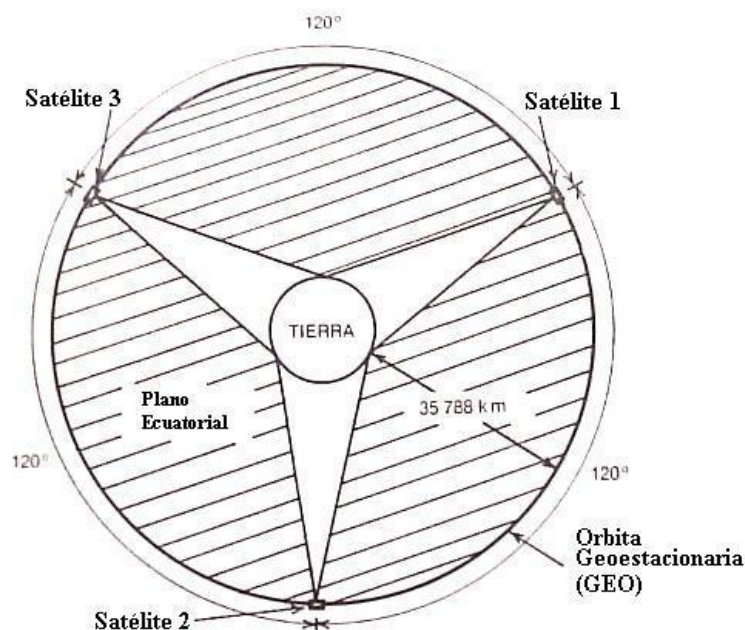


Fig. I.23. Clarke indicó que con solamente tres satélites en órbita geoestacionaria, sería posible cubrir todo el mundo habitado.

Esta propuesta, básicamente, era: “*Un satélite artificial a la distancia apropiada de la tierra puede hacer una revolución cada 24 horas, esto es, podría parecer estacionario sobre un punto de la superficie de la Tierra, y tendría un rango óptico de casi la mitad de la superficie terrestre. Tres estaciones repetidoras, con una separación de 120° entre sí, pueden dar cobertura de señales de radio y microondas a todo el planeta*”.

Los satélites artificiales nacieron durante la Guerra Fría, entre los Estados Unidos de América (EUA) y La Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas (URSS), donde pretendían ambos llegar a la luna y a su vez lanzar un satélite a la órbita espacial.

En mayo de 1946, el Proyecto RAND presentó el informe *Preliminary Design of an Experimental World-Circling Spaceship* (Diseño preliminar de una

nave espacial experimental en órbita), en el cual se decía que "Un vehículo satélite con instrumentación apropiada puede ser una de las herramientas científicas más poderosa del siglo XX. La realización de una nave satélite produciría repercusiones comparables con la explosión de la bomba atómica..."

La idea de Clarke comenzó a transformarse en realidad con el desarrollo del primer satélite artificial: el SPUTNIK 1 (*compañero de viaje* en ruso), que fue lanzado por la URSS el 4 de octubre de 1957 en una órbita elíptica de baja altura el cual sólo emitía un tono intermitente, y estuvo en funcionamiento durante 21 días, marcando así el inicio de la era de las comunicaciones vía satélite.

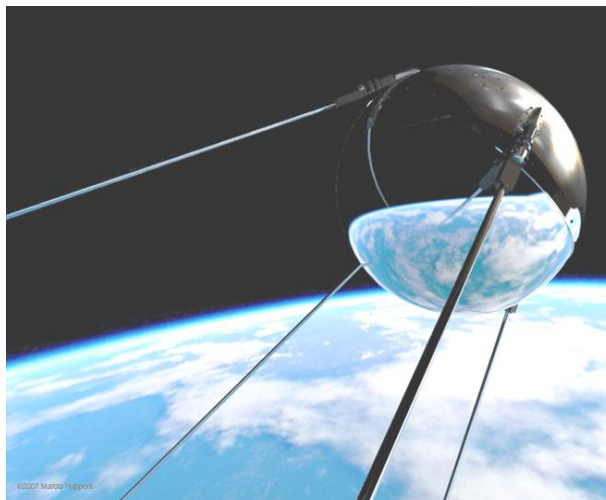


Fig.I.24. Sputnik 1 en órbita con la tierra de fondo.

El SPUTNIK 1 era una esfera de aluminio de 58 centímetros de diámetro y con un peso de 83 kilogramos. Tardaba 96.2 minutos en dar la vuelta a la Tierra y describía una órbita elíptica que alcanzaba su apogeo (El punto más lejano al centro de la Tierra) a una altura de 946 kilómetros y su perigeo (punto de la órbita elíptica que recorre un cuerpo *artificial* alrededor de la Tierra, en el cual dicho cuerpo se halla más cerca del centro de la misma.), a 227 km. Contaba con instrumentos que durante 21 días enviaron información a la Tierra sobre radiación cósmica, meteoritos y sobre la densidad y temperatura de las capas superiores de la atmósfera.

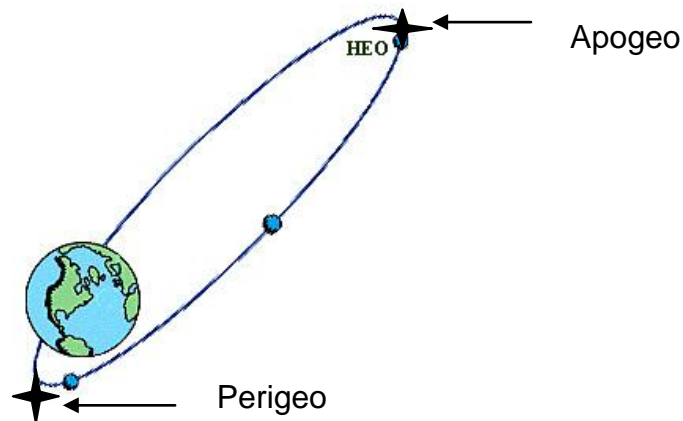


Fig. I.25. Sputnik 1 traza órbita elíptica o Heo teniendo un apogeo de 946 km y perigeo de 227 km.

Al cabo de 57 días orbitando la Tierra el satélite entró en la atmósfera terrestre y se destruyó por efecto del calor debido al rozamiento aerodinámico.

El año siguiente, el 31 de enero de 1958, los Estados Unidos de América lanzaron desde Cabo Cañaveral el EXPLORER y crearon la NASA, en plena época de la Guerra Fría. En ese momento se encontraba en órbita el SPUTNIK2, con la perrita Laika a bordo, que duró 162 días en órbita. El EXPLORER era una nave cilíndrica de 14 kg de peso, 15 cm de diámetro y 2 metros de longitud, que estuvo transmitiendo mediciones de radiación cósmica y micro meteoritos durante 112 días, y aportó los primeros datos desde un satélite que llevaron al descubrimiento de los cinturones de radiación de Van Allen.



Fig.I.26. Laika, el primer ser vivo en el espacio.

El 17 de marzo de 1958, los Estados Unidos de América lanzaron su segundo satélite, el VANGUARD 2 que estuvo transmitiendo señales durante más de 6 años; a éste le siguió el satélite estadounidense EXPLORER 3, lanzado el 26 de marzo de 1958, y el soviético SPUTNIK 3, lanzado el 15 de mayo de ese mismo año. Este último, que pesaba 1.327 kg, efectuó mediciones de la radiación solar, la radiación cósmica, los campos magnéticos y otros fenómenos, hasta que dejó su órbita en abril de 1960.



Fig.I.27. Replica del Vanguard 2 de la NASA.

También, el 18 de diciembre de 1958 se lanzó el satélite SCORE que, con un peso de 70 kg puede considerarse, de alguna manera, como el primer satélite de “comunicaciones” aunque pasivo, pues disponía de un transmisor que radiaba la información contenida en un magnetófono, constituida por el mensaje de felicitación de Navidad del Presidente Eisenhower.

Probablemente el primer satélite repetidor totalmente activo fue el COURIER, lanzado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en octubre de 1960. Este transmitía conversaciones y telegrafía, pero solo duró 70 días. Fue el primer satélite de comunicaciones que usó paneles solares para obtener la energía que necesitaba.



Fig. I.28. Satélite repetidor COURIER.

El 10 de julio de 1962 se lanzó el TELSTAR 1, el primer satélite en transmitir señales de Televisión entre Estados Unidos de América y Europa.



Fig.I.29. Telstar 1.

El SYNCOM 3 fue el primer satélite de órbita geoestacionaria, lanzado por la NASA en 1963. Entre otras aplicaciones, se utilizó para transmitir los Juegos Olímpicos de Tokio en agosto del año 1964.

El INTELSAT 1 mejor conocido como Pájaro Madrugador o *Early Bird* fue el primer satélite internacional de órbita geosíncrona, lanzado por el consorcio internacional INTELSAT desde los Estados Unidos de América el 6 de abril de 1965, y que, colocado sobre el Océano Atlántico, proporcionaba una capacidad de 240 circuitos de voz para uso comercial.

El sistema MONLNIYA (*relámpago* en ruso) fue la primera red satelital doméstica, y fue lanzado en 1967 por la URSS. Consistía en una serie de 4 satélites en órbitas elípticas con una cobertura de 6 horas por satélite.

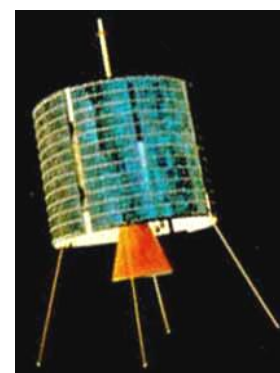


Fig.I.30. INTELSAT 1



Fig. I.31. Construcción del OTS.

La Agencia Espacial Europea (ESA) comenzó sus lanzamientos (programa Eutelsat) en el año 1982 desde un centro espacial en la Guayana Francesa; anteriormente, y como precursor experimental, se había lanzado en 1978 el Orbital Test Satellite (OTS), que aportó una valiosa experiencia sobre la utilización de las bandas de frecuencias de 14 GHz y 11 GHz. Estos satélites utilizando tecnología digital cubrían el servicio de televisión internacional de la Unión Europea de Radiodifusión (URE).

El resto es historia reciente y en la actualidad hay satélites artificiales de comunicaciones, navegación, militares, meteorológicos, de estudio de recursos terrestres y científicos, de ayuda a la navegación, etc. cientos de ellos operativos y en distintas órbitas.

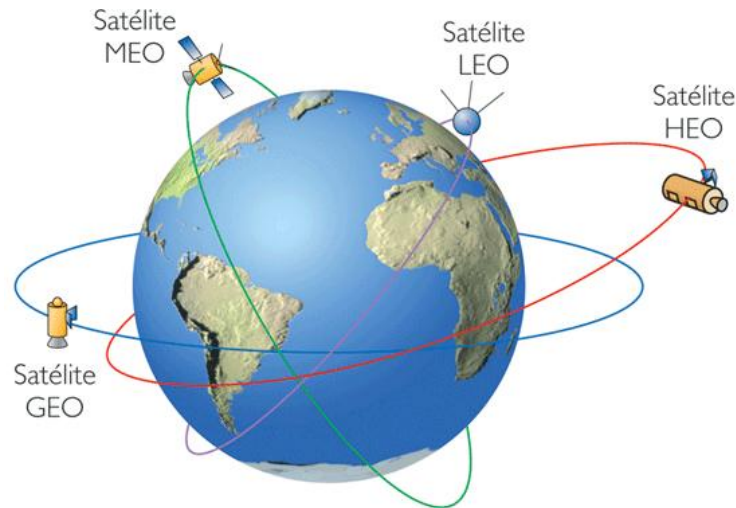


Fig.I.32. Distintas órbitas.

I.E.II. SATÉLITES MEXICANOS

En 1968, México entró a la era satelital, cuando se construyó la primera estación terrena, en el estado de Hidalgo por donde millones de televidentes presenciaron las Olimpiadas que se celebraban en nuestro país. Lo anterior, fue posible a través del satélite ATS-3 -propiedad de la NASA y rentado por INTELSAT (organismo público internacional del que México es miembro) y los entonces responsables de las telecomunicaciones en el territorio nacional: la Red Federal de Microondas, la Estación Terrestre para Comunicaciones Espaciales de Tulancingo (que sigue funcionando para enlaces con Europa) y la Torre Central de Telecomunicaciones de la Ciudad de México.

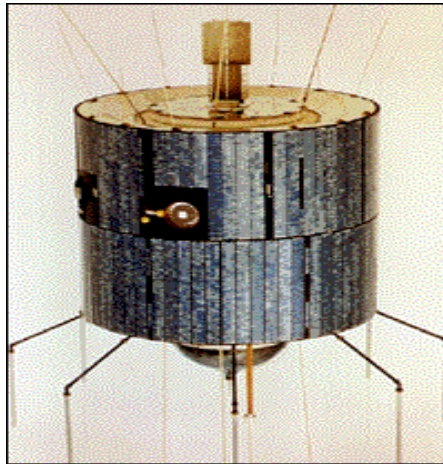


Fig.I.33. Satélite ATS-3.

A mediados de 1981, se empezó a rentar espacio en tres satélites: 2 del consorcio Intelsat, para comunicaciones nacionales e internacionales, y el estadounidense Westar III, para cubrir las emisiones de la televisión mexicana a ciudades del vecino país del norte.



Fig. I.34. Satélite Morelos.

En octubre de 1982, con el fin de unificar las zonas rurales y urbanas de la nación -y como respaldo a la Red Federal de Microondas, la cual ya operaba a su máxima capacidad-, el gobierno mexicano, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, tomó la decisión de adquirir su primer sistema de satélites: el Sistema Morelos, constituido por los satélites *Morelos 1* y *2* y el centro de control satelital ubicado en Iztapalapa, D.F.: el costo del sistema Morelos fue de 92 millones de dólares.

Morelos I fue colocado en órbita el 17 de junio de 1985, por el transbordador Discovery de la NASA, que despegó desde el Centro Espacial de Cabo Cañaveral, Florida. El 26 de noviembre del mismo año fue lanzado el Morelos 2. Este es recordado porque en el transbordador Atlantis, que lo puso en órbita, viajó como miembro de la tripulación el doctor Rodolfo Neri Vela, primer mexicano en el espacio.



Fig. I.35. Doctor Neri junto a una réplica del trasbordador Atlantis.

En ambos casos, se trataba de un satélite modelo HS 376, que era el más comercial de la época, con una forma cilíndrica, una longitud de 6.62 metros (desplegado) y un peso de 645.5 kilogramos en órbita geostacionaria.

Se ordenaron 2 satélites, simplemente, por seguridad y respaldo, para garantizar el servicio. Aun cuando los satélites se diseñan, integran y prueban para soportar el riguroso ambiente espacial y el del lanzamiento, siempre existe un riesgo, aunque muy pequeño. Dada la necesidad de comunicación y los altos costos de inversión, es necesario asegurar el éxito de los programas satelitales.

Basta saber que para poder escapar de la gravedad terrestre y desplazar un peso de más de 500 toneladas de un vehículo lanzador actual, de las cuales el 90% corresponde a combustible, 9% a la estructura y componentes y el 1% a la carga útil, los cohetes deben alcanzar una velocidad mínima cercana a los 10.5 km/s, lo cual significa un riesgo para la operatividad (buen funcionamiento) de los satélites.



Fig. I.36. Partes de cohete y su etapa.

Adicionalmente, los satélites en órbita, soportan temperaturas extremas (que oscilan entre -200°C y 180°C) y su órbita es perturbada entre otras cosas por la presión de radiación solar. Así mismo, siempre están expuestos a impactos de micro partículas que están viajando a alta velocidad (micrometeoros).

El satélite *Morelos II* tenía una vida de diseño de nueve años, o sea, hasta 1994; sin embargo, gracias a una estrategia de minimizar las correcciones de su órbita, se logró alargar su vida útil hasta el año 2004.

En Junio de 2004, con lo último que le quedaba de combustible, el *Morelos II* fue sacado de la órbita geoestacionaria y enviado a otra de desecho donde recibió comandos para apagar todos sus sistemas y quedar de esta manera completamente desactivado.

Al quedar en desuso, los satélites de Satmex que son geoestacionarios y operan en una órbita alta (36,000 kilómetros de altura) son alejados un poco de ésta, a fin de que su posición orbital quede liberada y pueda ser ocupada por nuevos satélites.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es quien administra a nivel mundial. Los derechos para obtener dichas posiciones orbitales las cuales no tienen un costo. Sólo se pide al solicitante que compruebe que el satélite para el cual gestiona la órbita ya esté en construcción. México cuenta con las posiciones orbitales 113, 114.9 y 116.8, para servicios fijos por satélite. México

también ha solicitado a la UIT otras posiciones orbitales para servicios fijos y otras de radiodifusión Directa (DBS).



Fig. I.37. Símbolo de la UIT.

Los satélites del Sistema Morelos brindaron servicios de comunicaciones de televisión, telefonía y datos hacia y desde cualquier punto de la República Mexicana. Cada uno tenía una capacidad de manejar el equivalente a 36 canales de televisión, con cerca de 1 300 MHz de ancho de banda utilizable.

En 1989, se tomó la decisión para el emplazamiento especial de un nuevo satélite nacional, que por Acuerdo del Ejecutivo Nacional sería denominado "*Solidaridad*". La saturación del Sistema Morelos, apresuró la autorización para la realización inmediata de las gestiones a fin de iniciar el proceso de licitación del Sistema de Satélites *Solidaridad*, lanzados en el período transexenal de Carlos Salinas de Gortari, 1993-94, con lo que se iniciaba la sustitución del Morelos I y II.



Fig. I.38. Satélite Solidaridad.



Por medio del cohete Ariane se lanzó el *Solidaridad 1*, en noviembre de 1993, pero para agosto del 2000, antes de cumplir con su vida de diseño, dejó de operar por fallas eléctricas; siendo un satélite de comunicación, sus problemas tuvieron un gran impacto en las comunicaciones de nuestro país. Sus usuarios fueron transferidos al *Solidaridad 2* (que había sido lanzado en octubre de 1994) y Satmex 5.

Fig. I.39. Cohete Ariane.

Los satélites del *Sistema Solidaridad* fueron construidos como los Morelos por la empresa Hughes Aircraft Company (actualmente Boeing), y costaron más de 300 millones de dólares (incluyendo servicios de lanzamiento, adecuación al centro de control de Iztapalapa, un nuevo centro de control en Hermosillo, y seguros), un precio elevado, pero que se justifica, pues debido a que un satélite no puede ser reparado desde la Tierra, se le instalan piezas electrónicas de reserva para suplantarlas en caso de avería. Por otro lado, se le garantiza energía suficiente con una batería hasta estar en la posición adecuada en órbita y, de esta manera, poder recibir los comandos terrestres que lo controlen.

Pese a todas estas precauciones y al costo, México protegió esta inversión asegurándolos en una cifra considerable, que cubriera cualquier percance.

Años más tarde, en 1997, el sistema satelital mexicano que incluía los satélites Morelos 2, Solidaridad 1 y 2 y Satmex 5 en construcción, así como los centros de control de Iztapalapa y Hermosillo, se privatizó, constituyéndose la empresa Satélites Mexicanos (SATMEX), con la participación mayoritaria de telefónica Autrey y Loral Space and Communications, y una parte minoritaria del gobierno mexicano. Desde entonces, SATMEX se encarga de su operación y administración.

En Diciembre de 1998, se puso en órbita el SATMEX 5, con una potencia eléctrica generada por los paneles solares 10 veces superior a la de los Morelos y tres veces mayor a la de los Solidaridad.



Fig. I.40. Satélite Satmex 5 cuya posición es 116.8° W.

Sus huellas, es decir, las zonas geográficas cubiertas, difieren, dependiendo de cualquiera de las opciones de banda que ofrece.

El SATMEX 6 (con 50.0% más potencia que el SATMEX 5 y mayor ancho de banda) fue puesto en órbita el 27 de Mayo del 2006 mediante un cohete ARIANE 5, y llevado hasta su posición geoestacionaria de 113° longitud Oeste que dejó libre el Solidaridad 2, mismo que fue reubicado a la posición 114.9° longitud Oeste.

El costo de este satélite fue de 235 millones de dólares. El satélite está diseñado para tener una vida útil de 15 años. Es el satélite de comunicaciones más grande que ha construido Space Systems Loral (SSL). Tiene un total de 60 transpondedores de 36 MHz (36 en banda C y 24 en banda Ku) y es el satélite con mejor cobertura en el Continente Americano. La energía eléctrica generada por los paneles solares es de aproximadamente 12,000 watts (valor referenciado al final de la vida útil del satélite). Este satélite ocupa la posición orbital 113.0° W.

Por lo que hace a la diversificación de este tipo de servicio, a partir del 2001, el gobierno mexicano abrió sus puertas a operadores extranjeros: PANAMSAT y GE Americom exigiéndoles que cuenten con centros de control de comunicaciones en el territorio Mexicano, a fin de que estén en capacidad de proporcionar una atención oportuna a sus clientes en México.

Con los satélites podemos obtener servicio permanente u ocasional de acceso con una fiabilidad mayor de 99.8%, cifra superior a la estimada para la fibra óptica, para apoyar una serie de aplicaciones, que en el caso de México consisten entre otras en:

- 1.- Conexión a internet.
 - 2.- Telefonía rural y de larga distancia. El mejor aliado para enlazar localidades aisladas.
 - 3.- Televisión y radio.
 - 4.- Educación a distancia. La Universidad Virtual del ITESM o la telesecundaria de la Red Edusat, por mencionar algunos.
 5. Redes empresariales y videoconferencia. Por ejemplo, en cajeros automáticos o redes corporativas.
 6. Telemedicina, primer programa de salud pública del mundo, producido por el ISSSTE.
 7. En el caso de los Satélites controlados por SATMEX, las operaciones de rastreo, telemetría y mando se llevan a cabo desde el Centro de Control Iztapalapa, México, y desde el de Control Alterno de Hermosillo, Sonora.
-
-

El sector académico en nuestro país también intervino en esta carrera espacial, y en 1995 y 1996 la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) lanzó dos satélites UNAMSAT de órbita polar LEO, ambos con fines experimentales.



Fig. I.41. Satélite UNAMSAT.

I.F. TRANSMISIÓN SATELITAL

Las ondas electromagnéticas ocurren como consecuencia de dos efectos:

- Un campo magnético variable genera un campo eléctrico.
- Un campo eléctrico variable produce un campo magnético.

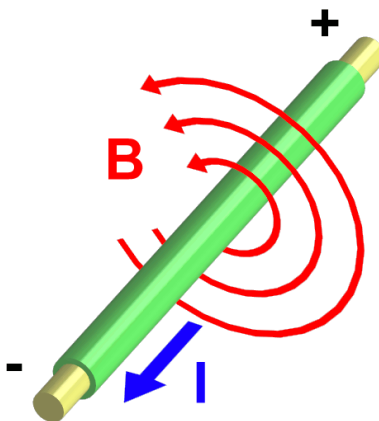


Fig. I.42. Cuando pasa una corriente eléctrica por un conductor se genera un campo magnético perpendicular.

Las ondas radiadas consisten en campos eléctricos y magnéticos oscilatorios que están en ángulo recto (perpendiculares) entre sí y también son perpendiculares (ángulo recto) a la dirección de propagación de la onda, esto significa que las ondas electromagnéticas son por naturaleza transversales.

Las ondas electromagnéticas cubren un amplio espectro de frecuencias. Dado que todas las ondas electromagnéticas tienen igual velocidad c (velocidad de la luz) es decir no cambia, la relación $c = f \cdot \lambda$ (donde f es la frecuencia y es el inverso al periodo T ; y λ que es la longitud de onda) define todo el espectro posible.

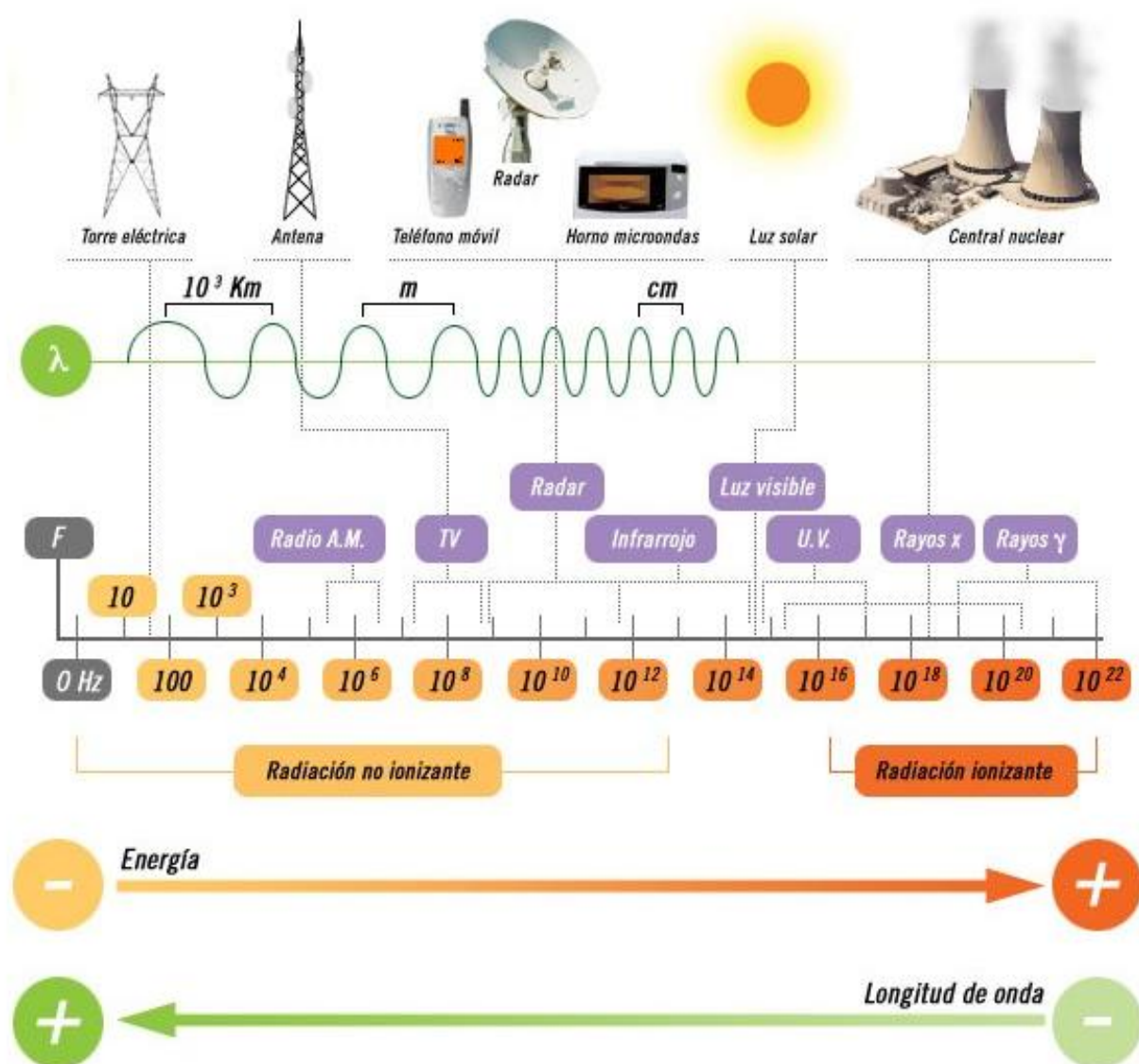


Fig. I.43. Espectro electromagnético donde vemos las diferentes frecuencias de las ondas electromagnéticas y sus aplicaciones.

Veamos cada una las diferentes ondas en orden decreciente de su longitud de onda y por lo tanto, orden creciente de su frecuencia, y como se producen:

- Ondas de radio de baja frecuencia y gran longitud de onda, son el resultado de la aceleración de cargas a través de alambres conductores. Son generados por dispositivos electrónicos. , las cuales son ondas electromagnéticas producidas por cargas que oscilan en una antena transmisora,
- Microondas que son ondas de radio de longitud corta también generadas por dispositivos electrónicos, se utilizan en sistemas de radar y para hornos a microondas.
- Ondas infrarrojas llamadas también térmicas, llegan hasta la luz visible (el rojo del espectro), se producen por la vibración de los electrones de las capas superiores de ciertos elementos, estas ondas son absorbidas fácilmente por la mayoría de los materiales. La energía infrarroja que absorbe una sustancia aparece como calor, ya que la energía agita los átomos del cuerpo, e incrementa su movimiento de vibración o translación, lo cual da por resultado un aumento de la temperatura.
- Ondas visibles, son la parte del espectro electro-magnético que puede percibir el ojo humano. La luz se produce por la disposición que guardan los electrones en los átomos y moléculas. Las diferentes longitudes de onda se clasifican en colores que varían desde el violeta el de menor longitud de onda hasta el rojo el de mayor longitud de onda (de 4 a 7×10^{-7}). La máxima percepción del ojo humano se produce en la longitud de onda del amarillo-verdoso. las ondas de luz con frecuencias mayores (cada color de la luz blanca corresponde a una longitud de onda determinada) se producen cuando determinados electrones oscilan dentro de los sistemas atómicos.
- Ondas ultravioletas, que se producen por vibraciones de mayor frecuencia, producidas por ejemplo en el sol.
- Rayos X cuya fuente más común es la desaceleración de electrones que viajan a altas velocidades (alta energía) al chocar en un bombardeo de un blanco metálico.
- Rayos γ que son ondas electromagnéticas emitidas por núcleos radioactivos durante ciertas reacciones nucleares.

La onda electromagnética se propaga por el aire utilizando una antena como acoplador. La *antena* es un dispositivo que, alimentado con energía de alta frecuencia, irradia ésta al espacio en forma de ondas electromagnéticas (antena

de emisión), o que, situado en un campo de ondas electromagnéticas, se convierte en un captador de energía de alta frecuencia (antena de recepción).

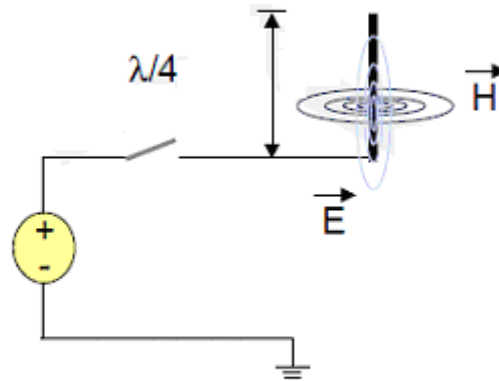


Fig. I.44. Las ondas electromagnéticas se propagan por el aire utilizando una antena como acoplador.

Se ha comprobado que todo conductor por el que circula una corriente variable en intensidad, genera un campo electromagnético en su entorno inmediato. Y en todo conductor que se encuentra inmerso en un campo magnético variable, se induce una corriente también variable.

Esto es precisamente lo que sucede con una antena: ella recibe a través de la línea de transmisión una corriente alterna de radiofrecuencia desde el transmisor que puede llegar a cambiar varios miles de veces por segundo su polaridad; esta variación en la corriente que la circula, produce una secuencia de ondas electromagnéticas que se desplazan hacia todas las direcciones del espacio a una velocidad de 300.000 Km. por segundo.

A la inversa, todo el espacio libre está plagado de ondas electromagnéticas de intensidad, polaridad y frecuencia variable; si colocamos en él un material conductor, al que llamamos antena, ese conjunto de ondas electromagnéticas inducirá en la misma una corriente de radiofrecuencia.

Todo campo electromagnético tiene, como su nombre lo indica, dos componentes: campo eléctrico (E) y campo magnético (H). Por convención, ambos campos se indican como vectores. Dado que todo vector está definido por su magnitud y sentido, podremos decir que el vector E (o vector "campo eléctrico") puede ser vertical, horizontal, oblicuo o de cualquier dirección intermedia según así sea la del respectivo campo que representa.

La polarización se refiere a la dirección de la variación del vector del campo eléctrico en una onda electromagnética.

El tipo de Polarización depende que La forma y la fase de estos campos que se transmiten al mismo tiempo, desfasados uno respecto del otro.

Algunos tipos de polarizaciones son:

Polarización Elíptica, Polarización Vertical, Polarización Horizontal, polarización Circular Derecha y Polarización Circular Izquierda.

El caso más general es el de la polarización elíptica del cual pueden derivarse todas las demás.

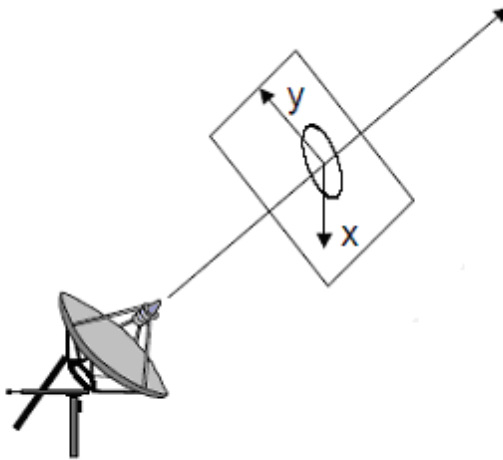


Fig. I.45. La polarización se aplica a la antena que es donde se puede variar.

La polarización que ocupamos es la vertical para la transmisión y la horizontal para la recepción, esto es para evitar el empalme de señales.

Como ya vimos las ondas electromagnéticas tienen un espectro electromagnético basado en la longitud de onda muy amplio y con muchas aplicaciones, pero para las comunicaciones está destinado un espacio de radiofrecuencias de 0 Hz a 10^3 GHz y dentro de este un rango muy específico para microondas y bandas satelitales de 500 MHz a 60 GHz, dependiendo de la frecuencia esta la banda C, Ku y Ka

CAPÍTULO II.

***INFRAESTRUCTURA
DEL ENLACE SATELITAL.***

II.A. LAS TELECOMUNICACIONES

La palabra telecomunicación viene del prefijo griego “tele” que significa distancia o lejos, por lo tanto es la comunicación a distancia y se refiere a la técnica que consiste en transmitir un mensaje desde un punto a otro, normalmente con el atributo típico adicional de ser bidireccional.

La telecomunicación cubre todas las formas de comunicación a distancia, incluyendo radio, telegrafía, televisión, telefonía, transmisión de datos e interconexión de ordenadores a nivel de enlace, etc.



Fig.II.1.Las telecomunicaciones son parte de nuestra vida (teléfono, Internet, televisión).

Para cumplir el propósito de ampliar las comunicaciones, integrando todos los rincones de la tierra, la exploración terrestre no ha sido suficiente. La fibra óptica ha proporcionado grandes ventajas en materia de comunicaciones, pero los altos costos de inversión para su desarrollo se han convertido en una limitante muy importante. Por tal motivo los satélites artificiales de comunicación aún se presentan como una buena opción. Relativamente los costos de inversión son menores, y el alcance es mayor.

La comunicación a través de satélites ha contribuido a la transformación de dos de las dimensiones humanas: espacio y tiempo. Por tal razón ya no se experimenta asombro ante la difusión de un evento o acontecimiento que puede llegar a cualquier parte del mundo en el momento que sucede. La distancia y el tiempo ya no son limitantes de la comunicación.



Fig. II.2. Con las comunicaciones satelitales ya no hay límite.

Indudablemente la unión de la tecnología satelital y las redes de comunicación terrestres son uno de los grandes retos del siglo XXI. Su consolidación permitirá el desarrollo de nuevos productos que pueden resultar de gran interés para las sociedades. Es muy probable que en los siguientes años se presencie el surgimiento de un nuevo medio de comunicación que derive de la fusión de tecnologías de comunicación como la televisión, radio, impresos e Internet.

II.B. ENLACE SATELITAL

Se llama enlace satelital a la comunicación entre varias estaciones terrenas a través de un satélite.

Se conforma de tres etapas dos de ellas se conforman con las estaciones terrestres y se llaman enlace de subida y de bajada y otra en el espacio donde la señal sube y pasa por el transpondedor del satélite y regresara a tierra con una menor frecuencia a la que fue transmitida.

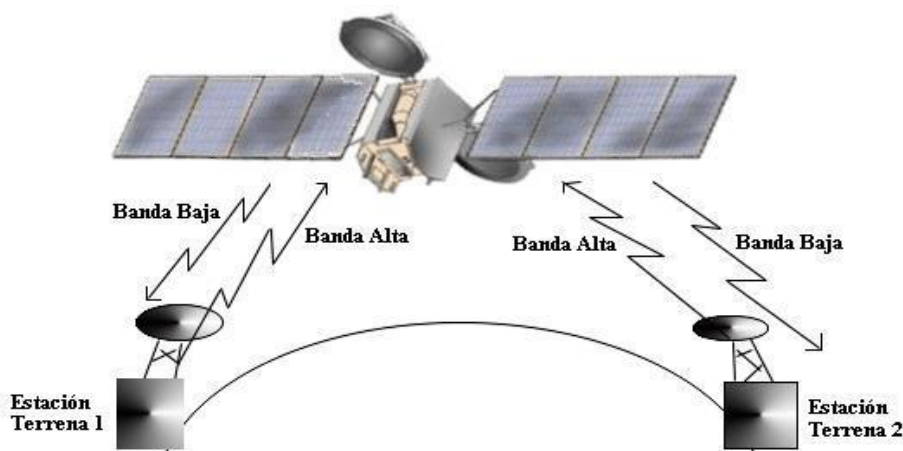


Fig.II.3. Enlace satelital, dos estaciones terrenas y el satélite.

En el enlace satelital para que sean posibles las etapas anteriores se necesita de un Satélite, el centro de control y las estaciones terrenas.

Centro de control. Que también se le llama TT&C (telemedición, telemando y Control), realiza desde tierra el control del satélite. Son las oficinas donde coordinan la programación del satélite, contratan tiempo específico de transmisión y hacen pruebas necesarias junto con el usuario para la mejor transmisión de cada señal.

II.C. ESTACIÓN TERRENA (ET)

El término “estación terrena” se utiliza para indicar al conjunto de equipo necesario para poder comunicarse desde la tierra con un satélite ya sea de subida o bajada, sin importar que este fijo a algún punto o si es una unidad móvil o si está instalado a algún vehículo.

La principal función de la estación terrena es la adecuación de las señales de televisión (TV) para su transmisión al satélite cuando la comunicación es de subida, y para la recepción es la adecuación de la señal proveniente del satélite a una señal para TV cuando es un enlace de bajada.

Dependiendo del tipo de estación, ésta se puede encargar de transmitir y/o recibir información, controlar el estado del satélite y su situación orbital.

Hay diferentes tipos de estaciones, aunque su diseño es conceptualmente el mismo que una estación convencional de comunicaciones dado que, en principio, el procesamiento de la señal a transmitir es similar en todos los casos. Por consiguiente, la estación estará formada por el subsistema de antena, subsistema de seguimiento, transmisión/recepción en radiofrecuencia, etapa de conversión de frecuencia, modulación-demodulación, conexión con el Centro de Programas y suministro de energía eléctrica.

II.C.I. TIPOS DE ESTACIONES TERRENAS

Los tipos principales de estaciones son:

1. Pequeñas estaciones receptoras de TV por satélite DBS de emisión directa por satélite.
 2. Estaciones terrenas portátiles (deportes, conferencias).
 3. Estaciones o terminales VSAT (Very Small Apertura Terminal) Terminales de Abertura Muy Pequeña (redes de difusión, transmisión de datos privados, intercambio de datos, etc.). y
 4. Grandes estaciones de comunicaciones internacionales.
-
-

II.C.I.A RECEPTORA DE TV POR DBS

Se define el servicio DBS (Direct Broadcast System/Satellite) como aquel servicio que distribuye una señal de audio, vídeo o datos sobre una extensa zona predeterminada, haciendo uso de sistemas especialmente concebidos para ello, por satélite, se asocia con los sistemas de televisión de paga. La diferencia con los sistemas que reciben señales abiertas radica, a parte del no pago por la señal recibida, en las antenas utilizadas, el tipo de aparato receptor y los servicios recibidos a través del satélite. En general se requiere pagar sólo a un proveedor.



Fig. II.4. Receptor de TV por DBS.

Los satélites utilizados para señales de televisión se encuentran situados en órbita geoestacionaria, a 35,786 kilómetros sobre el Ecuador terrestre. Debido a su privilegiada posición espacial, los satélites son más adecuados para la difusión directa hacia terminales de usuario, ya que esto permite una conexión instantánea con una extensa zona. Además se puede conseguir grandes anchos de banda. Y por característica principal, una mayor potencia de radiación.

Este tipo de servicios es ofrecido en el país por compañías como Direct TV o Sky.

El DBS también es la posibilidad de enviar una gran variedad de canales de televisión desde un grupo de satélites en el espacio y hacer que la misma pueda ser recibida en cualquier parte del mundo haciendo rebotar en un satélite de comunicaciones una señal de televisión emitida desde un punto de la Tierra, de forma que ésta pueda llegar a otras partes del planeta.

De esta forma es posible la difusión de señal televisiva a grandes extensiones de terreno, independientemente de sus condiciones orográficas.

Las antenas para DBS son de aproximadamente 60 centímetros o 18 pulgadas de diámetro y estacionarias (no poseen posicionador o actuador) lo que no les permite recibir muchas de las señales abiertas, además, las frecuencias de transmisión son diferentes e irrepetibles y el satélite sólo envía la señal a estaciones terrestres pre-identificadas. Adicionalmente, hasta ahora no existe un servicio de DBS que permita recibir señales de diferentes satélites a sus usuarios.



Fig. II.5. Antena típica de dbs.

Por otro lado, el aparato receptor impide esta función parcialmente, estas unidades están previamente programadas para decodificar un tipo único de señal que no es compatible con la compresión de las señales abiertas. Los canales recibidos están identificados y la posibilidad de adicionar más se da sólo en el tipo de receptores para señal abierta.

II.C.I.A.I VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El principal competidor de los sistemas satelitales es el servicio tradicional de televisión por cable, cuya principal ventaja es el costo reducido. Sin embargo, los sistemas satelitales ofrecen como mayor atractivo un número ilimitado de canales. Entre otras ventajas ofrecidas podemos encontrar un cubrimiento ilimitado de área sin importar que sea rural, calidad 100% digital en video y sonido gracias a la transmisión directa, la posibilidad de adaptación a diferentes zonas horarias de la programación, y la posibilidad nula del deterioro de la señal y el menor riesgo de interrupción del servicio, gracias a que el sistema no depende de una infraestructura terrestre.

Se presenta una interrupción momentánea del servicio causada por fenómenos atmosféricos como fuertes tormentas, un fenómeno conocido como "*rain-fade*" que interrumpe la transmisión en línea recta de la señal entre el satélite y la antena. Finalmente el costo superior del equipo requerido para este servicio limita a muchos usuarios a acceder al sistema satelital, sin embargo, el avance de la tecnología está haciendo que los costos se reduzcan, por ejemplo, en relación con las antenas y sus tamaños, y la necesidad de varias unidades receptoras para ver y almacenar diferentes señales.

II.C.I.B. ESTACIONES TERRENAS PORTÁTILES.

El segundo tipo son Las estaciones terrenas portátiles, son los vehículos que contienen todo el equipo necesario para la transmisión y a veces recepción de señales de TV, para poder transportarse y en el lugar de los hechos poder transmitir la señal, tales como:

1. Acontecimientos deportivos.
2. Conferencias.
3. Reuniones sociales.
4. Eventos oficiales y estatales.
5. Informes bélicos: la información en directo desde un campo de batalla fue añadida a la lista desde la Guerra del Golfo.
6. Información de noticias: existen al menos una docena de agencias implicadas en este negocio.



Fig. II.6. Estación terrena transportable de Telecomm.

Las ventajas de las estaciones terrenas consisten en que pueden ser rentadas, de manera ocasional, evitando gastos de mantenimiento, o gastos de instalación innecesarios.

II.C.I.C. TERMINALES VSAT

VSAT es una abreviatura de terminales de muy pequeña apertura. Básicamente es un satélite de dos vías con una estación en tierra de menos de 3 metros de altura (la mayor parte de ellos están alrededor de 0.75 m a 1.2 m de altura), plato de antena estacionados. La transmisión de las tasas de VSAT son generalmente muy bajas y de hasta 4 Mbit / s.



Fig. II.7. Antena para VSAT.

El VSAT principal de trabajo es el acceso a los satélites de la órbita geosincrónica y transmisión de datos desde las terminales en tierra para otros terminales y centros. A menudo transmitir datos de banda estrecha, como las transacciones de tarjetas de crédito, electorales, la RFID (identificación por radiofrecuencia) de datos, y SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos), o de datos de banda ancha, como los satélites de Internet, VoIP, y vídeos. Sin embargo, la tecnología VSAT se usa también para diversos tipos de comunicaciones.

La ocupan las empresas de comida rápida, supermercados, empresas de automóviles para la transmisión y recepción de las cifras de ventas y pedidos, junto con el anuncio de las comunicaciones internacionales, boletines de servicio, y para cursos de enseñanza a distancia; proveedores de Internet vía satélite, diversas empresas.

También pueden ser las estaciones rurales -de bajo costo- y las denominadas estaciones TVRO (TV receiver only) que permiten solo la recepción de una o varias señales de TV y/o de radiodifusión sonora.

II.C.I.C.I. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Tecnología VSAT tiene muchas ventajas, que es la razón por la que se utiliza tan ampliamente hoy en día. Una de ellas es la disponibilidad. El servicio puede ser desplegado en cualquier lugar, básicamente, todo el mundo. Asimismo, el VSAT es diverso en la medida en que ofrece un enlace inalámbrico totalmente independiente de la infraestructura local, que es una buena copia de seguridad para los posibles desastres. Su capacidad de despliegue es también bastante sorprendente como pueden ser servicios VSAT de configuración en cuestión de minutos.

La fuerza y la velocidad de la conexión VSAT son homogéneas en cualquier lugar dentro de las fronteras también es una gran ventaja. No olvidando que la conexión es bastante segura ya que es privada de capa-2 redes por el aire.

El precio es también accesible, como las redes no tienen que pagar mucho, ya que el régimen de emisión de descarga (por ejemplo DVB-S) que les permite servir el mismo contenido a miles de lugares a la vez sin ningún coste adicional. Por último, pero no por ello menos importante, la mayoría de los sistemas VSAT utilizan hoy en día a bordo de aceleración de protocolos (por ejemplo, TCP, HTTP), lo que les permite la entrega de conexiones de alta calidad independientemente de la latencia.

Como con todo, VSAT también tiene sus desventajas. En primer lugar, porque la tecnología VSAT utiliza los satélites en órbita geosincrónica, toma un mínimo de latencia de 500 milisegundos cada viaje alrededor. Por lo tanto, no es la tecnología ideal para usar con los protocolos que requieren una constante ida y vuelta de transmisión, tales como juegos en línea.

También, sorprendentemente, el medio ambiente puede desempeñar un papel en la ralentización de la VSAT. Aunque no es tan malo como una manera sistemas de televisión como DirectTV y Dish Network, la VSAT puede tener todavía una señal débil, ya que todavía se basa en el tamaño de la antena, el transmisor de poder, y la banda de frecuencia.

Una gran preocupación es la instalación que puede ser un problema como servicios VSAT requieren una antena exterior que tiene una vista clara del cielo.

II.C.I.D. GRANDES ESTACIONES DE COMUNICACIONES INTERNACIONALES.

Las grandes estaciones de comunicaciones internacionales, son instalaciones ubicadas en grandes edificios, los cuales cuentan con los equipos necesarios para la transmisión y recepción de muchas señales a nivel internacional o para controlar cada satélite. Son propiedad del gobierno. Cuentan con grandes antenas y con una cantidad grande de equipos para la transmisión y recepción. Sirven para tráfico telefónico internacional, Internet y televisión.



Fig. II.8. Estación terrena fija de Telecom, en Iztapalapa.

II.D. EQUIPO DE TELECOMUNICACION

El equipo necesario para un enlace satelital se representa con un diagrama que abarca dos estaciones terrenas una que funge como trasmisora y otra como receptora y el satélite:

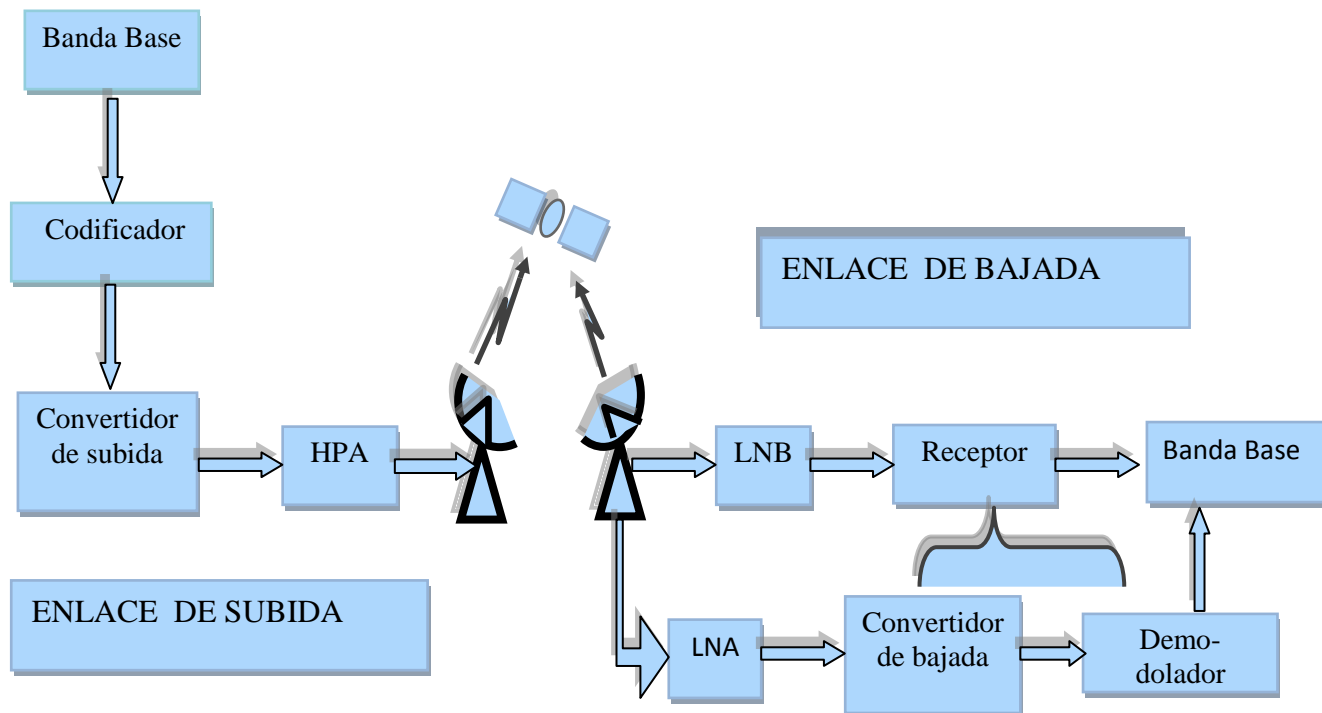


Fig. II.9. Este Diagrama ilustra el proceso de un enlace satelital.

A continuación se describen los equipos necesarios para una transmisión satelital y se mencionan según el orden en el que se utilizan.

II.D.I ENLACE DE SUBIDA

Es la primera parte del enlace satelital, es el proceso por el que pasa la señal que va de la estación terrena a el satélite. Esta parte del enlace empieza con la señal de audio y video después se codifica, se modula, se convierte a la frecuencia intermedia y se amplifica para llegar al satélite.

II.D.I.A. BANDA BASE

Todo empieza con la banda base, es la señal original la cual entrega el usuario para que sea transmitida. Se refiere a la banda de frecuencias producida por un transductor, tal como un micrófono, cámara u otro dispositivo generador de

señales, antes de sufrir modulación alguna y es la señal de una sola transmisión en un canal esto quiere decir que viaja una señal a la vez.



Fig. II.10. Transductores de video y audio.

Podemos decir que la banda base describe el estado de la señal antes de la modulación y de la multiplexación y después de la demultiplexación y demodulación.

II.D.I.B. CODIFICADOR

Es el equipo que se utiliza para codificar, modular, comprimir, asignar la velocidad de transmisión y los parámetros básicos para transmitir como la frecuencia, el oscilador, el FEC, Velocidad de Símbolos (SR), Velocidad de datos (data rate), que son los datos que se necesitan para transmitir la señal. Esos datos más importantes se definen a continuación:



Fig. II.11. Codificador marca Scopus.

★ **FEC.-** (*Forward Error Correction*) es una "repetición" de la información para asegurar que la misma llegue sin pérdidas al receptor o usuario sin que se pierda la señal ni su calidad. Para hacerlo más sencillo, es una transmisión "repetitiva".

Reduce el número de transmisiones de errores, así como los requisitos de potencia de los sistemas de comunicación e incrementa la efectividad de los mismos evitando la necesidad del reenvío de los mensajes dañados durante la transmisión.

En otras palabras el FEC indica cuántos bytes se usan para una señal y cuántas correcciones de errores se usan en la misma. Por ejemplo, un FEC de 1/2 significa que 1 byte de cada 2, se usa para control de errores y corregir esos errores

cuando un FEC de 7/8 por ejemplo, significa que 7 de cada 8 se usan para corregir esos errores.

En el mundo de la transmisión digital, un FEC de 1/2 da la posibilidad de una transmisión casi perfecta y sin fallas de recepción porque cada byte de la señal, es controlado por otro byte que la corrige. Pero cuando un proveedor usa 7/8 de FEC por ejemplo, significa que no pierde ancho de banda contra el costo de entregar la señal al receptor.

★ **Velocidad de Símbolo (Symbol Rate)** Representa la velocidad de transmisión por segundo de datos digitales (símbolos). A menor velocidad, menor es el "espacio" disponible para transmitir otros canales. La velocidad de símbolo es la tasa de cambios de estado en un circuito de comunicaciones. Si un circuito puede transportar dos tonos por segundo, el circuito tiene una velocidad de símbolo de dos. Tasa de símbolos es abreviado como **SR**.

★ **Velocidad de Datos (Data Rate)**.-Una tasa de transferencia de datos o velocidad de transmisión de datos a menudo sólo es el número de datos que se traslada de un lugar a otro en un momento dado, por lo general en un segundo de tiempo.

La tasa de transferencia de datos puede considerarse como la velocidad de Viaje de una determinada cantidad de datos de un lugar a otro. En general, cuanto mayor sea el ancho de banda de una determinada ruta, la más alta es la tasa de transferencia de datos.

II.D.I.C. CONVERTIDOR DE SUBIDA

Es el equipo que convierte la frecuencia intermedia FI (convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM.) dada por el compresor o codificador a radio frecuencia (RF) para poder transmitir al satélite; esta frecuencia RF es específica y es la que el usuario contrata con la oficina satelital.

Las frecuencias más comunes son la Banda C para transmisión con un rango de 5,925 MHz a 6,425 MHz con un ancho de banda de 500 MHz y la Banda Ku que para transmisión tiene un rango de 14,000 MHz a 14,500 MHz también con ancho de banda de 500 MHz.



Fig. II.12. Convertidor de subida para banda c, marca micro phase communications.

II.D.I.D AMPLIFICADOR DE POTENCIA (HPA)

El amplificador de potencia es el dispositivo que da la potencia para que la RF dada por el convertidor de subida pueda llegar al satélite con el menor índice de atenuación y la mayor potencia. Hay 3 tipos de amplificadores:

- De estado sólido (SSPA):

Son los más convenientes y económicos para estaciones que operan con poca anchura total de sus portadoras. Tienen una gama de potencia hasta 20W. Tienen mejor linealidad y mejor factor de ruido. El tiempo medio puede ser de 100,000 horas.



Fig. II.13. Amplificador de estado Sólido **GTC RF**
Opera: 20 Watts 1.0 a 2.4GHz
120VAC.

- De tubos de ondas progresivas (TOP):

Es un amplificador de microondas de BW muy grande, el cual abarca todas las frecuencias utilizables del satélite (500 MHz o más), por lo que puede amplificar simultáneamente las señales dirigidas hacia distintos transpondedores.

Tiene una gama de potencia de hasta 3KW; Tienen como sistemas de enfriamiento para potencias bajas sistema por conducción. Para potencias medias por ventilación forzada y para potencias altas por agua. Sus ganancias son de 30 a 50 dB en banda C, Ku, Ka. Tiene pocos años de vida.

Los TWT Se utilizan más que los Klystrones ya que los TWT no tienen que ser re-sintonizados si se hacen cambios en las frecuencias



Fig. II.14. Amplificador de TWT CPI 4000 Watts

- Tubos de Klistrón:

Maneja una potencia desde 700 W hasta 3 KW. o más; utiliza ventilación forzada como sistema de enfriamiento. Su ganancias en banda C y Ku son de 35 a 50 dB. Es un amplificador de banda estrecha consiste en múltiples cavidades resonantes que deben ser sintonizadas a sus frecuencias centrales correspondientes.



Fig. II.15. Hpa de kistron con un rango de: 12.75 a 13.25GHz 2,000 Watts
o 13.75 a 14.5GHz 2,000 Watts.

II.D.II. ANTENA

Este dispositivo se encuentra en los dos enlaces: el de subida y el de bajada. Es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas y se utiliza como interface entre un transmisor y el espacio libre y viceversa acoplando energía de salida del transmisor a la atmósfera de la tierra y de regreso. Una antena es un dispositivo reciproco pasivo. Pero cuenta con una ganancia propia.

II.D.II.A. PARTES DE UNA ANTENA PARABÓLICA

Tirantes o soportes.- Sirven para sujetar a la base del LNB (Bloque Amplificador de Bajo Ruido) y mantener la distancia que existe entre el punto focal del LNB y el centro del plato de la antenna parabólica, este punto focal es el punto de incidencia donde se concentra la señal recibida del satélite.

Plato o reflector parabólico.- Es el elemento principal de una antenna parabólica, si este se encuentra dañado o se excluye será imposible recibir la señal proveniente del satélite. Para facilitar el manejo del plato, éste se secciona en pétalos; (tanto en la antenna de malla como en la sólida), aunque también existen las de fibra de vidrio de una sola pieza.

Montura.- Es uno de los elementos de gran precisión con los que cuenta la antenna, permite realizar movimientos para la orientación horizontal (azimut) y vertical (elevación), necesarios para la recepción de la señal; además proporciona la unión entre el plato y la base.

Base o mástil.- Es la estructura que soporta y sujeta a la antenna parabólica, la mantiene rígida y libre de movimientos que alteren su orientación correcta hacia el satélite. Aun expuesta a la lluvia o fuertes vientos, la base debe soportar el peso de todos los elementos de la antenna ya orientada.

Taquetes y tornillería.- Estos accesorios son importantes, ya que permiten sujetar todos los elementos que componen la antenna.

Base de concreto (en caso de que se una antenna fija).- Es una superficie sólida y estable para montar la antenna, se tiene que construir totalmente de concreto y varilla (no de mortero, ladrillo). Se puede colocar en pisos o azoteas.

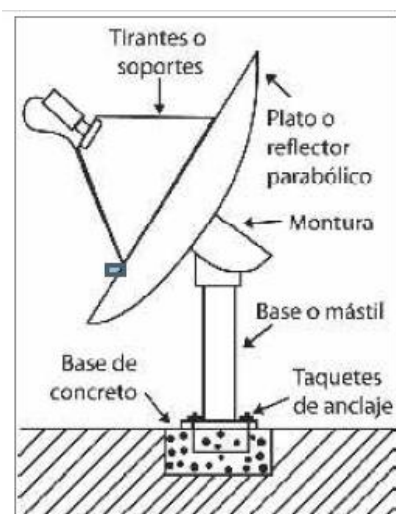


Fig. II.16. Partes de una antenna parabólica.

II.D.II.B. TIPOS DE ANTENAS

Hay diferentes tipos de antenas. Las más importantes son:

- Foco primario.
- Offset.
- Cassegrain.

A) ANTENA PARABÓLICA DE FOCO PRIMARIO:

La superficie de la antena es un paraboloides de revolución. Todas las ondas inciden paralelamente al eje principal se reflejan y van a parar al Foco. El Foco está centrado en el paraboloides.

Tiene un rendimiento máximo del 60% aproximadamente, es decir, de toda la energía que llega a la superficie de la antena, el 60% llega al foco y se aprovecha, el resto no llega al foco y se pierde.

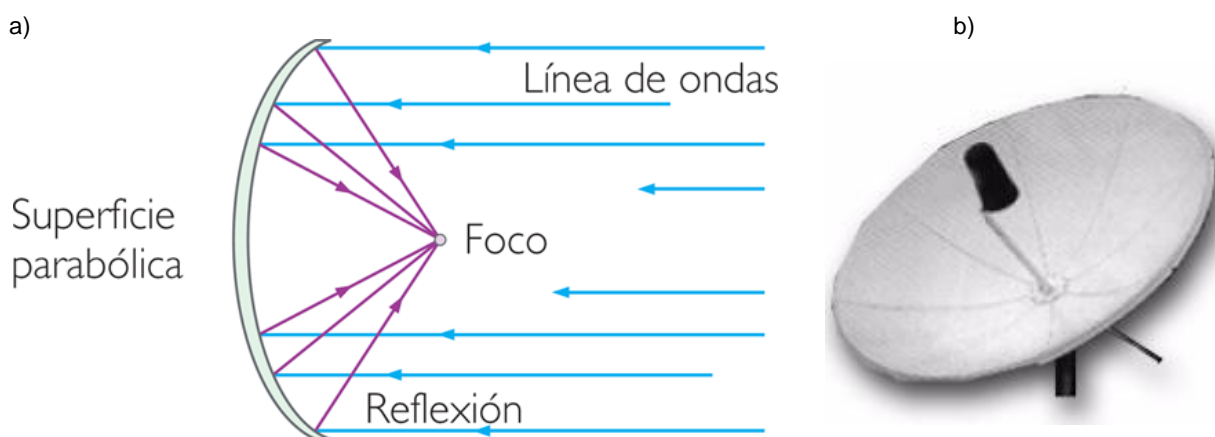


Fig.2.17. a) Patrón de recepción de la señal en la antena de FOCO PRIMARIO.
b) fotografía de antena tipo foco primario.

B) ANTENA PARABÓLICA OFFSET:

Este tipo de antena se obtiene recortando de grandes antenas parabólicas de forma esférica. Tienen el Foco desplazado hacia abajo, de tal forma que queda fuera de la superficie de la antena. Debido a esto, el rendimiento es algo mayor que en la de Foco primario, y llega a ser de un 70% o algo más.

El diagrama de directividad tiene forma de óvalo. Las ondas que llegan a la antena, se reflejan, algunas se dirigen al foco, y el resto se pierde.

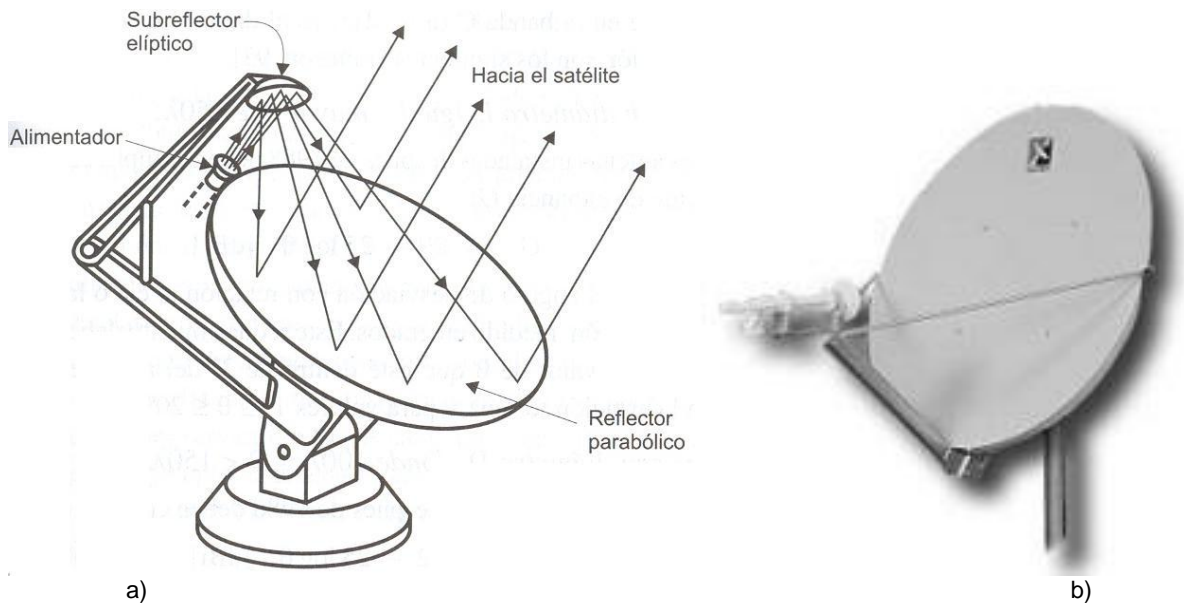


Fig. II.18. a) Trayectoria del haz, b) ejemplo de una antena offset.

C) ANTENA PARABÓLICA CASSEGRAIN:

Es similar a la de Foco Primario, sólo que tiene dos reflectores; el mayor apunta al lugar de recepción, y las ondas al chocar, se reflejan y van al Foco donde está el reflector menor; al chocar las ondas, van al Foco último, donde estará colocado el detector.

Se suelen utilizar en antenas muy grandes, donde es difícil llegar al Foco para el mantenimiento de la antena.

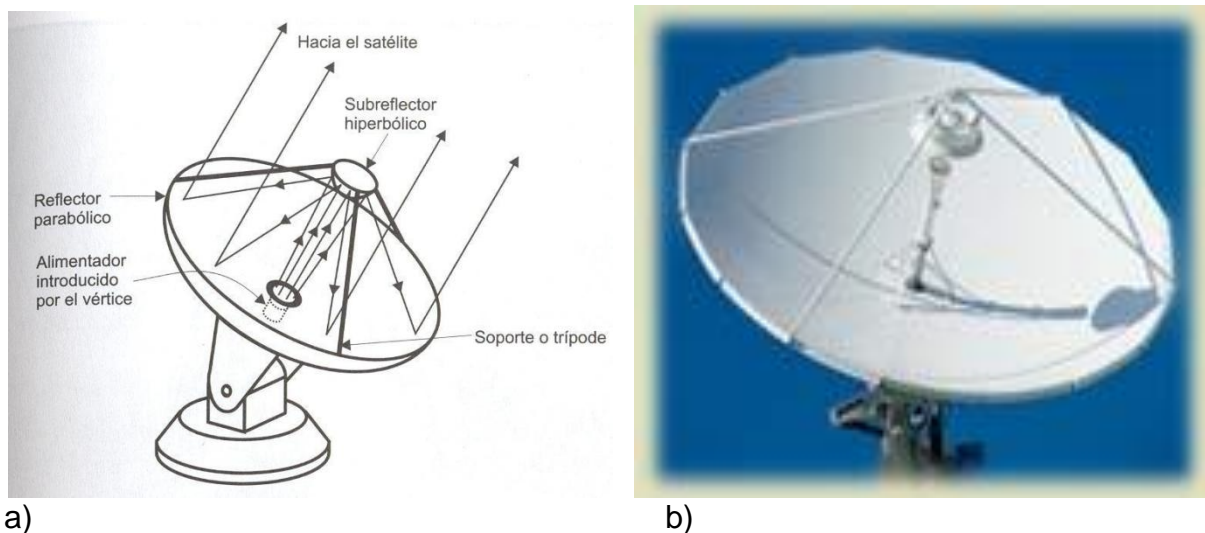


Fig. II.19. a) partes de una antena cassegrain, b) foto de una antena de este tipo.

II.D.II.C. MONTAJE:

Las antenas independientemente de su clase deben ser montadas a un sistema que sea el más apropiado para su movimiento y su utilidad dependiendo de su propósito.

Hay 3 sistemas:

- **AZIMUT-ELEVACIÓN**

La orientación de la antena de una estación terrena hacia un satélite con un montaje Azimut-Elevación se realiza ajustando dos ángulos, en elevación y azimut; los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación (en latitud y longitud) y de la ubicación del satélite. Tomando como referencia al eje de simetría del plato parabólico, que coincide con su eje de máxima radiación, el ángulo de elevación es aquél formado entre la horizontal y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite;

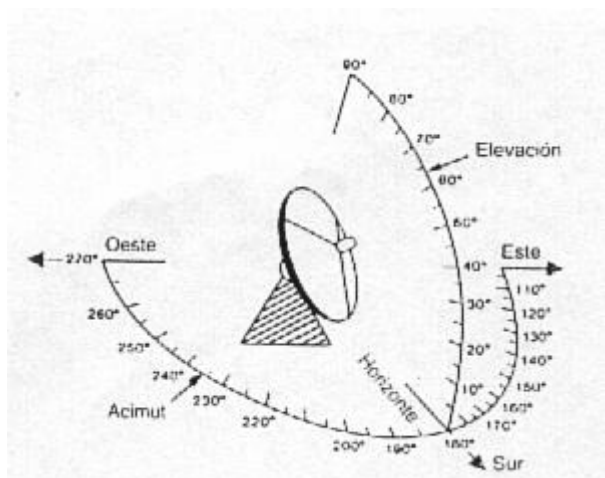


Fig. II.20. Ángulos de azimut (horizontal) y elevación (vertical).

Por su parte, el ángulo de azimut es la cantidad en grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj (con relación al norte geográfico de la Tierra) para que ese mismo eje de simetría pase por la posición en longitud del satélite.

En el caso del montaje elevación-azimut, la antena tiene su eje primario en la dirección vertical, y al girar alrededor de él se efectúan los cambios del ángulo de azimut, su eje secundario es horizontal y con él orienta la antena en elevación.

Es el montaje que tiene mayor libertad de movimiento pero con la desventaja que no puede apuntar muy cerca del cenit.

Eje principal de la antena hacia el satélite

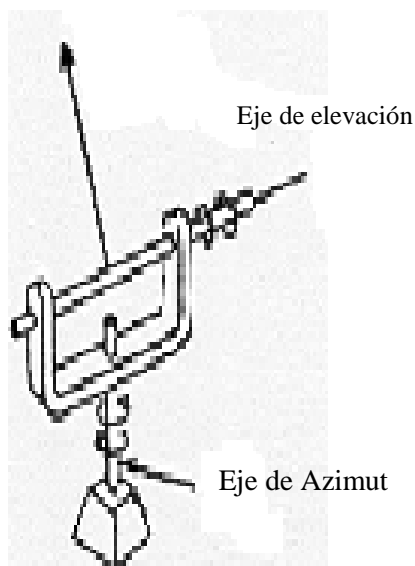


Fig. II.21. Montaje



Fig. II.22. Montaje en sistema en azimut y elevación.

- DE EJE X-Y

En el caso del montaje X-Y tiene su eje primario colocado horizontalmente, y el eje secundario es perpendicular a él. La configuración es práctica para rastrear con facilidad a un satélite cuando éste pasa por el cenit, puesto que se evita hacer desplazamientos de la antena tan rápidos como los que se necesitan hacer con el montaje AZ-EL. El montaje X-Y es más apropiado para las antenas que se comunican con satélites de órbita baja que con satélites geoestacionarios.

La característica de este montaje es que para máxima orientabilidad los ejes deben quedar situados a mayor altura sobre el suelo por que en el horizonte se limita su movimiento.

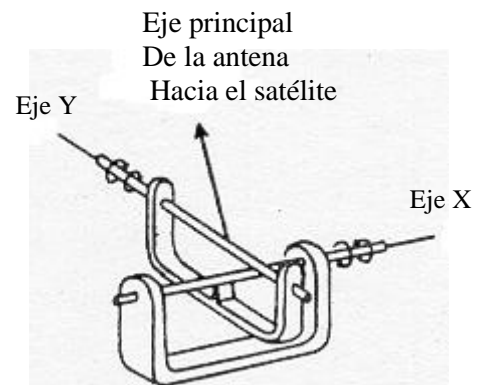


Fig. II.23. Montaje X-Y.

- SISTEMA POLAR

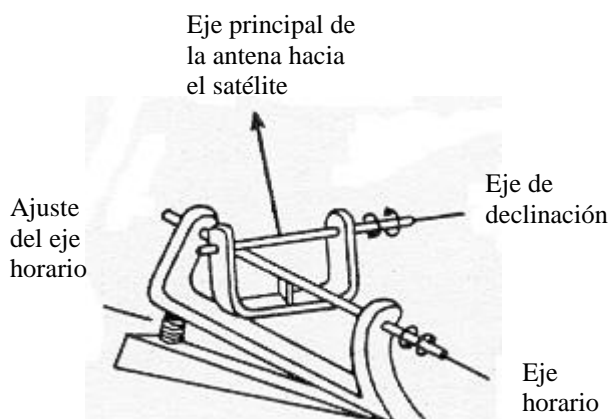
En el montaje ecuatorial el eje primario es paralelo al eje de rotación de la Tierra, y el secundario es un eje perpendicular de declinación; como, el eje primario es paralelo al eje polar de la Tierra, a este montaje también se le llama polar.

Normalmente este montaje se utiliza para telescopios, pues permite que la antena siga a un objeto celeste con sólo girarla sobre su eje horario.

Tiene dos ejes de giro llamada polar y declinación. Es eficiente para casos que tiene que cambiar de satélite constantemente.



a)



b)

Fig. II.24.a) Montaje polar, b) Partes del Montaje polar.

II.D.III SATÉLITE.

Es la parte central de nuestra comunicación. Un satélite es un repetidor de microondas localizado en el cielo. Su Ancho de Banda es muy grande, alrededor de 500 MHz, por lo tanto, se lo subdivide en *TRANSPONDERS*, cada uno de los cuales escucha una porción del espectro. Este recibe, demodula, amplifica y retransmite la señal.

Cada canal puede tener un ancho de banda de 27 a 72 MHz y puede utilizarse para enviar señales analógicas de vídeo y/o audio, o señales digitales que puedan corresponder a televisión (normal o en alta definición), radio digital (calidad CD), conversaciones telefónicas digitalizadas, datos, etc. La eficiencia que se obtiene suele ser de 1 bit/s por Hz; así, por ejemplo, un canal de 50 MHz permitiría transmitir un total de 50 Mbit/s de información.

Un satélite típico divide su ancho de banda de 500 MHz en unos doce receptores-transmisores de un ancho de banda de 36 MHz cada uno. Cada par puede emplearse para codificar un flujo de información de 500 Mbit/s, 800 canales de voz digitalizada de 64 kbit/s, o bien, otras combinaciones diferentes.

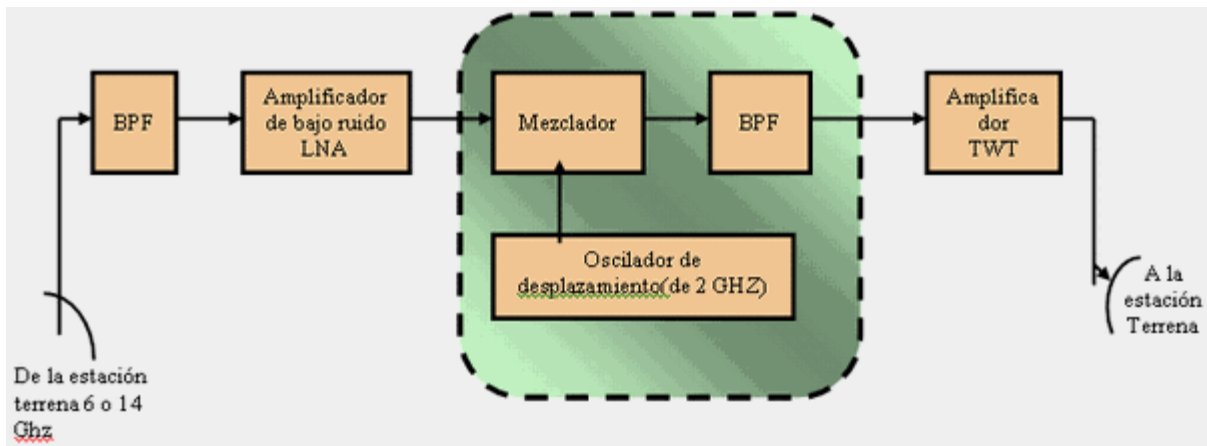


Fig. II.25. Partes de un transpondedor.

El transponder satelital consta de un dispositivo para limitar la banda de entrada (BPF), un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA), un translador de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasa-bandas de salida.

El BPF de entrada limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA (un dispositivo normalmente utilizado como LNA, es un diodo túnel).

La salida del LNA alimenta un translador de frecuencia (un oscilador de desplazamiento y un BPF), que se encarga de convertir la frecuencia de subida de banda alta a una frecuencia de bajada de banda baja.

El amplificador de potencia de bajo nivel, que es comúnmente un tubo de ondas progresivas (TWT), amplifica la señal de RF para su posterior transmisión por medio de la bajada a los receptores de la estación terrena.

También pueden utilizarse amplificadores de estado sólido (SSP), los cuales en la actualidad, permiten obtener un mejor nivel de linealidad que los TWT.

La potencia que pueden generar los SSP, tiene un máximo de alrededor de los 50 Watts, mientras que los TWT pueden alcanzar potencias del orden de los 200 Watts.

II.D.IV. ENLACE DE BAJADA

Es la conexión del satélite a la estación terrena, pasando por una antena de recepción, un amplificador de bajo ruido, un receptor usando un LNB o un convertidor de bajada y un demodulador usando un LNA.

II.D.IV.A. AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO. (LNA, LNB, LNC)

Amplificador de bajo nivel de ruido se utiliza en el lado de recepción y su característica principal es que adicionan muy poco ruido a la señal que baja del satélite con poca potencia y es muy susceptible ante cualquier ruido que se le pueda añadir antes de ser amplificada a un nivel aceptable. (En banda C aproximadamente de -160 dBW).

Permiten la recepción de 12 canales de 36 MHz; tienen una temperatura de ruido de 45 a 150 K en banda Ku y en banda C desde 20K. La ganancia de estos amplificadores puede ser aproximadamente de 50 dB.

Existen 3 tipos de amplificadores de bajo nivel de ruido los cuales se diferencian por la salida que proporcionan y son:

- LNA

Son los que amplifican las Señales RF de las antenas y entregan la misma RF.



Fig. II.26. Un preamplificador muy sensible usado en al pie de la antena de recepción de TV por satélite para reforzar la señal débil de satélite. 3.7GHz. - 4.2GHz.banda C. Varios niveles Ruidosos de temperaturas.

- LNB

Amplifican las señales RF y las convierten en Banda L



Fig. II.27, LNB que usa una frecuencia de entrada de: 3.4 a 4.2 GHz
Frecuencia de salida de: 950 a 1,750 MHz.



Fig. II.28. LNB.-convierte la señal recibida del satélite en Banda Ku en Banda L,
Y la transfiere a la unidad de entrada.

- LNC

Amplifican las señales de RF y la convierte el FI (70MHz)



Fig. II.29. Banda de frecuencias de entrada (GHz) 10,7 - 12,75 Frecuencias de salida (MHz) 950 – 2150.

II.D.IV.B. RECEPTOR

El receptor recibe la señal que viene del LNB y la demodula, decodifica, demultiplexa y convierte la señal de RF a banda base que es la que el usuario utiliza. Es el inverso para el codificador.



Fig. II.30. Receptor marca scopus que recibe, decodifica, descripta y procesa la señal recibida.

II.D.IV.C. DEMODULADOR

Esta es otra opción para recibir la señal del satélite en lugar de un receptor, tenemos un convertidor de bajada al cual se le asigna una señal en RF para que la convierta a FI (muy similar a el convertidor de subida) después manda la señal a un demodulador el cual remodula y demultiplexa la señal entregando banda base para entregar al usuario.

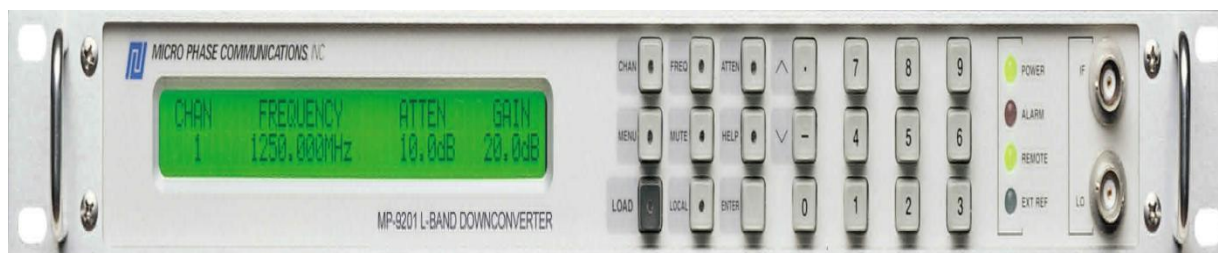


FIG. II.31. Convertidor de baja con rango de frecuencias de entrada de 950 – 1,750 MHz de salida de 70 ± 20 MHz y 140 ± 40 MHz.



FIG.II.32. Demulador.

CAPÍTULO III.

ENLACE SATELITAL.

III.A. GENERALIDADES.

El servicio de transmisión de televisión para cubrir eventos especiales consiste en la renta de estaciones terrenas transportables para conducción de señales analógicas o digitales por satélite, con cobertura nacional e internacional, que se presenta para conducir una señal de televisión no permanente, conforme a un horario y enlaces definidos para esa ocasión o por evento.

El tipo de evento que se transmiten con las estaciones terrenas transportables son eventos que duran de unas horas a varios días, pero no se vuelven a repetir en el mismo lugar, o simplemente no se repiten y si lo hacen es muy esporádicamente; es por eso que no es rentable instalar una estación fija, por eso lo más factible es la renta de la estación transportable. Por ejemplo, un concierto, un partido de futbol, una entrega de premios, un congreso, un desastre natural, etc.

A continuación se describe la metodología a seguir en el caso práctico

La televisora ESPN deportes requiere a Telecomm la estación terrena trasportable Xel-Ha para la transmisión de un evento en el “Centro de Alto Rendimiento de la Federación Mexicana de Futbol” de la ciudad de México.

III.B. PROCESO DEL SERVICIO DE TV OCASIONAL

Para poder dar el servicio de la estación terrena se debe cumplir el proceso siguiente:

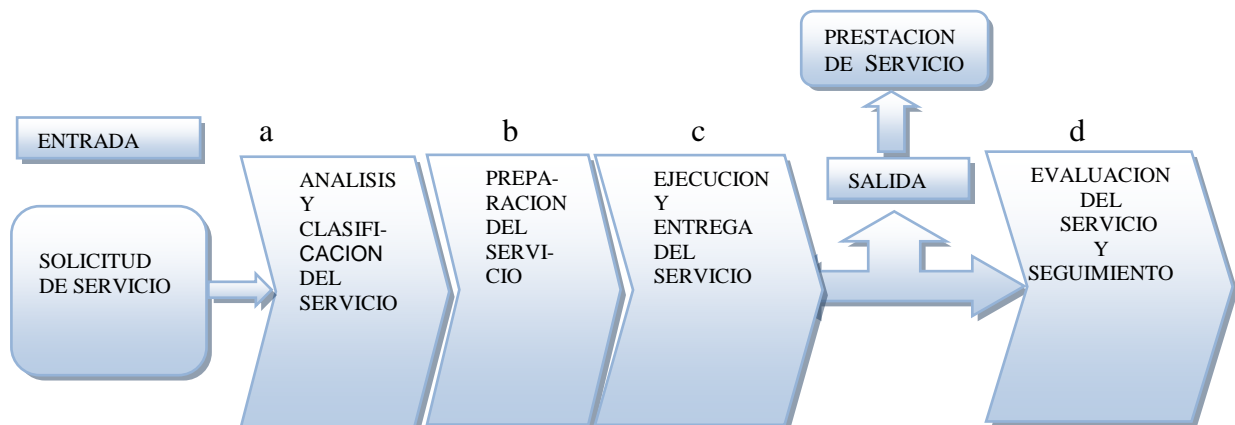


Fig. III.1. Proceso para la prestación del servicio de la estación terrena

III.B.1 PARA LA TRANSMISIÓN.

a) SOLICITUD DE SERVICIO.

El cliente ESPN deportes manda una solicitud de servicio al departamento encargado de la estación terrena. Con los siguientes datos:

Satélite:	SATMEX 6
Banda:	C
Frec. Tx:	6151.500 MHz
Frec. Rx:	3926.500 MHz
Polarización:	Vertical/Horizontal
Fec:	$\frac{3}{4}$
Data Rate:	7.4 Mbps
Symbol Rate:	5.353191 Mbps
Ancho de Banda:	9 MHz

b) ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DEL SERVICIO.

Se efectúa el análisis con la finalidad de ver la viabilidad de que lleve a cabo la transmisión del evento; en caso contrario se desecha la solicitud.

Para este caso se aceptó la solicitud, ya que:

El satélite SATMEX 6 está dentro de la cobertura comercial de Telecomm, y el lugar del evento está dentro de la huella del satélite; la banda C (es el intervalo de frecuencias de 4 a 8 GHz) que es una de las dos bandas que se trabajan junto con la banda Ku (el intervalo de frecuencias entre 12 a 18 GHz), por lo tanto las frecuencias se pueden cubrir y los demás datos son aceptados por el equipo codificador. Además el ancho de banda no excede los 27 MHz que son el límite de capacidad de los equipos.

c) PREPARACIÓN DEL SERVICIO.

Para la preparación del servicio se enlista el equipo necesario para la transmisión.

- 1.- Codificador compresor Ternan modelo TE6000A
- 2.- Convertidor ascendente L3 banda C
- 3.- HPA CPI 400 watts banda C

Y para recibir como comprobación de la transmisión:

- 1.- LNB
 - 2.- Receptor Ternan TDR60
 - 3.- Monitor de imagen LCD Sony 17 pulgadas
-
-

Seguidamente estos equipos se revisan, para asegurar su eficiencia operativa durante la transmisión del evento.

d) EJECUCIÓN Y ENTREGA DEL SERVICIO.

Se traslada la Estación Terrena transportable, al lugar del evento en este caso se llevó al “Centro de Alto Rendimiento de la Federación Mexicana de Fútbol” de la ciudad de México, para su instalación.

Posteriormente se siguieron los siguientes pasos para su ajuste:

- * Nivelación de plataforma de la ET Xel-Ha” con apoyo de los gatos hidráulicos.
- * Activación de planta moto generadora.
- * Despliegue de la antena y montaje del polarizador de banda C (que es dispositivo electromecánico que se encarga de girar la polarización de la señal captada.): Ajustar a la recepción el aislamiento de polarización de la antena mediante la observación de señales provenientes del satélite. Se puede solicitar al CCC alguna señal de referencia específica. Para obtener su máximo nivel de recepción.
- * Activación de equipos de comunicación.
- * Orientación de antena de la ET. al satélite Satmex 6 con ubicación en 113° oeste y se necesita un ángulo de acimut de 216.5848° y un ángulo de elevación de 62.2851°.
- * Calcular y ajustar la potencia de transmisión, de tal forma que en el momento de transmitir, ésta no exceda la potencia asignada, a fin de ajustarla bajo la dirección del CCC.

Para que el cliente hiciese uso la ET, este proporciono el cable para banda base (audio y video), conectándose de la unidad del usuario a la unidad; después se hicieron pruebas de video y audio directamente con el usuario para verificar la configuración y estado operativo de los equipos de Banda base y Radiofrecuencia de la ET, antes de la activación de la portadora.

Para poder transmitir el evento fue indispensable que los usuarios y operadores de la ET contactaran con el Centro de Control de Comunicaciones, (CCC) antes de iniciar la transmisión hacia el satélite, con el propósito de minimizar interferencias perjudiciales y asegurar la calidad de las transmisiones del satélite.

El Centro de Control de Comunicaciones actúa como estación de control para verificar la operación de las redes satelitales de “El Cliente”, determinando su desempeño y posibles desviaciones respecto a los parámetros técnicos asignados por el Área de Tráfico Satelital.

Los operadores de la ET contactaron al CCC, con todos los datos técnicos, para realizar las siguientes pruebas:

- * Aislamiento de Polarización.
- * Verificación del patrón de radiación (si se le requiere)
- * Ajuste del nivel de potencia,
- * Apuntamiento optimo de antena,
- * Coordinación para activación/desactivación de portadoras
- * Ausencia de señal,
- * Interferencias,
- * Generación de portadora de referencia,
- * Verificación de parámetros técnicos.

Después se transmitió la portadora, en la frecuencia asignada y con baja potencia, a fin de efectuar las siguientes mediciones:

- i. Aislamiento de polarización ortogonal.
- ii. Patrón de radiación (Su realización está en función del diámetro de antena).
- iii. Frecuencia de portadora.
- iv. Energía dispersa, subportadoras de audio (para portadoras analógicas de TV/FM/FDMA).
- v. Velocidad de transmisión y FEC.
- vi. Modulación.
- vii. Ancho de banda.
- viii. Forma espectral.
- ix. PIRE del satélite.

Durante todo el proceso de la prueba, La ET se mantuvo en comunicación telefónica con el CCC; este informó al usuario a la mayor brevedad sobre el resultado de las mediciones.

Después de las pruebas que se realizaron en forma satisfactoria, se solicitó al CCC el acceso para activar la portadora con 28 Watts de potencia iniciando el

evento. Después de 26 minutos de transmisión se comunicó con el CCC para informar el fin del evento y se dejó de transmitir.

Se terminó el evento, se guardó el equipo y antena para retirarnos del lugar.

e) EVALUACIÓN DEL SERVICIO

Para evaluar el servicio de transmisión se llenó un formato ya establecido por la empresa:

- * con los datos del usuario:

ESPN Deportes

México D.F.

Centro de alto rendimiento de la federación mexicana de futbol

- * Con los datos de la señal transmitida:

Señal tipo: Digital

Ancho de banda: 9MHz

Fec: $\frac{3}{4}$

Symbol rate: 5353191 Mbps

Banda c

Satélite: Satmex 6

Posición orbital: 113° w

Transpondedor: 12C1

Polarización Vertical

Canal o frecuencia: 6151.5MHz

Tiempo de servicio: 26 min

- * con los datos que se recogen de la evaluación de la señal:

Nivel de video: 100 IRE

Nivel de sincronía: 40 IRE

Subportadora de color: 40 IRE

Nivel de pedestal: 7.5 IRE

Los datos de usuario y de la señal se obtienen de la solicitud donde se especifican lo datos para transmitir.

Los datos para la evaluación se obtienen del monitor de forma de onda, el cual nos muestra la señal de video compuesta la cual incluye la mira o barras de color y sus señales asociadas.

El vídeo compuesto es una señal de vídeo analógica que se utiliza en la producción de televisión y en los equipos audiovisuales domésticos. Esta señal eléctrica es una señal compleja en la que se codifica la imagen en sus diferentes

componentes de luz y color añadiendo los sincronismos necesarios para su posterior reconstrucción.

La señal de vídeo compuesto consta de las siguientes componentes: crominancia, que porta la información del color de una imagen; luminancia, que porta la información de luz (imagen en blanco y negro) y sincronismos que indican las características del barrido efectuado en la captación de la imagen.

La señal de barras de color proporciona un test riguroso para la transmisión y la recepción del color, esta consisten en ocho barras verticales de anchura uniforme, estas incluyen los tres colores primarios, tres colores complementarios, blanco y negro. Se han dispuesto en orden descendente de luminancia desde la izquierda a la derecha como sigue: blanco, amarillo, cian, verde, magenta, rojo, azul y negro.



Fig.III.2. monitor de forma de onda con la señal de Tv compuesta.

La amplitud de esta señal es de $1V_{p-p}$ (un volt pico a pico), esto es a equivalente a 140 IRE, donde el nivel de video es de 100 IRE del nivel de pedestal hasta el punto más alto, 40 IRE mide la señal de sincronía de color, así como la Subportadora de color.

III.B.II. PARA LA RECEPCIÓN.

Para la recepción se utiliza el mismo proceso, dado que se utiliza una Estación terrena transportable similar para recibir la señal:

a) SOLICITUD.

El cliente ESPN deportes mandó una solicitud de servicio al departamento encargado de la estación terrena. Con los siguientes datos:

Satélite:	SATMEX 6
Banda:	C
Frec. Tx:	6151.500 MHz
Frec. Rx:	3926.500 MHz
Polarización:	Vertical/Horizontal
Fec:	$\frac{3}{4}$
Data Rate:	7.4 Mbps
Symbol Rate:	5.353191 Mbps
Ancho de Banda:	9 MHz

b) ANÁLISIS.

De la misma forma que en la transmisión se realiza el análisis para revisar que se pueda recibir la señal. Como los datos proporcionados por el usuario se encuentran dentro de los parámetros de operación de la estación terrena de recepción se acepta la recepción.

c) PREPARACION.

Para la preparación del servicio se enlistan y preparan los siguientes equipos:

- La antena
- LNB
- Receptor Tiernan
- Monitor
- Cable coaxial

d) EJECUCIÓN Y ENTREGA DEL SERVICIO.

Para la entrega del servicio se traslada la Estación Terrena a al lugar indicado por el usuario

Posteriormente se siguieron los siguientes pasos para su ajuste:

- * Nivelación de plataforma de la ET "Xel-Ha" con apoyo de los gatos hidráulicos.
 - * Activación de planta moto generadora.
 - * Despliegue de la antena y montaje del polarizador de banda C (es dispositivo electromecánico que se encarga de girar la polarización de la señal captada.): Ajustar a la recepción el aislamiento de polarización de la antena mediante la observación de señales provenientes del satélite, para obtener su máximo nivel de recepción.
 - * Activación de equipos de comunicación.
-
-

- * Orientación de antena de la ET. al satélite Satmex 6.
- * proporcionar el cable para banda base (audio y video) al usuario este cable se conecta de la unidad del usuario a la ET.

Ya lista la ET se programó el equipo de recepción con la frecuencia de descenso para la correcta recepción de la señal, para después proporcionarla al usuario.

e) EVALUACIÓN DEL SERVICIO.

Para el caso práctico se le pide al cliente llenar un formato para que pueda evaluar el servicio proporcionado, de esa manera se cumple este punto para la recepción.

III.C. CÁLCULO DE ENLACE.

El cálculo de enlace es un procedimiento matemático que nos permite evaluar la calidad de la señal existente en un canal de comunicación vía satélite considerando los niveles de potencia en todo el sistema.

El cálculo de enlace vía satélite nos permite obtener los valores de potencia necesaria para comunicar dos o más estaciones terrenas (E.T.) tomando en cuenta las consideraciones físicas relacionadas con el viaje de la señal por el espacio libre, con el tratamiento que recibe por parte de los equipos, entre ellos , el satélite mismo, y a la ubicación geográfica.

En todo sistema de comunicación la presencia de ruido es algo inevitable que genera una degradación de la señal útil. La relación señal a ruido (C/N), se refiere a la diferencia existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia de ruido existente en el sistema, la utilizaremos como el indicador de la calidad de comunicación en el sistema de microondas vía satélite.

La metodología que emplearemos se basa en dividir al cálculo del enlace satelital en tres partes principales:

- A) Enlace ascendente
- B) Enlace descendente
- C) Evaluación del enlace

Cada una de las partes anteriores conjunta una serie de conceptos físicos y procedimientos matemáticos con cierta independencia que nos permiten manejarlos por separado; en las dos primeras partes se trata de obtener las relaciones(C/N) totales ascendente y descendente, en tanto que en la última parte se determina el margen del enlace.

III.C.1 DATOS.

Para poder hacer el cálculo matemático es necesario contar con los datos necesarios y correctos para una transmisión completa:

Datos del satélite:

Los siguientes datos corresponden al satélite, y los proporciona el operador del mismo.

Satélite:	SATMEX 6
Longitud:	113.0° Oeste
Banda de operación:	C
Tipo de transpondedor:	12C1
Región:	Continental
Frec. Tx:	6151.500 MHz
Frec. Rx:	3926.500 MHz
IBO:	8 dB
OBO:	5 dB
ATP:	11 dB

Datos de la señal a transmitir:

Estos datos los da el modem de la estación terrena transmisora.

Velocidad de información:	7400 Kbps
Modulación:	QPSK
Roll Off	14%
FEC:	3/4
BER:	10^{-7}

Datos de la Estación Terrena:

Son los datos técnicos de las estaciones terrenas involucradas en el enlace.

Localidad:	México D.F.	Los Ángeles, CA
Latitud:	19.4° N	35.050° N
Longitud:	99.15° W	118.25° W
Diámetro de la antena:	2.4 m	4.5 m
Ganancia de la antena Tx:	63.26 dBi	74.1687 dBi
Ganancia de la antena Rx:	55.46 dBi	66.37 dBi
Temp. Total del sist:	-----	85.80 °K
Eb/No del modem receptor:	-----	6.0 dB
Eficiencia:	60%	60%

Parámetros del Satélite para las localidades de interés:

Datos proporcionados por el controlador del satélite, específicamente relacionados con cada estación terrena.

Localidad:	México D.F.	Los Ángeles, CA
DFS:	-99.44	-95.51
G/T :	-0.04	2.72
PIRE _{SATURACION} :	40.38	42.34

III.C.II. CÁLCULOS PRELIMINARES.

Son los cálculos que nos arrojan los datos necesarios para poder realizar el cálculo de enlace satelital.

- **GANANCIA DE LA ANTENA**

La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite y recibe en cierta dirección, se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida por una antena isotrópica.

La formula son las siguientes:

Ganancia máxima:

$$G_{MAX} = \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (dB - Hz)$$

Ganancia de la antena:

$$G = 10 \log G_{MAX} - 9.94 + 10 \log \eta + 20 \log \left(\frac{D}{\lambda} \right) \quad (dBi)$$

Donde:

η =eficiencia

λ =longitud de onda

$$\lambda = \frac{C}{F}$$

C= la velocidad de la luz en el vacío

F= Frecuencia

D= diámetro de la antena

Sustituyendo para:

**Ganancia de la antena de la ET de México D.F.
Para Tx.**

$$\eta=0.6$$

$$C= 3 \times 10^8$$

$$F= 6151.500 \text{ MHz}$$

$$D= 2.4 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{6151.500}$$

$$\lambda = 48.73 \times 10^{-3}$$

$$G_{MAX}=(0.6) \left(\frac{\pi 2.4}{48.73 \times 10^{-3}} \right)^2 (dB - Hz)$$

$$G_{MAX}=14.36 \times 10^3 (dB - Hz)$$

$$G=10 \log 14.36 \times 10^3 - 9.94 + 10 \log 0.6 + 20 \log \left(\frac{2.4}{48.73 \times 10^{-3}} \right) (dBi)$$

$$G=63.26 (dBi)$$

Para Rx

$$\eta=0.6$$

$$C= 3 \times 10^8$$

$$F= 3926.500 \text{ MHz}$$

$$D= 2.4 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{3926.500}$$

$$\lambda = 76.35 \times 10^{-3}$$

$$G_{MAX}=(0.6) \left(\frac{\pi 2.4}{76.35 \times 10^{-3}} \right)^2 (dB - Hz)$$

$$G_{MAX}=5.85 \times 10^3 (dB - Hz)$$

$$G=10 \log 5.85 \times 10^3 - 9.94 + 10 \log 0.6 + 20 \log \left(\frac{2.4}{76.35 \times 10^{-3}} \right) (dBi)$$

$$G=55.46 (dBi)$$

Ganancia de la antena de la ET de Los Ángeles, CA

Para Tx.

$\eta=0.6$
 $C= 3 \times 10^8$
 $F= 6151.500 \text{ MHz}$
 $D= 4.5 \text{ m}$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{6151.500}$$

$$\lambda = 48.73 \times 10^{-3}$$

$$G_{MAX}=(0.6) \left(\frac{\pi 4.5}{48.73 \times 10^{-3}} \right)^2 (dB - Hz)$$

$$G_{MAX}=50.42 \times 10^3 (dB - Hz)$$

$$G=10 \log 50.42 \times 10^3 - 9.94 + 10 \log 0.6 + 20 \log \left(\frac{4.5}{48.73 \times 10^{-3}} \right) (dBi)$$

$$G=74.17 (dBi)$$

Para Rx

$\eta=0.6$
 $C= 3 \times 10^8$
 $F= 3926.500 \text{ MHz}$
 $D= 2.4 \text{ m}$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{3926.500}$$

$$\lambda = 76.35 \times 10^{-3}$$

$$G_{MAX}=(0.6) \left(\frac{\pi 4.5}{76.35 \times 10^{-3}} \right)^2 (dB - Hz)$$

$$G_{MAX}=20.54 \times 10^3 (dB - Hz)$$

$$G=10 \log 20.54 \times 10^3 - 9.94 + 10 \log 0.6 + 20 \log \left(\frac{4.5}{76.35 \times 10^{-3}} \right) (dBi)$$

$$G=66.37 (dBi)$$

- **ANCHO DE BANDA.**

El ancho de banda aquí calculado, es el que la señal de comunicación necesita para transmitirse y se relaciona con la cantidad de ruido total que afectara en relación C/N que definen la calidad del enlace.

$$AB_{ocu} = V_{inf} (FEC)^{-1}(FM)(1 + ROLL OFF) \text{ (Hz)}$$

Donde:

V_{inf} = Velocidad de información.

FEC= Factor debido al código de corrección de errores por adelantado.

Para la modulación QPSK $FM=0.50$

FM= factor de modulación, su valor depende de la modulación empleada.

ROLL OFF= factor de ensanchamiento del espectro (característica de los módems)

AB ASIGNADO

$$AB_{asig} = AB_{ocu} \times \text{Factor de asignación}$$

Donde

Factor de asignación de 1.37

Sustituyendo:

$$AB_{ocu} = 7400 \left(\frac{3}{4}\right)^{-1} (0.5)(1 + 0.14)$$

$$AB_{ocu} = 5624 \text{ KHz}$$

Ancho de Banda OCUPADO

$$AB_{asig} = 5624 \times 1.37$$

$$AB_{asig} = 7.70 \text{ MHz}$$

- **APUNTAMIENTO DE ANTENA Y DISTANCIA ENTRE LA ET Y EL SATELITE**

Para el apuntamiento de la antena respecto al satélite en cuestión, es necesario el cálculo de acimut y elevación.

Ángulo de azimut para la ET México D.F.

El ángulo de azimut es el punto exacto sobre el eje horizontal donde se debe fijar la antena. Se calcula:

$$A' = \tan^{-1}(\tan[\text{ABS}(LONG_{SAT} - LONG_{ET})] / \sin LAT_{ET})$$

Donde:

$LONG_{SAT}$ = longitud del satélite
 $LONG_{ET}$ = longitud de la estación terrena
 LAT_{ET} = latitud de ET
 ABS = absoluto

Si la ET se ubica en el hemisferio Norte y la:

$$\begin{aligned} \text{ET al oeste del satélite} & A = 180 - A' \\ \text{ET al este del satélite} & A = 180 + A' \end{aligned}$$

Si la ET se ubica en el hemisferio sur y la:

$$\begin{aligned} \text{ET al oeste del satélite} & A = A' \\ \text{ET al este del satélite} & A = 360 - A' \end{aligned}$$

Sustituyendo valores:

$$A' = \tan^{-1}(\tan[\text{ABS}(113 - 99.15)] / \sin 19.40)$$

$$A' = 216.5849$$

Como esta en el hemisferio norte y al este se ocupa la siguiente fórmula:

$$A = 180 + 216.5849$$

$$A = 216.5849^\circ$$

Ángulo de elevación para la ET México, D.F.:

El ángulo de elevación nos indica la inclinación que le debemos dar a la antena con respecto al plano vertical para orientarla hacia el satélite.

$$E = \tan^{-1}[(R - Re(w) / (Re \sin(\cos^{-1} w)))] - \cos^{-1} w$$

Donde:

R = Distancia promedio del centro de la tierra a la órbita geoestacionaria (42164.2 Km)

Re= Radio Promedio de la tierra (6378.155 Km)

$$w = \cos LAT_{ET}(\cos[LONG_{SAT} - LONG_{ET}])$$

Sustituyendo:

$$w = \cos 19.40(\cos[113 - 99.15])$$

$$w = 0.9158$$

$$E = \tan^{-1}[(42164.2 - 6378.155(.9158)) / (6378.155 \sin(\cos^{-1}.9158))] - \cos^{-1}.9158$$

$$E = 62.2853^\circ$$

Distancia entre la ET México, D.F.- SATMEX 6

$$D = \{R^2 + Re^2 - (2Re(R) \sin(E + \sin^{-1}((Re/R) \cos E)))\}$$

Donde:

R = Distancia promedio del centro de la tierra a la órbita geo (42164.2 Km)

Re= Radio Promedio de la tierra (6378.155 Km)

E= Angulo de elevación

Sustituyendo:

$$D = \{42164.2^2 + 6378.155^2 - (2 \cdot 6378.155 \cdot 42164.2 \sin(62.2853 + \sin^{-1}((6378.155/42164.2) \cos 62.2853)))\}$$

$$D = 36413.3114 \text{ Km}$$

Ángulo de azimut para la ET los Ángeles, CA.

Sustituyendo valores:

$$A' = \tan^{-1}(\tan[\text{ABS}(113 - 118.25)] / \sin 34.050)$$

Angulo de elevación

$$A' = 9.3112$$

Como la ET esta en el hemisferio norte y al Oeste se ocupa la siguiente fórmula:

$$A = 180 - 9.3112$$

$$A = 170.6887^\circ$$

Ángulo de elevación para la ET México D.F.:

$$E = \tan^{-1} \left[\frac{(R - Re(w))}{(Re \sin(\cos^{-1} w))} \right] - \cos^{-1} w$$

Donde:

R = Distancia promedio del centro de la tierra a la órbita geoestacionaria
(42164.2 Km)

Re= Radio Promedio de la tierra (6378.155 Km)

$$w = \cos LAT_{ET} (\cos [LONG_{SAT} - LONG_{ET}])$$

Sustituyendo:

$$w = \cos 19.40 (\cos [113 - 118.25])$$

$$w = 0.8250$$

$$E = \tan^{-1} \left[\frac{(42164.2 - 6378.155(.8250))}{(6378.155 \sin(\cos^{-1}.8250))} \right] - \cos^{-1}.8250$$

$$E = 50.0178^\circ$$

Distancia entre la ET México, D.F.- SATMEX 6

$$D = \{R^2 + Re^2 - (2Re(R) \sin(E + \sin^{-1}((Re/R) \cos E)))\}$$

Sustituyendo:

$$D = \{42164.2^2 + 6378.155^2 - (2 \cdot 6378.155 \cdot 42164.2) \sin(50.0178 + \sin^{-1}((6378.155/42164.2) \cos 50.0178))\}$$

$$D = 36412.6827 \text{ Km}$$

III.C.III ENLACE ASCENDENTE

En la parte ascendente se evalúa la relación C/N ascendente total que constituye la calidad del enlace en la comunicación entre la E/T transmisora y el satélite como receptor, tomando en cuenta a las diferentes relaciones de interferencia que degradan el comportamiento del enlace.

Se evalúa primeramente la relación C/N ascendente, propio del equipo receptor del satélite, en el que interviene la potencia de transmisión de la estación terrena conocida como PIRE, las pérdidas debido a la dispersión, la absorción de energía por parte de la atmosfera, por apuntamiento, por la diferencia en la alineación de las polaridades del satélite, la atenuación que produce la lluvia y las características de ruido y la ganancia del satélite.

Para el cálculo de C/N ascendente total se debe considerar las diferentes relaciones de interferencia que afectan al enlace ascendente:

C/I o razón de potencia de portadora respecto de la potencia del ruido de intermodulación en el HPA (High Power Amplifier, amplificador de alta potencia) de la E/T transmisora.

C/Xpol o razón de potencia de portadora respecto de la señales de polaridad contraria que van hacia el mismo satélite

C/Xsatady o razón de potencia de portadora respecto de señales que van dirigidas hacia los satélites colindantes al este u oeste, que por condiciones del patrón de radiación de las antenas de tierra en transmisión, son dirigidas hacia nuestro satélite.

Estas relaciones de interferencia varían en función de la densidad de potencia que tiene nuestra portadora de comunicación, respecto del numero de portadoras procesadas en ella en el mismo amplificador de la E/T donde se transmiten(C/I), de si existe o no el rehusó de frecuencia en el satélite (C/Xpol) y del tipo de trafico que comparte la misma banda de frecuencia y la polaridad en los satélites colindantes aunado con el patrón de radiación de las antenas que funcionan con esos sistemas (C/Xsatady)

- **RELACIÓN DE PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE**

$$(C/No)_{ASC} = PIRE_{ET} + (G/T)_{SAT} - K - L_{ASC} - \mu_{ASC} - L\Delta_{ASC}$$

Donde:

$PIRE_{ET}$ = Potencia Isotropica radiada efectiva desde la ET.

$(G/T)_{SAT}$ = Característica del satélite.

K = Constante de Boltzman (-228.6 dBJ/°K)

L_{ASC} = perdidas en el espacio libre ascendentes.

μ_{ASC} = Margen de atenuación por lluvia ascendente.

$L\Delta_{ASC}$ = pérdidas misceláneas, es la sumatoria de las perdidas atmosféricas, apuntamiento y de la polarización su valor aproximado es de 1 dB

$\mu_{ASC} = 0$, Para la disponibilidad de 99.98 en la banda C

$PIRE_{ET} = 50.84$ dBW

Pérdidas En el Espacio Libre ascendentes

$$L_{s_{asc}} = 20 \log\left(\frac{4\pi * F * D}{C}\right)$$

SIENDO

F = Frecuencia Ascendente

D = distancia entre la ET y El satélite.

C = Velocidad de la luz

Sustituyendo=

$$L_{s_{asc}} = 20 \log\left(\frac{4\pi * 6151500 * 36413.3114}{3 \times 10^8}\right)$$

$$L_{s_{asc}} = 139.4452 \text{ dB}$$

$$(C/No)_{ASC} = 50.54 + (-0.04) - (-228.6) - 139.4452 - 0 - 1$$

$$(C/No)_{ASC} = 78.9533834 \text{ dB-Hz}$$

Relación portadora a ruido ascendente

$$(C/N)_{ASC} = (C/No)_{ASC} - 10 \log(AB)$$

$$(C/N)_{ASC} = (78.9533834)_{ASC} - 10 \log(5624)$$

$$(C/N)_{ASC} = 41.4529303 \text{ dB}$$

Relación portadora a ruido ascendente total

$$(C/N)_{ASC\ TOTAL} = 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{a \log \left[\frac{C/Nasc}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{C/I}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{C/Xpol}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{C/Xsatady}{10} \right]}} \right]$$

Donde:

C/I = intermodulación ascendente (35dB)

$\frac{C}{X_{POL}}$ = polarización cruzada ascendente. (29dB)

$\frac{C}{X_{SATADY}}$ = satélite adyacente ascendente (39dB)

Sustituyendo:

$$(C/N)_{ASC\ TOTAL} = 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{a \log \left[\frac{41.4529}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{35}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{29}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{39}{10} \right]}} \right]$$

$$(C/N)_{ASC\ TOTAL} = 27.5138637 \text{ dB}$$

III.C.IV. ENLACE DESCENDETE

En la parte del cálculo del enlace descendente se calcula la relación C/N descendente total que constituye la calidad de enlace en la comunicación entre el satélite y la ET receptora, que toma en cuenta a las diferentes relaciones de interferencia que degradan el comportamiento del enlace al descenso.

Primero se evalúa la relación C/N_{desc} , es decir, la relación de potencia de la portadora respecto del ruido del equipo receptor de la ET receptora, en la que interviene la potencia de transmisión del satélite conocida como PIRE de satélite por portadora, las pérdidas debido a la dispersión, la absorción de la energía por parte de atmosfera, las pérdidas de apuntamiento, la diferencias en alineación de las polaridades del satélite y ET, atenuación por la lluvia, las características de ruido y ganancia de la ET receptora.

Posteriormente se evalúan las relaciones de interferencia que afectan el enlace descendente como son:

C/I o razón de potencia de portadora respecto a la potencia del ruido de intermodulación en el amplificador correspondiente al transpondedor del satélite donde se tratara la señal en particular.

C/Xpol o razón de potencia de portadora a las señales en la polaridad contraria que parten del mismo satélite hacia la tierra en la misma frecuencia.

C/Xsatady o razón de potencia de portadora respecto de señales que provienen de los satélites colindantes al este y oeste, que por condiciones del patrón de radiación de las antenas de tierra en recepción y a la coincidencia de coberturas en las mismas frecuencias y polaridad entran a nuestra E/T receptora.

Los valores que adopta cada una de las relaciones de interferencia anteriores, varían en función de la densidad de potencia que tiene nuestra portadora de comunicación respecto del numero de portadoras procesadas con ella en el mismo transpondedor de satélite donde se transmite (C/I), de si existe o no el rehúso de frecuencia en el satélite (C/Xpol) y del tipo de trafico que comparte la misma banda de frecuencia, cobertura y polaridad con los satélites colindantes, aunado con el patrón de radiación de nuestras antena receptoras que funcionan en nuestro sistema (C/Xsatady).

- **RELACIÓN DE PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE**

$$(C/No)_{DES} = PIRE_{saT} + (G/T)_{ET} - K - LS_{DES} - \mu_{DES} - L\Delta_{DES}$$

Donde:

$PIRE_{SAT}$ = Potencia Isotrópica radiada efectiva de satélite por portadora

$(G/T)_{ET}$ = Característica de la estación terrena receptora

K = Constante de Boltzman (-228.6 dBJ/°K)

L_{ASC} = perdidas en el espacio libre descendentes

μ_{ASC} = Margen de atenuación por lluvia descendente

$L\Delta_{ASC}$ = perdidas misceláneas, es la sumatoria de las perdidas atmosféricas, apuntamiento y de la polarización su valor aproximado es de 0.8 dB

Sustituyendo

$\mu_{ASC} = 0$ Para la disponibilidad de 99.98 en la banda C

Calculo de la pire de satélite:

$$PIRE_{SAT} = DFS - ATP - IBO - Lp_{ASC} + PIRE_{ET} - OBO + PIRE_{SAT} - L_{ATM}$$

Donde:

DFS= Densidad de flujo de saturación hacia la localidad de Tx.

$PIRE_{SAT}$ es la PIRE de saturación hacia la localidad de Rx.

L_{ATM} Son las perdidas atmosféricas.

Lp_{asc} = Perdidas pos dispersacion.

Donde:

$$Lp_{asc} = 10 \log(4\pi * D^2)$$

Pérdidas por el espacio libre descendentes:

$$Ls_{desc} = 20 \log((4\pi * F * D) / C)$$

Figura de merito:

$$\left(\frac{G}{T}\right)_{ET} = G_{RX} - 10 \log Ts$$

Donde:

G_{rx} es la ganancia de la antena de Rx

T_s es la temperatura del sistema es un dato que se proporciona, pero su fórmula es:

$$T_s = T_{LNA} + T_{antena}$$

Sustituyendo:

$$Lp_{asc} = 10 \log(4\pi * (36413.3114)^2)$$

$$Lp_{asc} = 162.374263 \text{ dB}$$

$$PIRE_{SAT} = (-99.44) - 11 - 8 - 162.374263 + 50.84 - 5 + 40.38 - 0.5$$

$$PIRE_{SAT} = 21.7457369 \text{ dBW}$$

$$Ls_{desc} = 20 \log((4\pi * 3926.500 * 36413.3114) / 3 \times 10^8)$$

$$Ls_{desc} = 162.374263 \text{ dB}$$

$$\left(\frac{G}{T}\right)_{ET} = 66.37 - 10 \log 85.80$$

$$\left(\frac{G}{T}\right)_{ET} = 47.0553182 \text{ dBK}$$

$$(C/No)_{DES} = 21.7457369 + 47.0553182 - (-228.6) - 162.374263 - 0 - 0.8$$

$$(C/No)_{DES} = 100.897006 \text{ dB-Hz}$$

Relación portadora a ruido descendente.

$$(C/N)_{DES} = (C/No)_{DES} - 10 \log(AB)$$

SUSTITUYENDO

$$(C/N)_{DES} = 100.897006 - 10 \log(5624)$$

$$(C/N)_{DES} = 63.3965533 \text{ dB}$$

Relación de portadora a ruido descendente total

$$(C/N)_{DES\ TOTAL} = 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{a \log \left[\frac{C/N_{DES}}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{C/I}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{C/X_{pol}}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{C/X_{satady}}{10} \right]}} \right]$$

DONDE:

C/I = intermodulación Descendente (18dB)

$\frac{C}{X_{POL}}$ = polarización cruzada descendente (30dB)

$\frac{C}{X_{SATADY}}$ = satélite adyacente descendente (28dB)

SUSTITUYENDO

$$(C/N)_{DES\ TOTAL} = 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{a \log \left[\frac{63.3965533}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{18}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{30}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{28}{10} \right]}} \right]$$

$$(C/N)_{DES\ TOTAL} = 17.3437376 \text{ dB}$$

III.C.V. EVALUACIÓN DEL ENLACE

En este punto se calcula la relación C/N tota, es decir la resultante de la combinación entre el enlace ascendente total y el enlace descendente total. También se calcula la C/N requerida que depende de las características del modem y de la señal de comunicaciones. Al comparar la C/N total con la C/N requerida, obtenemos el margen de enlace que nos indicara finalmente si nuestro enlace cumple o no con la calidad deseada en el diseño del enlace.

- **RELACIÓN DE PORTADORA A RUIDO TOTAL**

$$(C/N)_{TOTAL} = 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{a \log \left[\frac{(C/N)_{ACS\ TOTAL}}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{(C/N)_{DES\ TOTAL}}{10} \right]}} \right]$$

$$(C/N)_{TOTAL} = 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{a \log \left[\frac{27.5138637}{10} \right]} + \frac{1}{a \log \left[\frac{17.3437376}{10} \right]}} \right]$$

$$(C/N)_{TOTAL} = 16.9450043 \text{ dB}$$

Relación de portadora a ruido requerido

$$(C/N)_{REQ.} = Eb/No + 10 \log(Vel. Inf.) - 10 \log AB$$

Sustituyendo:

$$(C/N)_{REQ.} = 6 + 10 \log(7400) - 10 \log 5624$$

$$(C/N)_{REQ.} = 7.19186408 \text{ dB}$$

• **MARGEN DE ENLACE**

El margen de enlace es el parámetro que nos indica la calidad del enlace total, que se considera el nivel de potencia en el equipo receptor de acuerdo a una calidad esperada en la información recibida y la calidad de la información proporcionada por el enlace, en función de la potencia total de la portadora

$$ME = (C/N)_{TOTAL} - (C/N)_{REQ.}$$

Sustituyendo:

$$ME = 16.9450043 - 7.19186408$$

$$ME = 9.75314022 \text{ dB}$$

Porcentaje de potencia consumida en el HPA

$$100\%POT = \left[A \log \left\{ \left(\frac{PIRE_{SAT} - PIRE_{SATU} + OBO}{10} \right) \right\} \right] * 100$$

Sustituyendo

$$100\%POT = \left[A \log \left\{ \left(\frac{21.7457 - 42.34 + 5}{10} \right) \right\} \right] * 100$$

$$100\%POT = 2.757869367$$

• **POTENCIA CONSUMIDA EN EL HPA**

$$POT_{HPA} = PIRE_{ET} - G_{Tx} + L_{HPA Y ATN}$$

$$POT_{HPA} = 50.84 - 63.25 + 0.5$$

$$POT_{HPA} = -11.908863 \text{ dBw}$$

Y en watts

$$POT_{HPA} = A \log(dBW/10)$$

$$POT_{HPA} = A \log(-11.9088 \text{ dBW}/10)$$

$$POT_{HPA} = 0.064433792 \text{ W}$$

Los resultados que proporciona el cálculo anterior son los ideales para poder transmitir la señal, pero observamos, que en la práctica varían los datos, por ejemplo, se utilizó una potencia 28 Watts, 13 dB de ganancia y E_b/N_0 de 10.40.

III.D. ANÁLISIS DE LA SEÑAL

La señal en el enlace satelital pasa por un proceso donde se modifican sus características para poder enviarla o recibirla de manera adecuada.

Como ya hemos visto el equipo transmisor consta de 3 módulos: modulador, convertidor elevador y amplificador de alta potencia.

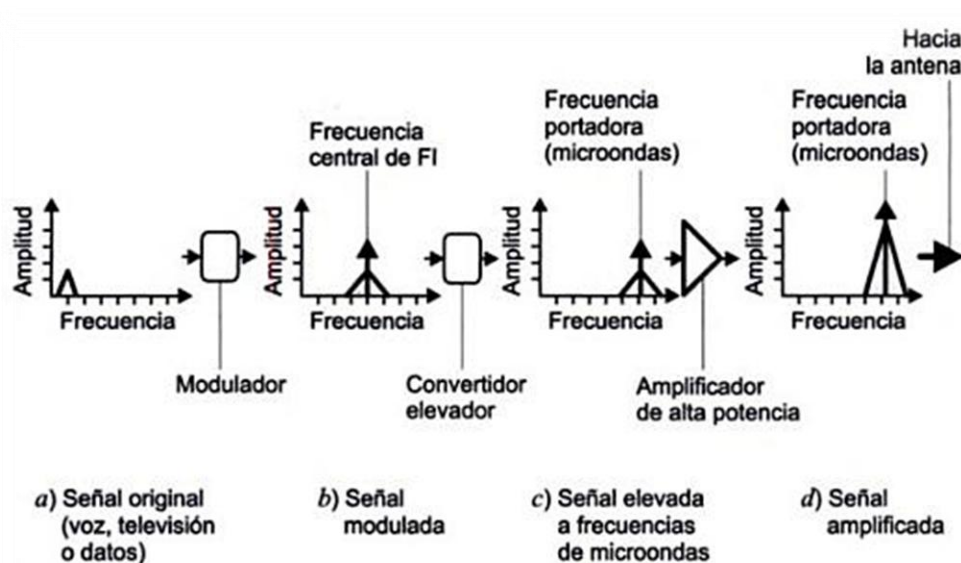


Fig. III.3 Conversión de una señal para radiarla al satélite.

La señal inicial está en banda base que es la que materializa las señales eléctricas de un traductor, es generada por el usuario y se transmite por cable coaxial. Esta señal es de televisión, voz o datos.

Esta señal requiere ser acondicionada para que pueda ser radiada a través del aire hacia el satélite sin que sea interferida o interfiera con otras señales y permita que se pueda recuperar de una manera completa.

El proceso electrónico que se realiza con el fin anterior es la modulación de una portadora por la señal y se ocupa el tipo digital de desplazamiento de fase QPSK; este quiere decir que la oscilación de la portadora modulada cambiara la fase de referencia en incrementos discretos en múltiplos de 90° en el segundo, sufre cambios entre cuatro posibles estados: 0° , 90° , 180° , 270° .

El modulador de la estación transmisora combina la forma de la señal original con la señal portadora, modificando el ancho de banda de frecuencias y la posición de la información dentro del espectro radioeléctrico, la cual es transferida a frecuencias más altas; es decir que se pasa a frecuencia intermedia, y es el primer paso en su ascenso para convertirse en microondas.

Esta frecuencia intermedia todavía no es adecuada para radiarse eficazmente a través de la atmosfera es por eso que es necesario subirla más en frecuencia empleando por ello un equipo convertidor elevador de frecuencia.

Al convertidor de subida se debe introducir la señal depende de la banda a la que se necesita trabajar; para banda C utiliza la frecuencia central con un valor de 70 ± 18 MHz y para banda Ku 140 ± 36 MHz, para que transfiera de esta frecuencia central a una posición dentro del espectro electromagnético con mucha más alta frecuencia que cuando salieron del modulador. Por ejemplo, Para una frecuencia intermedia de 70 MHz el convertidor obtendrá una frecuencia 6 GHz.

La señal tiene ahora la frecuencia apropiada para poder ser radiada hacia el satélite, pero su nivel de potencia es muy bajo, por lo que se necesita amplificarla antes de entregarla a la antena, es por eso que la señal se entrega el amplificador de alta potencia.

Entonces la señal es radiada hacia el satélite a través de la antena; esta capta la máxima energía cuando está orientada en dirección hacia su fuente y, dentro de un pequeño ángulo, se mantiene el valor de la energía captada entre el 50 y el 100% de la máxima. Fuera de dicho ángulo, el valor de la energía captada cae rápidamente. Se denomina lóbulo de radiación al "espacio" en que puede captar energía una antena sin que su ganancia caiga a más de 3dB.

El diagrama de radiación de una antena suele presentar:

- El lóbulo principal que es el de mayor tamaño y alcanza el círculo de las coordenadas polares correspondientes a 0dB. Es decir, no presenta atenuación alguna de la señal.
 - El eje del lóbulo principal coincide con el eje de la antena; es decir, que toda fuente que se encuentre en la misma dirección que el eje de la antena entrará dentro del lóbulo principal y será captado con la máxima ganancia.
-
-

- El ángulo de radiación pertenece al lóbulo principal y abarca todo el ancho del citado lóbulo con una ganancia por encima de -3dB.
- Existen lóbulos secundarios, dispuestos en ángulos distintos al del eje principal y que disminuyen de tamaño a medida que se acercan al ángulo de 180°. Los lóbulos secundarios o lóbulos laterales determinan la capacidad de una antena parabólica para captar radiaciones que le llegan de direcciones fuera de su eje.

Los lóbulos secundarios son una medida de la capacidad de la antena de captar señales electromagnéticas de fuentes situadas en ángulos distintos del de orientación (aunque con muchísima menor potencia). Se debe tener en cuenta que "siempre", los lóbulos secundarios deben tener una amplitud sensiblemente menor que la del lóbulo principal, ya que de lo contrario la señal de otra fuente interferiría a la señal que se desea captar. Se dice que una buena antena es aquella en la que el lóbulo principal tiene una ganancia superior a 20dB respecto a la de los lóbulos secundarios.

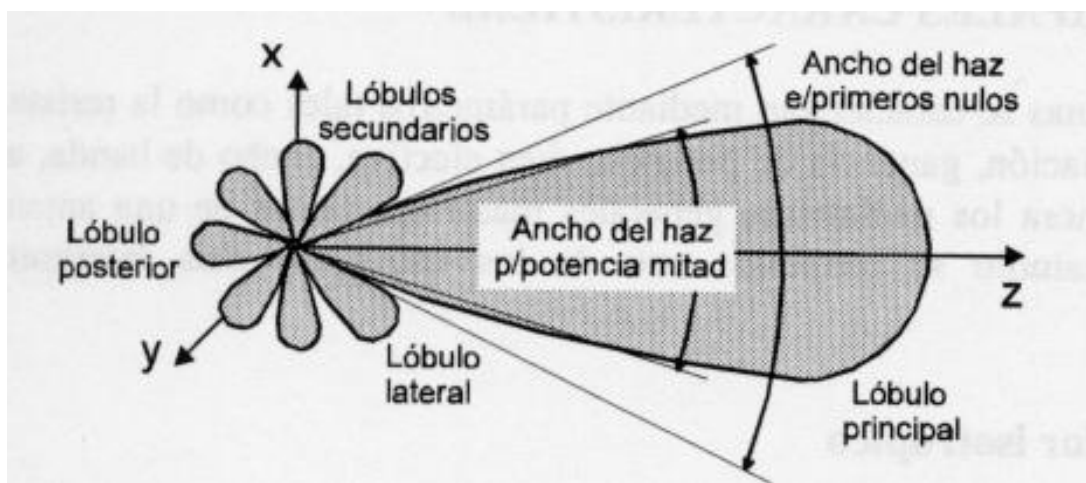


Fig.III.4. Distribución de los lóbulos de radiación en una parabólica.

En el satélite la señal es recibida a través de sus antenas, después se amplifica la señal a un nivel de potencia adecuado para que puedan ser recibidas con buena calidad, y también las cambia de frecuencia para que salgan por la antena sin interferir con las que van entrando.

Para la banda C las frecuencias para transmitir en tierra son de 5925 a 6.425 GHz con una frecuencia central de 6.175 GHz y el satélite cambia la frecuencia bajándola a un rango entre 3.7 y 4.2 GHz Y para banda Ku se transmite entre 14 a

14.5 GHz con una frecuencia central de 14.25 GHz y baja entre 11.7 y 12.2 GHz, todo esto con un ancho de banda de 500 MHz

En la trayectoria de regreso hacia la tierra, la señal viaja un promedio de 36 000 Km y por lo tanto, su nivel de potencia al llegar a la antena de la estación receptora es sumamente bajo, es por eso que se entrega a un Amplificador de bajo ruido, este amplifica la señal si adjuntar más ruido.

La señal de salida del amplificador contiene toda la información radiada por el satélite en una banda de operación de 500MHz, el convertidor de bajada tiene como función transferir toda esa información de 500MHz a una región más baja del espectro, centrándola en una frecuencia intermedia de recepción.

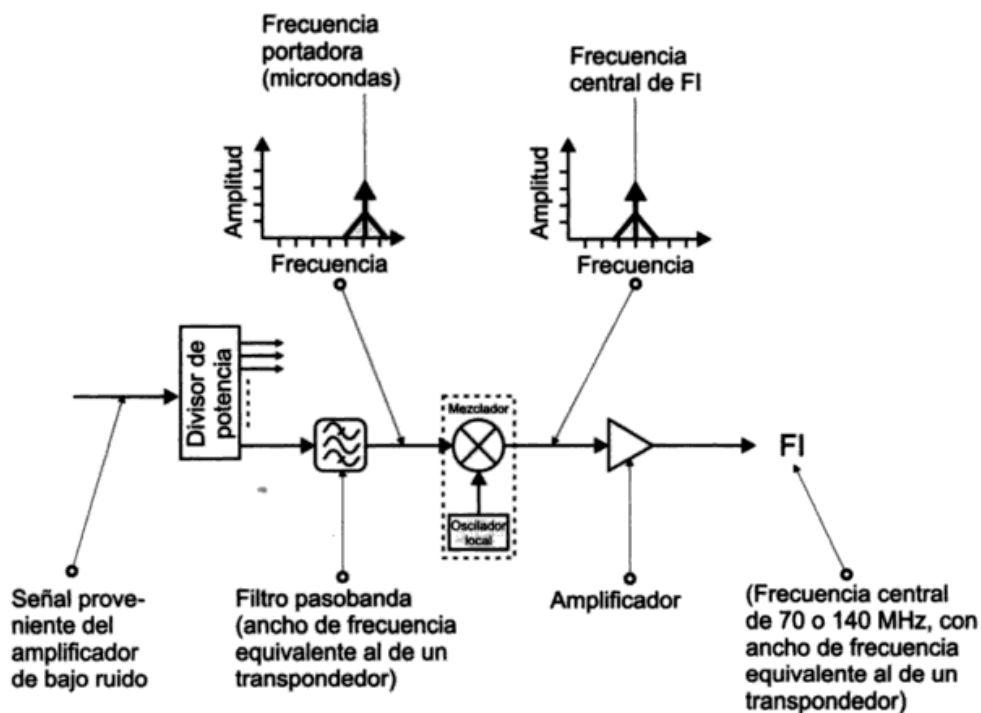


Fig.III.5. Conversión reductora de frecuencia.

La señal de frecuencia intermedia que sale del convertidor de reductor aun esta modulada y el paso siguiente es recuperarla en su forma original, es decir en banda base, para eso es necesario demodularla lo cual es trabajo del receptor, este también elige la señal específica a recibir. Entonces se entrega al usuario.

CONCLUSIONES

Las comunicaciones han evolucionado conforme el hombre ha desarrollado la necesidad de comunicarse, desde el habla hasta las comunicaciones a distancia o telecomunicaciones; desde la simple escritura hasta las comunicaciones satelitales.

Las comunicaciones por satélite han alcanzado una etapa muy interesante en su desarrollo. Tradicionalmente los satélites habían sido utilizados para brindar servicio de telecomunicaciones internacionales a través de grandes antenas de transmisión y de recepción conectadas a las redes nacionales de comunicaciones, sin embargo el avance en los descubrimientos de nuevas técnicas ha permitido que el servicio de comunicaciones por satélite pueda proporcionarse en forma regional y domestica.

Los mejores cambios que se han producido en las comunicaciones satelitales en contraste con sus inicios, son la reducción de los diámetros de las antenas de recepción en servicios tales como las comunicaciones móviles, marítimas, terrestres; así como los sistemas de redes de datos con antenas de aperturas muy pequeñas (VSAT).

Sin embargo para que el sistema de comunicaciones funciones requiere de un análisis previo que nos proporcione el gasto de potencia teórico del enlace entre dos estaciones terrenas: el cálculo de enlace; que es el procedimiento matemático que nos permitirá evaluar la calidad de la señal existente en un canal de comunicación vía satélite considerando los niveles de potencia en todo el sistema.

El cálculo de enlace vía satélite nos permite obtener los valores de potencia necesarios para comunicar dos estaciones terrenas tomando en cuenta las consideraciones físicas relacionadas con el viaje de la señal por el espacio libre, con el tratamiento que recibe por parte de los equipos y la ubicación geográfica de los puntos a comunicar.

En el aspecto del diseño de redes satelitales, el cálculo de enlace constituye la base matemática para el dimensionamiento de los equipos que se utilizan en las estaciones terrenas, pero en la operación, no es útil para determinar la cantidad de potencia necesaria para que la comunicación entre dos estaciones terrenas se realice con la calidad deseada, refiriéndose al caso de determinar la cantidad de potencia que se necesita para establecer un enlace cuando los equipos de las ET ya fueron seleccionados.

En todo sistema de comunicación la presencia de ruido es algo inevitable que genera una degradación de la señal útil. La relación de portadora ruido (C/N), se refiere a la diferencia existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia de ruido existente en el sistema y se utiliza como el indicador de la calidad de comunicación en el sistema de microondas vía satélite.

GLOSARIO

-A-

Ancho de Banda. Es la gama de frecuencia que ocupa una portadora con determinada velocidad y modulación.

Azimut. Longitud en grados que forma la prolongación en dirección del apuntamiento de la antena hacia el satélite y la prolongación del norte geográfico con respecto a la proyección perpendicular del satélite sobre el ecuador

ATP. Posición del atenuador en el satélite, que se refiere a la atenuación en decibeles que el atenuador disminuye a la potencia de la señal de la entrada del transpondedor, para determinar la calidad de la portadora, se toma como dato propio del satélite.

-B-

Banda de operación. Se refiere a la banda e radiofrecuencia en la que el satélite brinda el servicio de comunicación, como por ejemplo tenemos a la banda Ku (12-14 GHz), C (4-6 GHz) y L (1-2 GHz).

BER. (bit error rate). Se define como la cantidad de bits erróneos que podrían ocurrir en la detección de la información.

-C-

Color complementario. Matiz y ángulo de fase opuestos a los de su color primario. Los colores cian, magenta y amarillo son los complementarios de rojo, verde y azul respectivamente.

Colores primarios. Rojo, verde y azul.

Crominancia. Es la componente de la señal de vídeo que contiene las informaciones del color.

-D-

D.F.S._{satellite}. cantidad de flujo de energía de la señal por unidad de área que incide en la antena del satélite, necesaria para saturar el amplificador TWT del satélite, este es un dato de las especificaciones de fabricación del satélite. se obtiene en tablas.

-E-

Eb/No. Relación de la cantidad de energía contenida en un bit con respecto a la densidad de ruido a la recepción. Parámetro que indica la calidad de un modem a la recepción.

Elevación. Inclinação en grados entre el plano horizontal de referencia y la prolongación en dirección de apuntamiento de la antena hacia al satélite.

-F-

FEC. (forward error correction) se define como la razón de bits de información con respecto a la cantidad de bits transmitidos por corrección de errores.

Frecuencia de banda media. Es el valor de frecuencia intermedia a los 500 MHz disponible para uso en los cálculos del enlace del servicio fijo. Para nuestro sistema la frecuencia de banda media son 3.959 GHz a la bajada y 6.175 GHz a la subida.

Frecuencias ascendente y descendente. Son las frecuencias de transmisión y recepción desde la estación terrena transmisora, hacia el satélite y desde el satélite a la estación terrena receptora respectivamente, dada en MHz o GHz

-G-

G/T de la estación terrena. Relación de ganancia/temperatura del sistema, para la estación terrena de recepción. Es también conocida como la figura de mérito o factor de calidad de la estación terrena. Se obtiene de los manuales del fabricante.

G/T del satélite. Relación ganancia/temperatura del sistema de comunicaciones del satélite, este valor se toma de las tablas propias del diseño del satélite y varía dependiendo de la ubicación de la estación terrena transmisora ya que es una función directa de la ganancia de recepción de la antena del satélite.

Ganancia de la antena. Razón de energía eléctrica referida la dirección de la propagación. Como la ganancia de una antena está en función de la frecuencia de operación así como del parámetro de eficiencia, se dan las ganancias tanto a la transmisión como a la recepción.

-I-

IBO. (INPUT BACK-OFF). Cantidad de potencia en dBW que se le resta al transponder de su punto de saturación para operación en modo de multiportadoras (región lineal del transponder).

IRE. (*INSTITUTE RADIO ENGINEERS, O SEA INSTITUTO DE INGENIEROS DE RADIO, EN NORTEAMÉRICA*). El término se utiliza como unidad de medida de nivel de vídeo. En el sistema NTSC americano la referencia "0" IRE es el nivel de supresión, la punta de sincronismo está en -40 IRE y el blanco pico en 100 IRE. Así, un nivel de vídeo estándar de 1 voltio pico a pico es igual a 140 unidades IRE.

-L-

Luminancia. Llamada también brillo.

-M-

Margen de Enlace. Es el parámetro que nos indica la calidad total del enlace, que considera el nivel de potencia en el equipo receptor de acuerdo a una calidad esperada en la información recibida y la calidad de la información proporcionada por el enlace, en función de la potencia total de la portadora.

-O-

OBO. (OUTPUT BACK-OFF). Potencia en dBW que se le resta a La potencia de la portadora a la salida del transponder debido a la transmisión de portadoras múltiples para su operación en un punto optimo.

-P-

PIRE. (Potencia isotrópica radiada equivalente) Potencia equivalente a la radiada por una antena que emite en todas direcciones. Resulta de la potencia del transmisor y de la ganancia de la antena. La pire se expresa en dBW (decibelio/Patios). Su valor es un factor influyente en la calidad de la recepción.

-R-

ROLL-OFF. Factor de expansión de espectro debido a la respuesta de los filtros del transpondedor. Normalmente se toma un 14 % del ancho de banda de la portadora.

-S-

Satélite artificial. Los satélites artificiales son aquellos objetos puestos en órbita mediante la intervención humana, creados por el hombre; es un vehículo que puede o no contener tripulación, el cual es colocado en órbita alrededor de un astro, con el objetivo de adquirir información de éste y transmitirla.

-T-

Temperatura total del sistema. Temperatura en grados kelvin a la cual está operando el sistema antena-LNA y está dada por:

$$T_{SIS} = G_{ANTRX} - \frac{G}{T}$$

Transponder. Un transpondedor o transponder es un dispositivo utilizado en telecomunicaciones cuyo nombre viene de la fusión de las palabras inglesas *Transmitter* (Transmisor) y *Responder* (Contestador/Respondedor). Realiza la función de recepción, amplificación y reemisión en una banda distinta de una señal.

-V-

Velocidad de Información. Razón de bits por unidad de tiempo que son transmitidos como información.

***BIBLIOGRAFÍA
Y
MESOGRAFÍA***

- Louis E. Frenzel
PRINCIPLES OF ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEMS
McGraw - Hill. 2002
 - Gary M. Miller
MODERN ELECTRONIC COMMUNICATION
Prentice Hall 1993
 - Dennis Roddy John Coolen
ELECTRONIC COMMUNICATION
Prentice Hall
 - Rodolfo Neri Vela
SATÉLITES DE COMUNICACIONES
Ed. McGraw-Hill. 1989
 - Wayne Tomasi
SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRONICAS
Prentice Hall 2003
 - Bernard Grob
TELEVISION PRÁCTICA Y SISTEMAS DE VIDEO
Alfaomega. 1990
 - Francisco Ruiz Vassallo
TELEVISION EN COLOR
Ediciones Ceac. 1991
-
-

❖ **24/marzo/2008**

➤ *Murciélago*

<http://es.wikipedia.org/wiki/Chiroptera>

<http://www.solociencia.com/biologia/06031603.htm>

<http://www.ambiente-ecologico.com/067-02-2000/fanbolivia67.htm>

<http://www.ns.umich.edu/htdocs/releases/story.php?id=6410>

<http://wings.avkids.com/Libro/Animals/advanced/bats-01.html>

<http://www.anser.com.ar/radar.htm>

<http://www.lavozdegalicia.es/hemeroteca/2003/04/30/1644388.shtml>

<http://www.plataformasinc.es/index.php/esl/Actualidad-internacional/Revelan-los-fundamentos-del-vuelo-de-los-murcielagos>

<http://www.lagunasruidera.com/naturaleza/fauna/mamiferos/murcielago/MURCIELAGO.htm>

<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol20num3/articulos/murcielagos/index.html>

http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io5/public_html/murlaboratorio.htm

<http://www.lagunasruidera.com/naturaleza/fauna/mamiferos/murcielago/MURCIELAGO.html>

❖ **01/Abril/08**

➤ *Radar y Sonar*

<http://www.Radar2.com>

<http://www.sónaryradar;Ay,Cuba!.com>

<http://www.RADAR.com>

<http://www.windows.ucar.edu/ Cómo Funciona un Radar.html>

<http://www.misrespuestas.com/ Qué es un radar.htm>

[http://www.windows.ucar.edu/Historia del Radar.htm](http://www.windows.ucar.edu/Historia%20del%20Radar.htm)

<http://es.wikipedia.org/sonar>

<http://es.wikipedia.org/radar>

➤ **Satelites**

<http://axxon.com.ar/Hace48añosselanzabaelprimersatéliteartificial,eISputnik1>

<http://www.eduspace.com>

<http://www.topografiaglobal.com.ar/archivos/teoria/www.cienciasmisticas.com.ar>

[http://www.Historia De La Comunicación Historia.com](http://www.Historia%20De%20La%20Comunicación%20Historia.com)

<http://www.astrosurf.org/lombry/qs1-ham-history.htm>

<http://www.BrevehistoriadelasTelecomunicaciones.htm>

<http://www.lukor.com/laconquistadelcosmos>

<http://www.ciberhabitat.com/sistemasmorelos>

<http://www.telecom.org.mx/historia>

<http://www.historiadelossatelitesmexicanos.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Sat@lites_de_M@xico"](http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lites_de_M%C3%A9xico)

<http://www.satmex.com.mx/>

<http://lanic.utexas.edu/la/Mexico/telecom/cap2.html>

❖ **01/Mayo/2008**

➤ **Satélites mexicanos**

<http://www.ciberhabitat.gob.mx/medios/satelites/mexicanos/solidaridad.htm>

<http://www.ciberhabitat.gob.mx/medios/satelites/mexicanos/morelos.html>

<http://www.ciberhabitat.gob.mx/medios/satelites/mexicanos/satemex.htm>

http://www.e-comunicacionesytransportes.gob.mx/wb2/eMex/eMex_Satelites_Mexicanos_SATMEX - 2k -

<http://www.invenia.es/oai:ccdoc.iteso.mx:2999>

❖ **29/ Mayo/08**

➤ *Telecomunicaciones*

<http://es.wikipedia.org/wiki/Telecomunicaci%C3%B3n>

<http://www.geocities.com/txmetsb/que-es-telecomunicacion.htm>

<http://www.monografias.com/trabajos5/comusat/comusat.shtml>

❖ **21/Enero/2009**

http://www.upv.es/satelite/trabajos/sat_tv/83.htm

❖ **13/Febrero/2009**

➤ Tipos de estación terrena:

<http://www.monografias.com/trabajos5/comusat/comusat.shtml>

<http://www.cnc.gov.ar/ServSatelitales/estaciones/14.asp>

❖ **27 /Febrero/2009**

http://www.upv.es/satelite/trabajos/sat_tv/83.htm

❖ **2/ Marzo/2009**

http://www.geocities.com/fisica_que/Ondas_Electromag.html

<http://frc.co.cu/academia/pdf/capitulo5.pdf>

❖ **2/Abril/2009**

➤ Tvsat

<http://es.tech-faq.com/vsat.shtml>

http://es.wikipedia.org/wiki/Terminal_de_apertura_muy_peque%C3%B1a

➤ DBS

http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo8_99.00/DBSnow.html

❖ **1/Mayo/2009**

➤ Convertidor de subida

<http://servsat.com/productos/convertidores.html>

➤ HPA'S

http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.dudleylab.com/MCL-01.jpg&imgrefurl=http://www.dudleylab.com/surplus.html&usg=__FsOXSupK9Lwm7t6XbCsEWMW_Puo=&h=887&w=432&sz=250&hl=es&start=1&um=1&tbnid=F4Pbf1zehtp://www.ai-sat.eu/cpi-m-19.html

http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo5_b99.00/ESTACIONES.htm

➤ Antena

http://dgtve.sep.gob.mx/tve/serv_edusat/manuales/pdf/antena.pdf

http://www.bibliodgsca.unam.mx/tesis/tes11johc/sec_15.html

❖ **15/Junio/2009**

<http://www.satmex.com.mx/clientes/downloads/protocolo.PDF>

http://www.satmex.com.mx/tools/conv_coordenadas.php

http://es.geocities.com/a_abetesat/AcimutElevacion.html

❖ **08/Octubre/2009**

<http://www.kercentral.com/tecnologia/satelites-comunicacion.pdf>

❖ **04/Noviembre/2009**

<http://curso-completo-de-tv.com/lecciones/sincronismo-horizontal-y-vertical/>
