

Red de Comunicaciones Satelitales.

Luis Andreula.

INTRODUCCION.

La presente investigación tiene como finalidad la comprensión y el estudio de la Red de Comunicaciones Satelitales, en el mismo estudiaremos la historia de los satélites artificiales, los tipos de satélites según la misión que cumplan y su tipo de orbita.

Entendiendo por satélite como un repetidor radioeléctrico ubicado en el espacio, que recibe señales generadas en la tierra, las amplifica y las vuelve a enviar a la tierra, ya sea al mismo punto donde se origino la señal u otro punto distinto. La red satelital consiste de un transponder (dispositivo receptor transmisor), una estación basada en tierra que controlar su funcionamiento y una red de usuario, de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades para transmisión y recepción del tráfico de comunicaciones, a través del sistema de satélite.

Posteriormente analizaremos a fondo los satélites orbitales y geoestacionarios, los patrones orbitales, las orbitas geosincronas, el ángulo de elevación y el azimut.

Luego estudiaremos las clasificaciones orbitales, espaciamiento y asignaciones de frecuencia, los patrones de radiación y los modelos de enlace del sistema satelital.

Para finalizar estudiaremos los parámetros del sistema satelital, el sistema de comunicación Globalstar, las agencias espaciales, la industria aeroespacial y los países con capacidad de lanzamiento de satélites.

RED DE COMUNICACIONES SATELITAL.



Historia de los Satélites.

La primera representación ficticia conocida de un satélite artificial lanzado a una órbita alrededor de la Tierra aparece en un cuento de Edward Everett Hale, *The Brick Moon* ('la luna de ladrillos'). El cuento, publicado por entregas en *Atlantic Monthly*, se inició en 1869. El objeto del título se trataba de una ayuda para la navegación pero que por accidente fue lanzado con personas en su interior.

La idea reaparece en *Los quinientos millones de la Begún* (1879) de Julio Verne. En este libro, sin embargo, se trata de un resultado inintencionado del villano al construir una pieza de artillería gigante para destruir a sus enemigos, pero le imprime al proyectil una velocidad superior a la pretendida, lo que lo deja en órbita como un satélite artificial.

En 1903, el ruso Konstantín Tsiolkovski publicó *La exploración del espacio cósmico por medio de los motores de reacción*, que es el primer tratado académico sobre el uso de cohetes para lanzar naves espaciales. Calculó que la velocidad orbital requerida para una órbita mínima alrededor de la Tierra es aproximadamente 8 km/s y que se necesitaría un cohete de múltiples etapas que utilizase oxígeno líquido e hidrógeno líquido como combustible. Durante su vida, publicó más de 500 obras relacionadas con el viaje espacial, propulsores de múltiples etapas, estaciones espaciales, escotillas para salir de una nave en el espacio y un sistema biológico cerrado para proporcionar comida y oxígeno a las colonias espaciales. También profundizó en las teorías sobre máquinas voladoras más pesadas que el aire, trabajando de forma independiente en mucho de los cálculos que realizaban los hermanos Wright en ese momento.

En 1928, Herman Potočnik publicó su único libro, *Das Problem der Befahrung des Weltraums - der Raketen-motor* (El problema del viaje espacial - el motor de cohete), un plan para progresar hacia el espacio y mantener presencia humana permanente. Potočnik diseñó una estación espacial y calculó su órbita geoestacionaria. También describió el uso de naves orbitales

para observaciones pacíficas y militares y como se podrían utilizar las condiciones del espacio para realizar experimentos científicos. El libro describía satélites geoestacionarios y discutía sobre la comunicación entre ellos y la tierra utilizando la radio pero no sobre la idea de utilizarlos para comunicación en masa y como estaciones de telecomunicaciones.

En 1945, el escritor británico de ciencia ficción Arthur C. Clarke concibió la posibilidad para una serie de satélites de comunicaciones en su artículo en *Wireless World* Versión facsímil del artículo *Extra terrestrial relays* por Arthur C. Clarke. Clarke examinó la logística de un lanzamiento de satélite, las posibles órbitas y otros aspectos para la creación de una red de satélites, señalando los beneficios de la comunicación global de alta velocidad. También sugirió que tres satélites geoestacionarios proporcionarían la cobertura completa del planeta.

Los satélites artificiales.



Satélite ERS-2

Los satélites artificiales nacieron durante la guerra fría, entre los Estados Unidos y La Unión Soviética, que 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 poderosas del siglo XX. La realización de una nave satélite produciría una repercusión comparable con la explosión de la bomba atómica...».

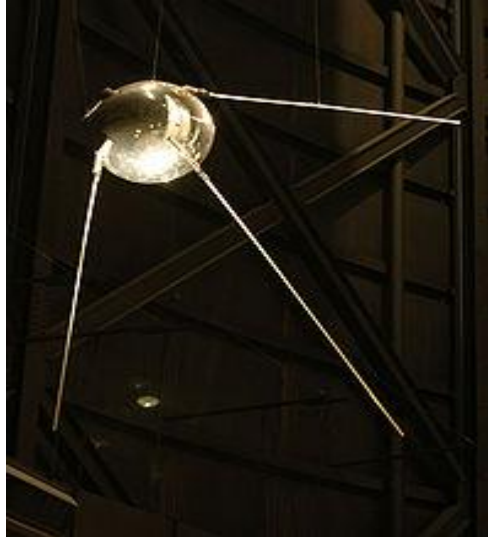
La era espacial comenzó en 1946, cuando los científicos comenzaron a utilizar los cohetes capturados V-2 alemanes para realizar mediciones de la atmósfera. Antes de ese momento, los científicos utilizaban globos que llegaban a los 30 km de altitud y ondas de radio para estudiar la ionosfera. Desde 1946 a 1952 se utilizó los cohetes V-2 y Aerobee para la investigación de la parte superior de la atmósfera, lo que permitía realizar mediciones de la presión, densidad y temperatura hasta una altitud de 200 km.

Estados Unidos había considerado lanzar satélites orbitales desde 1945 bajo la Oficina de Aeronáutica de la Armada. El Proyecto RAND de la Fuerza Aérea presentó su informe pero no se creía que el satélite fuese una potencial arma militar, sino más bien una herramienta científica, política y de propaganda. En 1954, el Secretario de Defensa afirmó: «No conozco ningún programa estadounidense de satélites».

Tras la presión de la Sociedad Americana del Cohete (ARS), la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF) y el Año Geofísico Internacional, el interés militar aumentó y a comienzos de 1955 la Fuerza Aérea y la Armada estaban trabajando en el Proyecto Orbiter, que evolucionaría para utilizar un cohete Júpiter-C en el lanzamiento de un satélite denominado Explorer 1 el 31 de enero de 1958.

El 29 de julio de 1955, la Casa Blanca anunció que los Estados Unidos intentarían lanzar satélites a partir de la primavera de 1958. Esto se convirtió en el Proyecto Vanguard. El 31 de julio, los soviéticos anunciaron que tenían intención de lanzar un satélite en el otoño de 1957.

Los Rusos y su Legado que cambio al mundo.



Satélite ruso Sputnik 1.

La Unión Soviética, desde el Cosmódromo de Baikonur, lanzó el primer satélite artificial de la humanidad, el día 4 de octubre de 1957; marcando con ello un antes y después de la carrera espacial, logrando que la Unión Soviética, liderada por Rusia, se adelantara a Estados Unidos en dicha carrera. Este programa fue llamado Sputnik, el cual al momento de colocarse exitosamente en órbita, emitió unas señales radiales en forma de pitidos, demostrando el éxito alcanzado por los científicos soviéticos. Este programa fue seguido por otros logros rusos, como los programas Sputnik 2 y 3. Cabe señalar que en el **Sputnik 2**, la Unión Soviética logró colocar en órbita el primer animal en la historia, la perra llamada Laika. Con el Sputnik, la Unión Soviética, sin querer, provocó una sicosis colectiva en los Estados Unidos, debido al temor provocado en la población estadounidense ante el gran adelanto tecnológico desarrollado por los soviéticos.

En 1960 se lanzó el primer satélite de comunicaciones: el Echo I era un satélite pasivo que no estaba equipado con un sistema bidireccional sino que

funcionaba como un reflector. En 1962 se lanzó el primer satélite de comunicaciones activos, el Telstar I, creando el primer enlace televisivo internacional.

La SSN (Red de Vigilancia Espacial) ha estado rastreando los objetos espaciales desde 1957, tras el lanzamiento del Sputnik I. Desde entonces, la SSN ha registrado más de 26.000 objetos orbitando sobre la Tierra y mantiene su rastreo sobre unos 8.000 objetos de fabricación humana. El resto entran de nuevo en la atmósfera donde se desintegran o si resisten, impactan con la Tierra. Los objetos pueden pesar desde varias toneladas, como etapas de cohetes, hasta sólo unos kilogramos. Aproximadamente el 7% de los objetos espaciales (unos 560 satélites) están en funcionamiento, mientras que el resto son chatarra espacial.

Tipos de satélites artificiales.

Se pueden clasificar los satélites artificiales utilizando dos de sus características: su misión y su órbita.

Satélites (por tipo de misión)

Armas anti satélite, también denominados como satélites asesinos, son satélites diseñados para destruir satélites enemigos, otras armas orbitales y objetivos. Algunos están armados con proyectiles cinéticos, mientras que otros usan armas de energía o partículas para destruir satélites, misiles balísticos o MIRV.

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. Suelen utilizar órbitas geosíncronas, órbitas de Molniya u órbitas bajas terrestres.

Satélites miniaturizados, también denominados como minisatélites, microsátélites, nanosatélites o picosatélites, son característicos por sus dimensiones y pesos reducidos.

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. La mayoría de los gobiernos mantienen la información de sus satélites como secreta.

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.

Es posible clasificarlos por tipos de órbitas satelitales GEO Órbita Geoestacionaria, esto significa que rota igual que la tierra a una altura de 36,000 km sobre el ecuador, por lo tanto tiene un periodo orbital de 24 horas y

muestra un retardo entre 700 y 800 milisegundo, este tipo de satélites son utilizados para brindar servicios de voz, datos e Internet a empresas privadas y de gobiernos, está enfocada a localidades donde no llegan otro tipo de tecnologías y con el objetivo de cubrir necesidades de comunicación, es empleado en escuelas públicas y negocios rurales. MEO Es de órbita mediana rota de 10.000 a 20.000 km y tiene un periodo orbital de 10 a 14 horas, este es utilizado por empresas celulares con la llamada tecnología GPS. LEO Son satélites de órbita baja están a una altura de 700 a 1400 km y tienen un periodo orbital de 80 a 150 minutos.

Tipos de satélite (por tipo de órbita)

Clasificación por centro

Órbita galactocéntrica: órbita alrededor del centro de una galaxia. El Sol terrestre sigue éste tipo de órbita alrededor del centro galáctico 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 areocéntrica: una órbita alrededor de Marte.

Clasificación por altitud

Órbita baja terrestre (LEO): una órbita geocéntrica a una altitud de 0 a 2.000 km.

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 35.786 km; también conocida como órbita muy excéntrica u órbita muy elíptica.

Clasificación por 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.

Clasificación por excentricidad.

Órbita circular: una órbita cuya excentricidad es cero y su trayectoria es un círculo.

Órbita de transferencia de Hohmann: una maniobra orbital que traslada a una nave desde una órbita circular a otra.

Órbita elíptica: una órbita cuya excentricidad es mayor que cero pero menor que uno y su trayectoria tiene forma de elipse.

Órbita de transferencia geosíncrona: una órbita elíptica cuyo perigeo es la altitud de una órbita baja terrestre y su apogeo es la de una órbita geosíncrona.

Órbita de transferencia geoestacionaria: una órbita elíptica cuyo perigeo es la altitud de una órbita baja terrestre y su apogeo es la de una órbita geoestacionaria.

Órbita de Molniya: una órbita muy excéntrica con una inclinación de $63,4^\circ$ y un período orbital igual a la mitad de un día sideral (unas doce horas).

Órbita tundra: una órbita muy excéntrica con una inclinación de $63,4^\circ$ y un período orbital igual a un día sideral (unas 24 horas).

Órbita hiperbólica: una órbita cuya excentricidad es mayor que uno. En tales órbitas, la nave escapa de la atracción gravitacional y continua su vuelo indefinidamente.

Órbita parabólica: una órbita cuya excentricidad es igual a uno. En estas órbitas, la velocidad es igual a la velocidad de escape.

Órbita de escape: una órbita parabólica de velocidad alta donde el objeto se aleja del planeta.

Órbita de captura: una órbita parabólica de velocidad alta donde el objeto se acerca del planeta.

Clasificación por 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.

Órbita semisíncrona: una órbita a una altitud de 12.544 km aproximadamente y un periodo orbital de unas 12 horas.

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 areosíncrona: una órbita síncrona alrededor del planeta Marte con un periodo orbital igual al día sideral de Marte, 24,6229 horas.

Órbita areoestacionaria: una órbita areosíncrona circular sobre el plano ecuatorial a unos 17.000 km de altitud. Similar a la órbita geoestacionaria pero en Marte.

Órbita heliosíncrona: una órbita heliocéntrica sobre el Sol donde el periodo orbital del satélite es igual al periodo de rotación del Sol. Se sitúa a aproximadamente 0,1628 UA.

Otras órbitas.

Órbita de herradura: una órbita en la que un observador parecer ver que órbita sobre un planeta pero en realidad coorbita con el planeta. Un ejemplo es el asteroide (3753) Cruithne.

Punto de Lagrange: los satélites también pueden orbitar sobre estas posiciones.

Clasificación de los satélites según su peso .

Los satélites artificiales también pueden ser catalogados o agrupados según el peso o masa de los mismos.

Grandes satélites: cuyo peso sea mayor a 1000 kg

Satélites medianos: cuyo peso sea entre 500 y 1000 kg

Mini satélites: cuyo peso sea entre 100 y 500 kg

Micro satélites: cuyo peso sea entre 10 y 100 kg

Nano satélites: cuyo peso sea entre 1 y 10 kg

Pico satélite: cuyo peso sea entre 0,1 y 1 kg

Femto satélite: cuyo peso sea menor a 100 g

REDES SATELITALES.

Un satélite puede definirse como un repetidor radioeléctrico ubicado en el espacio, que recibe señales generadas en la tierra, las amplifica y las vuelve a enviar a la tierra, ya sea al mismo punto donde se origino la señal u otro punto distinto.

Una red satelital consiste de un transponder (dispositivo receptor-transmisor), una estación basada en tierra que controlar su funcionamiento y una red de usuario, de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades para transmisión y recepción del tráfico de comunicaciones, a través del sistema de satélite.

CARACTERISTICAS DE LAS REDES SATELITALES

Las transmisiones son realizadas a altas velocidades en Giga Hertz.

Son muy costosas, por lo que su uso se ve limitado a grandes empresas y países.

Rompen las distancias y el tiempo.

ELEMENTOS DE LAS REDES SATELITALES.

Transponders: Es un dispositivo que realiza la función de recepción y transmisión. Las señales recibidas son amplificadas antes de ser retransmitidas a la tierra. Para evitar interferencias les cambia la frecuencia.

Estaciones terrenas: Las estaciones terrenas controlan la recepción con el satélite y desde el satélite, regula la interconexión entre terminales, administra los canales de salida, codifica los datos y controla la velocidad de transferencia.

Consta de 3 componentes:

Estación receptora: Recibe toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.

Antena: Debe captar la radiación del satélite y concentrarla en un foco donde esta ubicado el alimentador. Una antena de calidad debe ignorar las interferencias y los ruidos en la mayor medida posible. Estos satélites están equipados con antenas receptoras y con antenas transmisoras. Por medio de ajustes en los patrones de radiación de las antenas pueden generarse cubrimientos globales, cubrimiento a solo un país (satélites domésticos), o conmutar entre una gran variedad de direcciones.

Estación emisora: Esta compuesta por el transmisor y la antena de emisión. La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. Esta señal debe ser captada por la antena receptora. Para cubrir el trayecto ascendente envía la información al satélite con la modulación y portadora adecuada.

Como medio de transmisión físico se utilizan medios no guiados, principalmente el aire. Se utilizan señales de microondas para la transmisión por satélite, estas son unidireccionales, sensibles a la atenuación producida por la lluvia, pueden ser de baja o de alta frecuencia y se ubican en el orden de los 100 MHz hasta los 10 GHz.

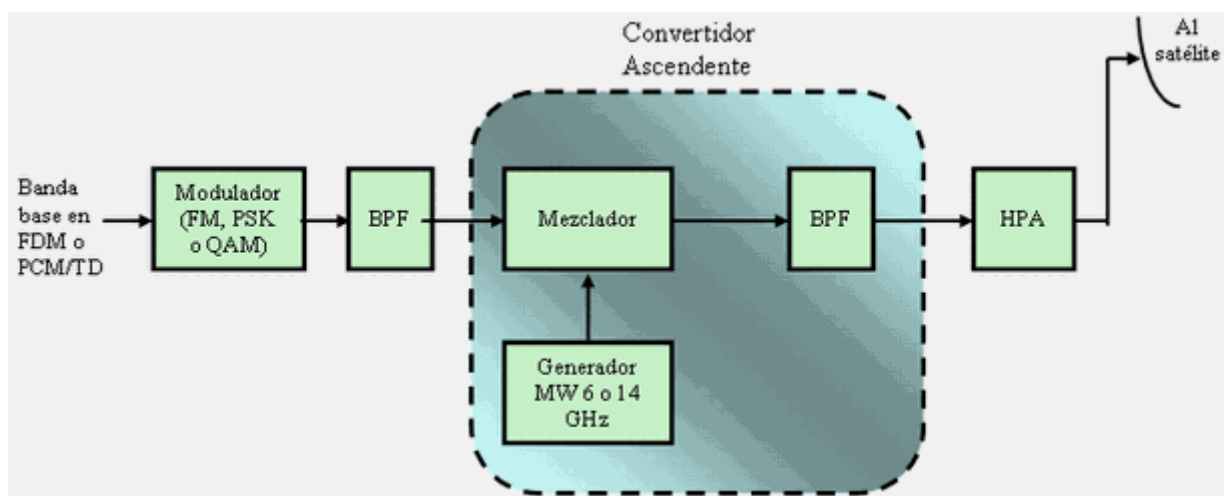
Modelos de enlace del sistema satelital

Esencialmente, un sistema satelital consiste de tres secciones básicas: una subida, un transponder satelital y una bajada.

- Modelo de subida.

El principal componente dentro de la sección de subida, de un sistema satelital, es el transmisor de la estación terrena. Un típico transmisor de la estación terrena consiste de un modulador de IF, un convertidor de microondas de IF a RF, un amplificador de alta potencia (HPA) y algún medio para limitar la banda del espectro de salida (un filtro pasa-banda de salida).

El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada de FM, en PSK o en QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-banda) convierte la IF a una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transponder del satélite. Los HPA comúnmente usados son klystrons y tubos de onda progresiva.



Modelo de subida del satélite.

- Transponder

Un típico 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 transponder es un repetidor de RF a RF. Otras configuraciones de transponder son los repetidores de IF, y de banda base, semejantes a los utilizados en los repetidores de microondas.

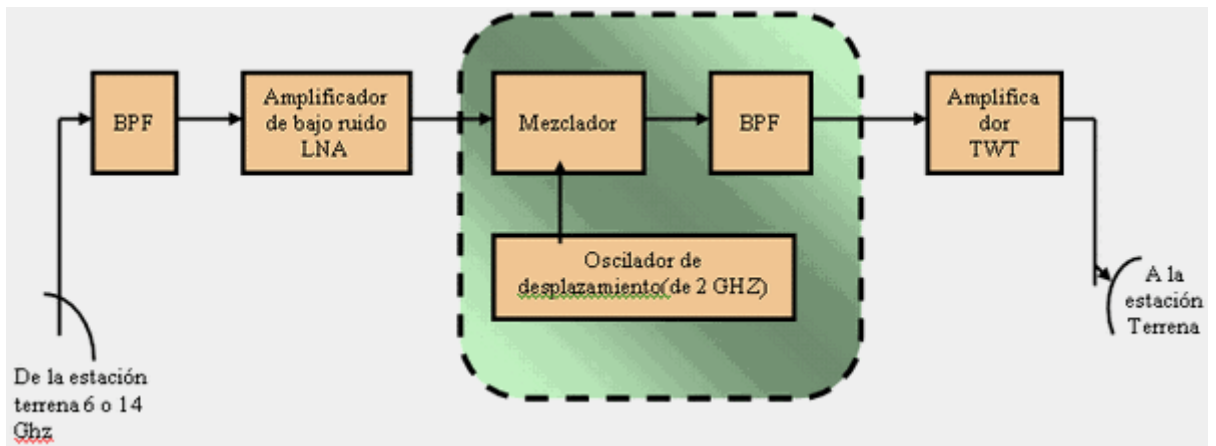
El BPF de entrada limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA (un dispositivo normalmente utilizado como LNA, es un diodo túnel).

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.

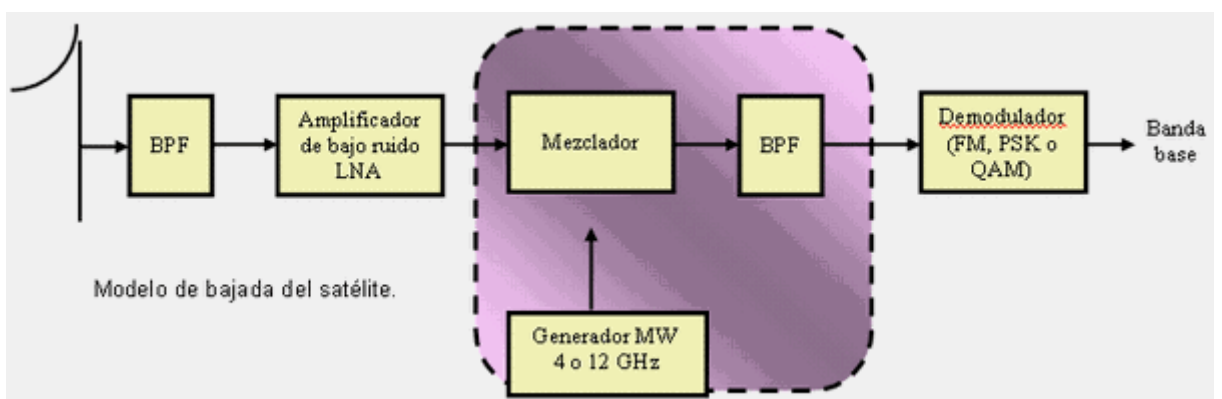
La potencia que pueden generar los SSP, tiene un máximo de alrededor de los 50 Watts, mientras que los TWT pueden alcanzar potencias del orden de los 200 Watts.



Transponder del satélite.

- **Modelo de bajada**

Un receptor de estación terrena incluye un BPF de entrada, un LNA y un convertidor de RF a IF. El BPF limita la potencia del ruido de entrada al LNA. El LNA es un dispositivo altamente sensible, con poco ruido, tal como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor de RF a IF es una combinación de filtro mezclador/pasa-bandas que convierte la señal de RF a una frecuencia de IF.



- **Satélites orbitales.**

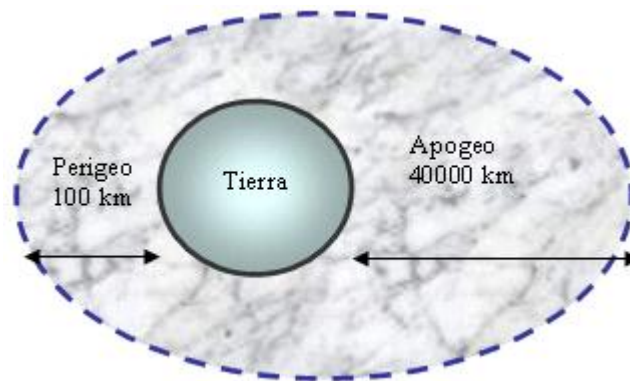
Los satélites orbitales o también llamados no síncronos, giran alrededor de la Tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud. Si el satélite está girando en la misma dirección que la rotación de la Tierra y a una velocidad angular superior que la de la Tierra, la órbita se llama órbita progrado. Si el satélite está girando en la dirección opuesta a la rotación de la Tierra, o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la Tierra, la órbita se llama órbita retrograda.

De esta manera, los satélites no síncronos esta alejándose continuamente o cayendo a tierra y no permanecen estacionarios en relación a ningún punto en particular de la Tierra. Por lo tanto los satélites no síncronos se tiene que usar cuando están disponibles, lo cual puede ser un corto periodo de tiempo, como 15 minutos por órbita.

Otra desventaja de los satélites orbitales es la necesidad de equipo complicado y costoso para rastreo en las estaciones terrestres. Cada estación terrestre debe localizar el satélite conforme esta disponible en cada órbita y después unir sus antenas al satélite y localizarlo cuando pasa por arriba. Una gran ventaja de los satélites orbitales es que los motores de propulsión no se requieren a bordo de los satélites para mantenerlos en sus órbitas respectivas.

Otros parámetros característicos de los satélites orbitales, son el apogeo y perigeo. El apogeo es la distancia más lejana, de la Tierra, que un satélite orbital alcanza, el perigeo es la distancia mínima; la línea colateral, es la línea que une al perigeo con el apogeo, en el centro de la Tierra.

Se observa en la imagen a continuación, que la órbita del satélite la cual es altamente elíptica, con un apogeo de aproximadamente 40000 km y un perigeo de aproximadamente 1000 km.



- **Satélites geoestacionarios.**

Los satélites geoestacionarios o geosincronos son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la Tierra. Por lo tanto permanecen en una posición fija con respecto a un punto específico en la Tierra. Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la Tierra, dentro de su sombra, el 100% de las veces.

La sombra de un satélite incluye a todas las estaciones de la Tierra que tienen un camino visible a él y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja obvia es que a bordo, requieren de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en una órbita. El tiempo de órbita de un satélite geosincrono es de 24 h, igual que la Tierra.

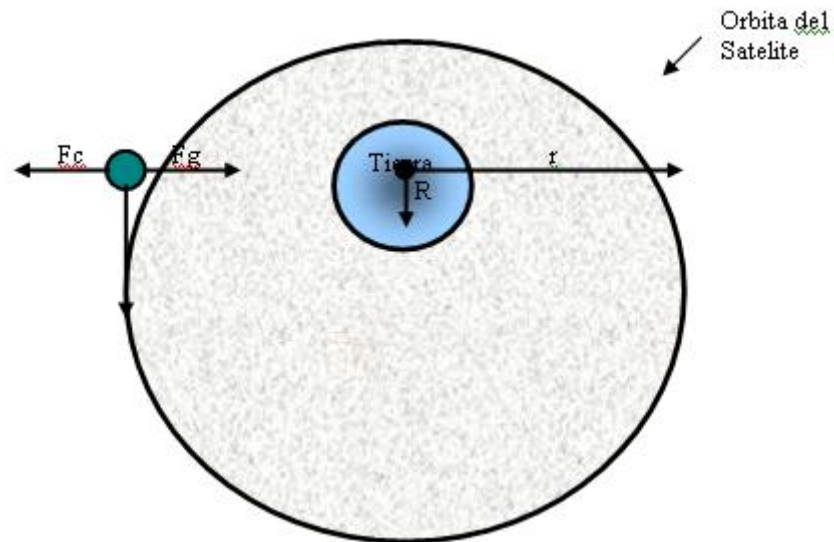
- **Parámetros típicos de la órbita geoestacionaria.**

Es posible calcular algunos parámetros típicos de la órbita geoestacionaria, tales como la altura del satélite, o la velocidad del mismo, partiendo de las leyes básicas de la Física.

Como es sabido un satélite geoestacionario tiene un periodo de rotación igual al de la Tierra, por lo tanto deberemos saber con exactitud dicho periodo de rotación. Para ello se considera el día sidereo, que es el tiempo de rotación

de la Tierra medido con respecto a una estrella lejana y que difiere del día solar o medido con respecto al sol.

La duración de este día sidereo es de 23h 56 min. 4.1seg, y es el tiempo que se utiliza para los cálculos.

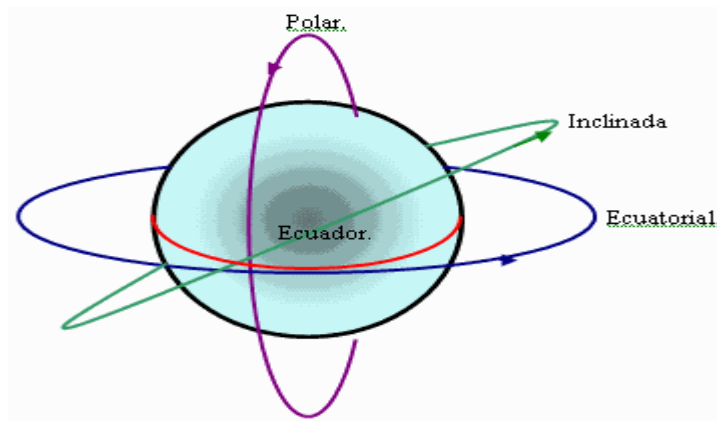


Fuerzas sobre el Satélite.

Existen tres trayectos que un satélite puede tomar, conforme gira alrededor de la Tierra:

1. Cuando el satélite gira en una órbita arriba del ecuador, se llama órbita ecuatorial.
2. Cuando el satélite gira en una órbita que lo lleva arriba de los polos norte y sur, se llama órbita polar.
3. Cualquier otro trayecto orbital se llama órbita inclinada.

Un nodo ascendente, es el punto en donde la órbita cruza el plano ecuatorial de sur a norte; un nodo descendente, es el punto donde la órbita cruza el plano ecuatorial de norte a sur. La línea que une a los nodos ascendentes y descendentes por el centro de la Tierra, se llama línea de nodos.



Órbitas del satélite.

LATITUD-LONGITUD.

Como primera medida para describir el paso de un satélite en órbita, se debe designar un punto de observación o un punto de referencia. Este punto podrá tratarse de un lugar distante, tal como una estrella, o un punto en la superficie de la tierra, o también el centro de la Tierra, que a su vez es el centro de gravedad del cuerpo principal.

En caso de tomar como lugar de observación un punto en la superficie de la Tierra, deberemos estar en condiciones de localizar dicho punto mediante algún método.

Este método de localización es a través del meridiano. Estas líneas conforman un cuadrículado sobre la superficie de la Tierra. Las líneas verticales se denominan Longitud y las líneas horizontales se denominan Latitud.

Las líneas de Longitud se extienden desde el Polo Norte al Polo Sur, es decir que son círculos iguales al contorno de la Tierra que se interceptan en los polos. Se ha definido por convención, como primer meridiano o Longitud cero grados, al meridiano que pasa por la ciudad de Greenwich, tomando el nombre de dicha ciudad.

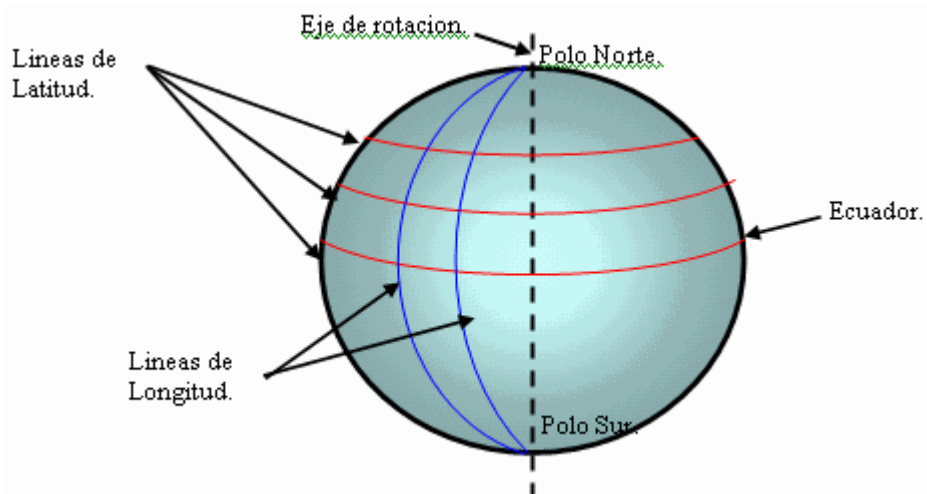
En total son 360 líneas, lo que equivale a 18 círculos completos. De esta manera se componen los 360 grados de Longitud, partiendo desde la línea de Longitud 00 hacia el Este.

Las líneas de Latitud están conformadas por 180 círculos paralelos y horizontales, siendo el círculo mayor el ubicado en la línea del Ecuador denominada Latitud cero grados.

De esta forma existen 90 hacia el hemisferio Norte, denominados Latitud Positiva y 90 hacia el hemisferio Sur, denominados Latitud Negativa.

Por lo tanto mediante la intersección de las coordenadas de Latitud y Longitud podremos localizar un punto que este sobre la superficie de la Tierra.

En cuanto a un satélite, este se encuentra en el espacio, y su posición puede ser estimada con una Latitud, una Longitud y una altura. Dicha altura estará referida a un punto sobre la Tierra que es la intersección de la recta que une al satélite con el centro de la Tierra y la superficie terrestre.



Líneas de Latitud y Longitud

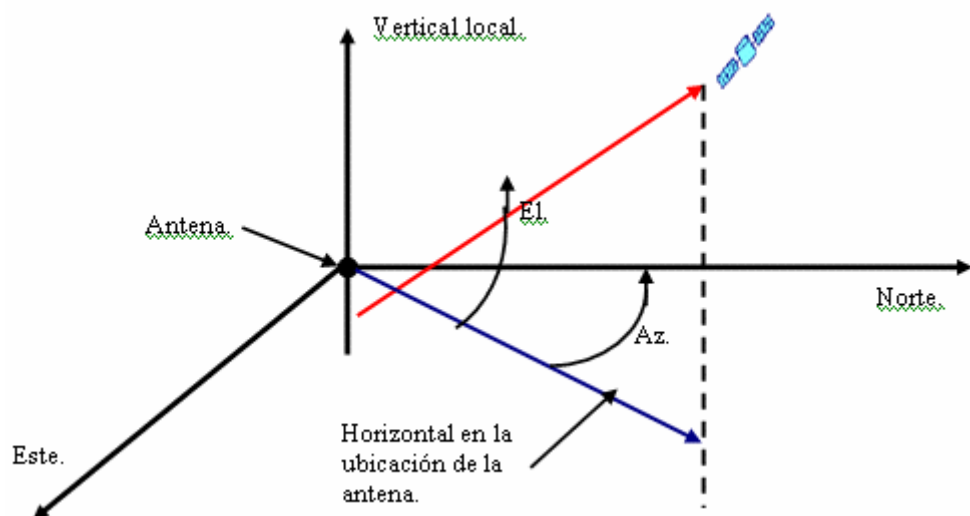
ANGULOS DE VISTA.

Para orientar una antena desde una estación terrena hacia un satélite, es necesario conocer el ángulo de elevación y azimut. Estos se llaman ángulos de vista.

Angulo de elevación

El ángulo de elevación es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena entre el satélite y la horizontal. Entre más pequeño sea el ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada debe pasar por la atmósfera de la Tierra. Como cualquier onda propagada a través de la atmósfera de la Tierra, sufre absorción y, también, puede contaminarse severamente por el ruido.

De esta forma, si el ángulo de elevación es demasiado pequeño y la distancia de la onda que esta dentro de la atmósfera de la Tierra es demasiado larga, la onda puede deteriorarse hasta el grado que proporcione una transmisión inadecuada. Generalmente, 5° es considerado como el mínimo ángulo de elevación aceptable.



Azimut

Azimut se define como el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Se toma como referencia el Norte como cero grados, y si continuamos girando en el sentido de las agujas del reloj, hacia el Este, llegaremos a los 90° de Azimut.

Hacia el Sur tendremos los 180° de Azimut, hacia el Oeste los 270° y por ultimo llegaremos al punto inicial donde los 360° coinciden con los 0° del Norte.

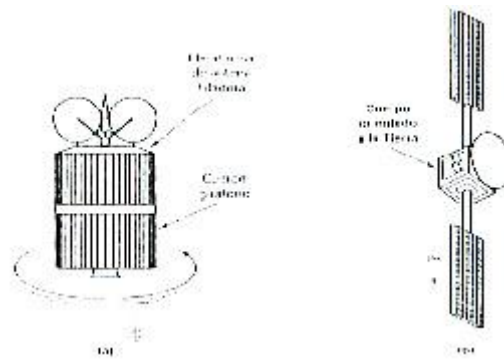
El ángulo de elevación y el azimut, dependen ambos, de la latitud de la estación terrena, así como el satélite en órbita.

CLASIFICACIONES ORBITALES, ESPACIAMIENTO Y ASIGNACIONES DE FRECUENCIA.

Hay dos clasificaciones principales para los satélites de comunicaciones: hiladores (spinners) y satélites estabilizadores de tres ejes.

Los satélites spinners, utilizan el movimiento angular de su cuerpo giratorio para proporcionar una estabilidad de giro.

Con un estabilizador de tres ejes, el cuerpo permanece fijo en relación a la superficie de la Tierra, mientras que el subsistema interno proporciona una estabilización de giro.



Clases de satélites: (a) hilador; (b) tres ejes estabilizados.

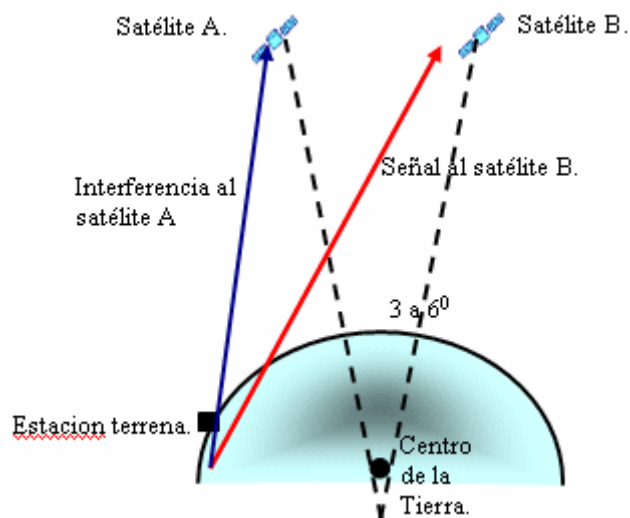
Los satélites geosíncronos deben compartir un espacio y espectro de frecuencia limitados, dentro de un arco específico en una órbita geoestacionaria. A cada satélite de comunicación se asigna una longitud en el arco geoestacionario, aproximadamente a 36000 km, arriba del ecuador. La posición en la ranura depende de la banda de frecuencia de comunicación utilizada. Los satélites trabajando, en casi la misma frecuencia, deben estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro. Hay un límite realista del número de estructuras satelitales que pueden estar estacionadas, en un área específica del espacio.

La separación espacial requerida depende de las siguientes variables:

1. Ancho de haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite.
2. Frecuencia de la portadora de RF.
3. Técnica de codificación o de modulación usada.
4. Límites aceptables de interferencia.
5. Potencia de la portadora de transmisión.

Generalmente se requieren 3 a 6° de separación espacial dependiendo de las variables establecidas anteriormente.

Las frecuencias de portadora, más comunes, usadas para las comunicaciones por satélite, son las bandas 6/4 y 14/12 GHz. El primer número es la frecuencia de subida (ascendente) (estación terrena a transponder) y el segundo número es la frecuencia de bajada (descendente) (transponder a estación terrena). Entre más alta sea la frecuencia de la portadora, más pequeño es el diámetro requerido de la antena para una ganancia específica.



Separación espacial de satélites en una órbita geosíncrona.

La mayoría de los satélites domésticos utilizan la banda de 6/4 GHz, esta banda también se usa extensamente para los sistemas de microondas terrestres, por lo que se debe tener cuidado cuando se diseña una red satelital para evitar interferencias con los enlaces de microondas establecidas. Ciertas posiciones en la órbita geosíncrona tienen más demanda que otras.

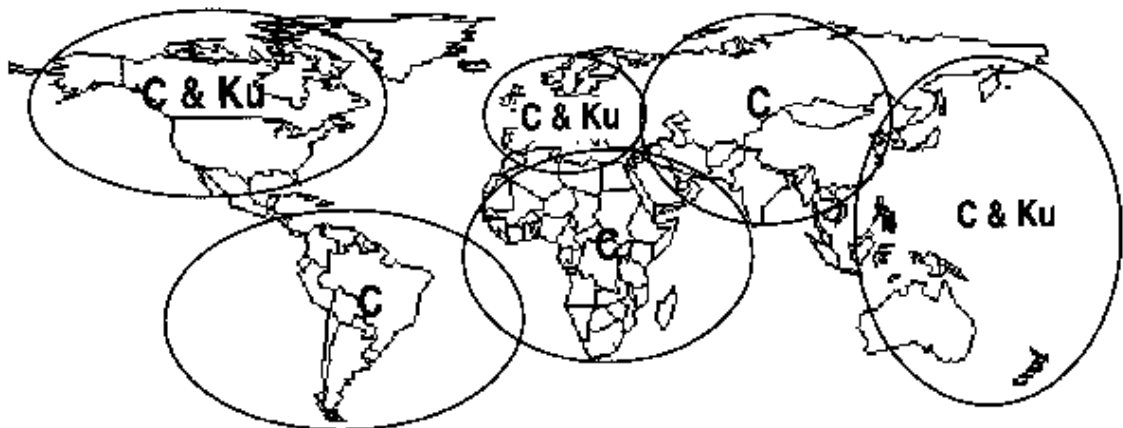
Bandas de frecuencia asignadas

Banda	Rango	Ancho de banda	Sub banda	Servicio
VHF	30-300 MHz	500 MHz		
UHF	0,3 a 3 GHz	500 MHz	L(1,5 GHz) S(2 GHz)	BSS – DAB- MSS
SHF	3 a 30 GHz	500 MHz	C(6/4 GHz)	FSS
		500 MHz	X (8/7 GHz)	Com. Militares
		500 MHz	Ku(14/12 GHz)	FSS
		500 MHz	Ku(17/12 GHz)	BSS
		3.500 MHz	Ka(30/20 GHz)	FSS
		3.000 MHz	Q/V(50/40(GHz)	FSS

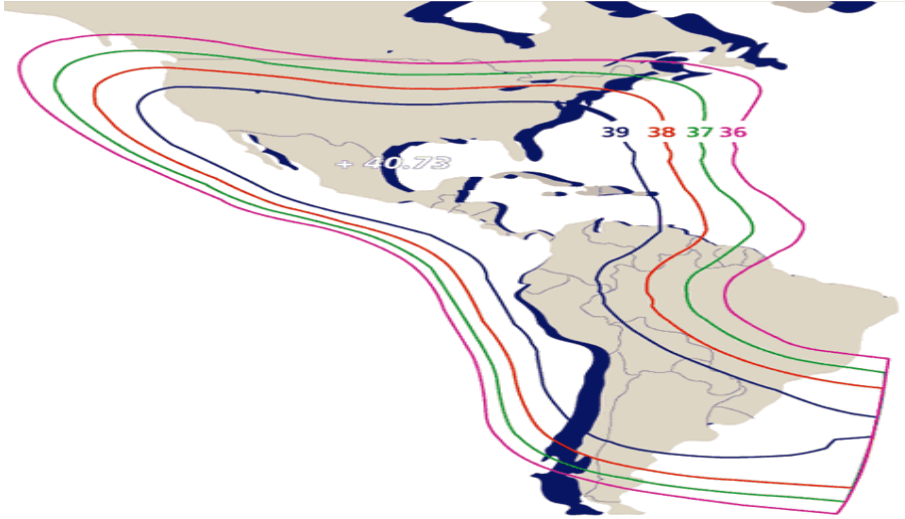
Resumen de frecuencias asignadas en región 2

PATRONES DE RADIACION (HUELLAS).

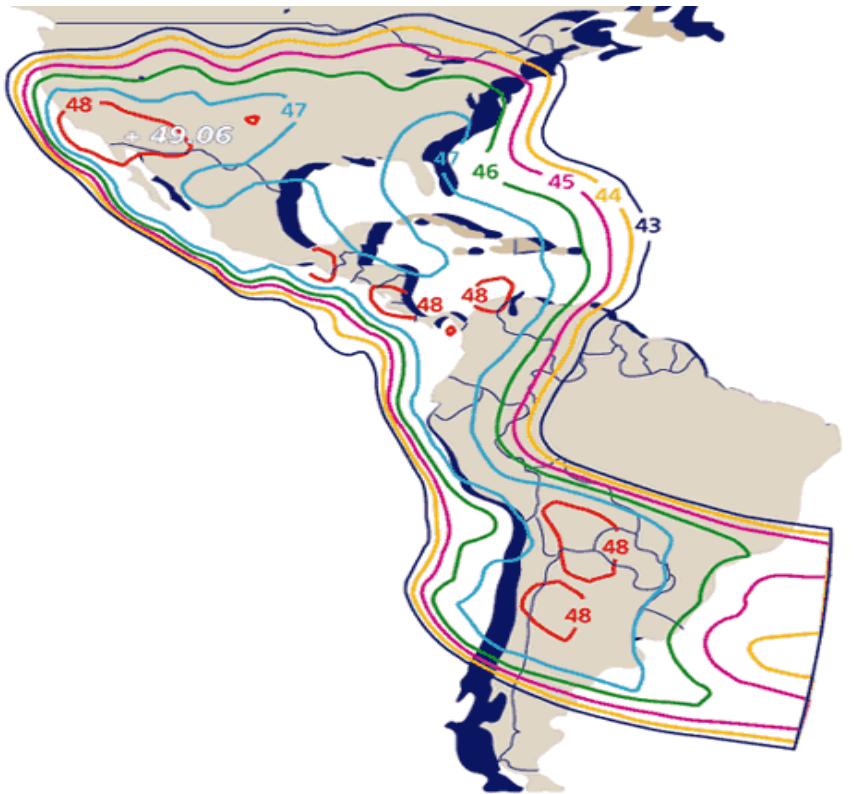
El área de la Tierra cubierta por un satélite depende de la ubicación del satélite en su órbita geosíncrona, su frecuencia de portadora y la ganancia de sus antenas. Los ingenieros satelitales seleccionan la frecuencia de la portadora y la antena para un satélite, en particular, para concentrar la potencia transmitida limitada en un área específica de la superficie de la Tierra



División del mundo para la UIT



Huellas del satélite Satmex5 para la banda C



Huellas para el satélite Satmex 5 para la banda Ku

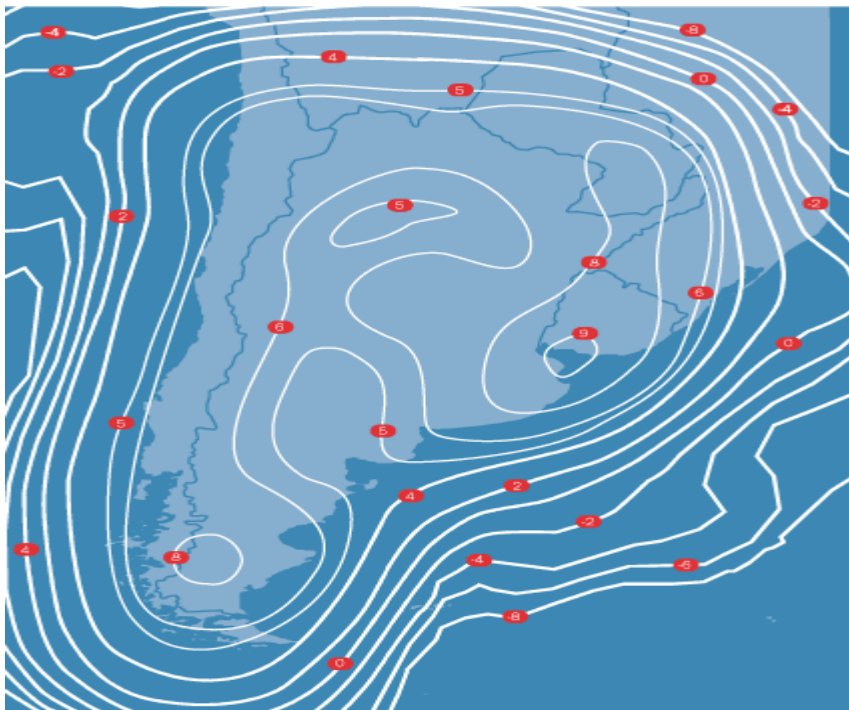
Un mismo satélite posibilita varios valores de huella de PIRE para una misma zona.

Los haces globales, por lo general, se obtienen con antenas de corneta (piramidales o cónicas) con ganancia relativamente pequeña, logran polarización lineal o circular

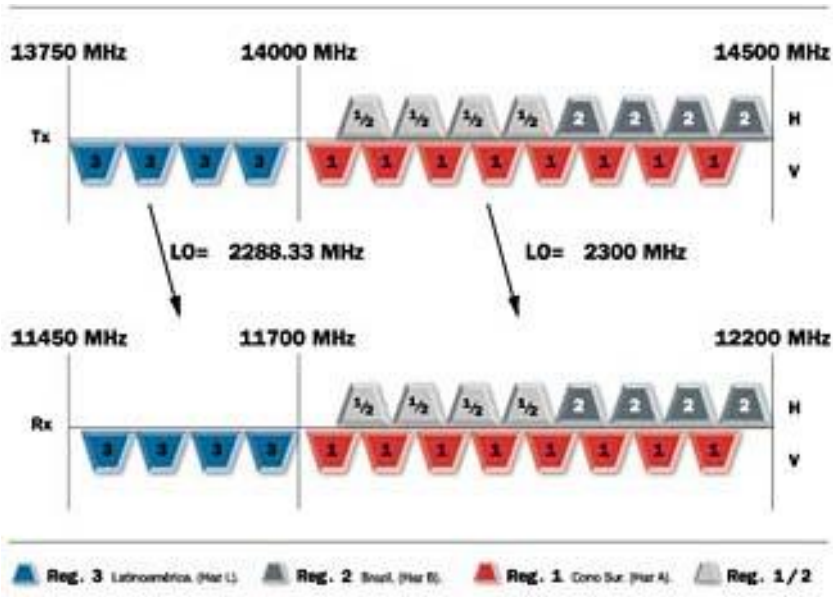
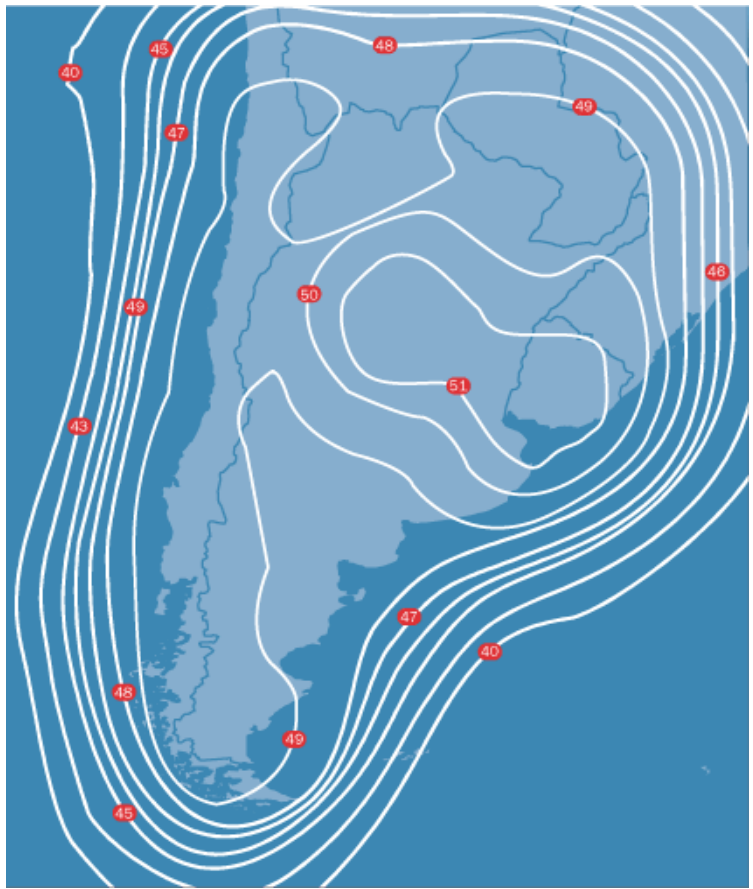
Los haces hemisféricos se logran con platos parabólicos pequeños. Los haces puntuales requieren de platos parabólicos grandes (Alta ganancia y gran longitud de onda)

Para obtener huellas circulares o elípticas la corneta (alimentadora) debe iluminar al reflector.

Huellas irregulares (Arreglo de cornetas cercanas al foco geométrico)



Huella de G/T banda Ku del satélite Nahuelsat Región 1



Huella de PIRE del satélite NahuelSAT banda Ku Región 1

Reutilizar.

Cuando se llena una banda de frecuencia asignada, se puede lograr la capacidad adicional para *reutilizar* el espectro de la frecuencia. Incrementando el tamaño de una antena (por ejemplo, incrementando la ganancia de la antena), el ancho del haz de la antena también se reduce. Por lo tanto, diferentes rayos de la misma frecuencia pueden ser dirigidos a diferentes áreas geográficas de la Tierra. Esto se llama reutilizar la frecuencia. Otro método para reutilizar la frecuencia es usar la polarización dual. Diferentes señales de información se pueden transmitir a diferentes receptores de estaciones terrestres usando la misma banda de frecuencias, simplemente orientando sus polarizaciones electromagnéticas de una manera ortogonal (90 grados fuera de fase). La polarización dual es menos efectiva debido a que la atmósfera de la Tierra tiene una tendencia a reorientar o repolarizar una onda electromagnética conforme pasa. Reutilizar es, simplemente, otra manera de incrementar la capacidad de un ancho de banda limitado.

FUNCIONAMIENTO BASICO DE UN SATELITE.

Un satélite puede dividirse en dos partes fundamentales para su operación: el conjunto de equipos y antenas que procesan las señales de comunicación de los usuarios como función substancial, denominado carga útil o de comunicaciones, y la estructura de soporte con los elementos de apoyo a dicha función, denominada plataforma.

La carga útil tiene el amplio campo de acción de la cobertura de la huella del satélite y del empleo de las ondas de radio en una extensa gama de frecuencias que constituyen la capacidad de comunicación al servicio de los usuarios, en tanto que la acción de los elementos de la plataforma no se extiende fuera de los límites del propio satélite, salvo en la comunicación con el centro de control.

La estructura de la plataforma sirve de soporte tanto para sus demás elementos como para la carga útil. Debe tener la suficiente resistencia para soportar las fuerzas y vibraciones del lanzamiento y a la vez un peso mínimo conveniente. Está construida con aleaciones metálicas ligeras y con compuestos químicos de alta rigidez y bajo coeficiente de dilatación térmica.

Los sistemas de propulsión pueden incluir un motor de apogeo que permite al satélite llegar a su órbita de destino después de ser liberado por el vehículo de lanzamiento si este no lo hace directamente. Los satélites pueden emplear propulsores líquidos, gas o iones. En los satélites geoestacionarios típicos los propulsores químicos requeridos para conservar su posición durante su vida útil representa el 20 o 40% de masa adicional a la de nave sin combustible.

El subsistema de control de orientación está constituido por las partes y componentes que permiten conservar la precisión del apuntamiento de la emisión y recepción de las antenas del satélite dentro de los límites de diseño, corrigiendo no sólo las desviaciones de estas por dilatación térmica e imprecisión de montaje, sino de toda la nave en su conjunto.

El subsistema de energía está constituido generalmente por células solares que alimentan los circuitos eléctricos de la nave, las baterías que aseguran el suministro durante los eclipses y los dispositivos de regulación.

El subsistema de telemetría permite conocer el estado de todos los demás subsistemas. Utiliza un gran número de sensores que detectan o miden estados de circuitos y variaciones de temperatura, presión, voltaje, corriente eléctrica, etc., convierte esa información en datos codificados y los envía en secuencia al centro de control a través de un canal especial de comunicación, se repite esto en intervalos de tiempo iguales.

El sistema de telemando permite enviar órdenes al satélite desde el centro de control a través de un canal de comunicación dedicado que se activa cuando éstas se transmiten. Los comandos pueden tener efecto tanto sobre la

carga útil como sobre la plataforma y solo son admitidos por el satélite mediante códigos de seguridad que evitan su acceso ilegítimo.

Para evitar variaciones de temperatura extremas en los componentes del satélite, fuera de las toleradas por el sistema, el **subsistema de control térmico** emplea conductores de calor y radiadores que lo disipan fuera de la plataforma. También protege contra el frío intenso por medio de calefactores eléctricos y emplea materiales aislantes para lograr el equilibrio térmico requerido dentro de la nave.

PARAMETROS DEL SISTEMA SATELITAL.

Potencia de transmisión y energía de Bit.

Los amplificadores de alta potencia usados en los transmisores de la estación terrena y los tubos de onda progresiva usados de manera normal, en el transponder del satélite, son dispositivos no lineales; su ganancia (potencia de salida contra potencia de entrada) depende del nivel de la señal de entrada. O sea conforme la potencia de entrada se reduce a 5 dB, la potencia de salida sólo se reduce a 2 dB. Hay una compresión de potencia obvia. Para reducir la cantidad de distorsión de intermodulación causada por la amplificación no lineal del HPA, la potencia de entrada debe reducirse (respaldarse) por varios dB. Esto permite que el HPA funcione en una región más lineal. La cantidad de nivel de salida de respaldo de los niveles clasificados será equivalente a una pérdida y es apropiadamente llamada pérdida de respaldo (L_{bo}).

Para funcionar lo más eficientemente posible, debe operar un amplificador de potencia lo más cercano posible a la saturación. La potencia de salida saturada es designada P_o (sat) o simplemente P_t . La potencia de salida de un transmisor típico de estación terrena del satélite es mayor que la potencia de salida de un amplificador de potencia de microondas terrena. Consecuentemente, cuando se trata de sistemas satelitales, P_t generalmente se expresa en dBW (decibeles con respecto a 1W) en vez de dBm (decibeles con respecto a 1mW).

La mayoría de los sistemas satelitales modernos usan transmisión por desplazamiento de fase PSK, o modulación de amplitud en cuadratura QAM, en vez de la modulación en frecuencia convencional FM. Con PSK o QAM, la banda base de entrada generalmente es una señal PCM codificada con multicanalización por división de tiempo, la cual es digital por naturaleza. Además, con PSK o QAM, se pueden codificar varios bits en un solo elemento de señalización de transmisión. Consecuentemente, un parámetro más importante que la potencia de la portadora es la energía por bit E_b ; E_b matemáticamente es: $E_b = P_t T_b$, en donde E_b = energía de un bit sencillo (julios por bit), P_t = potencia total de portadora, y T_b = tiempo de un bit sencillo (segundos).

Potencia radiada isotrópica efectiva.

La potencia radiada isotrópica efectiva (EIRP), se define como una potencia de transmisión equivalente y se expresa matemáticamente como:

$$EIRP = P_r * A_t$$

En donde EIRP = potencia radiada isotrópica efectiva (watts)

P_r = potencia total radiada de una antena (watts)

A_t = ganancia de la antena transmisora (rel. sin unidades).

SISTEMA DE COMUNICACIÓN SATELITAL GLOBALSTAR, PARA VOZ Y DATOS

Globalstar es un sistema de comunicación satelital, utilizado principalmente en telefonía inalámbrica, basado en la interconexión de puntos distantes en la superficie terrestre. La tecnología de codificación utilizada es la conocida como CDMA (Code Division Multiple Access), con la que se accede a una mayor eficiencia del sistema. Como factor negativo, está la probabilidad

latente de posibles colisiones en las señales, tanto recibidas/transferidas por el satélite utilizado, como por las estaciones terrenas (Gateways).

Dentro del sistema Globalstar se encuentran distintos *niveles de transición* de cada señal enviada:



Se muestra el momento en que un usuario realiza una llamada por un teléfono Globalstar. En esa acción, la señal proveniente del celular viaja a través del aire en una dirección aleatoria en el espacio. *El satélite de órbita baja (LEO)* espera su tiempo de recepción de dicha señal, manteniéndose dentro de su órbita alrededor de la tierra. Una vez que el satélite ha recibido la señal, ésta es procesada, encriptada y codificada para su posterior envío hacia la base terrena (Gateway), más cercana al punto de destino final.

Los enlaces de información del sistema Globalstar se dividen en:

Enlace satélite: La señal desde (hacia) el teléfono es recibida (transmitida) por el satélite LEO (Orbita Baja).

Enlace gateway: La señal desde (hacia) el satélite es recibida (transmitida) por la estación terrena.

Característica del sistema de Globalstar.

La constelación Globalstar, está compuesta por *52 satélites móviles*, de los cuales 48 son satélites principales y se encuentran a 1.414 Km de la tierra (LEO: Low Earth Orbiting), en órbita circular y distribuidos a en 8 planos inclinados a 52° con respecto al Ecuador. Los 4 satélites restantes se colocan en órbitas intermedias, en reserva de los satélites principales. Las ventajas de estos equipos son:

- **Todas las ventajas de la órbita baja:** terminales de tamaño similar a los terminales celulares de primera generación y servicio sin ningún retraso de la voz (fenómeno característico de eco generado por los satélites geoestacionarios).
- **Una cobertura completa y permanente del planeta entre los 70° y – 70° de latitud**, cada centímetro cuadrado del planeta está cubierto por la constelación Globalstar excluyendo los polos. Esto permite concentrar toda la capacidad de la constelación en la zona de uso potencial.
- **Un servicio satelital redundante para cada terminal:** los satélites Globalstar se cruzan por encima de los usuarios. De esta forma cada terminal, tiene un acceso simultaneo a 4 satélites esto permite evitar los cortes de comunicación cuando un obstáculo surge entre el usuario y un satélite en particular. Este es el único sistema que presenta esta garantía.

Recepción en bases terrenas.

La recepción de las señales de RF enviadas desde los satélites a la tierra son recibidas por las gateways, o puertas de enlace en la recepción de aquéllas, ya que cuentan con un *Centro de Control de Operaciones Terreno (GOCCs)*, un *Centro de Control de Operaciones Satelital (SOCCs)*, además de la *Red de Datos Globalstar (GDN)*.

Las gateways consisten en tres o cuatro grandes antenas; una base de administración de switches y un control de operación remoto. Las gateways poseen un servicio de integración con la telefonía regional y local, tanto en redes alámbricas como inalámbricas. Las redes utilizan los estándares T1/E1 con las interfaces PSTN/PLMN, además de redes celulares GSM/MAP.

- **GOCC** : Son responsables de planear y controlar el uso de satélites LEO por los terminales de las gateways y para coordinar esto, utilizan los SOCC. El plan de control de cada GOCCs por las gateways y el control de la ubicación de los satélites es propio para cada gateway.
- **SOCC** : Manejan la constelación de satélites Globalstar. El equipo de las SOCC controlan sus órbitas y provee telemetría y un servicio de comandos para las constelaciones.
- **GDN** : Es la red de conectividad que provee y facilita las intercomunicaciones de área extendida que se derivan de las gateways, de las GOCC y de las SOCC.

Transmisión.

Las frecuencias del sistema Globalstar son las siguientes:

1. *Enlaces de servicio:* Terminal a satélite de 1610 a 1626,5 [MHz] (banda L). Satélite a terminal de 2483,5 a 2500 [MHz] (banda S).

2. *Enlace de conexión:* Gateway a satélite 5091 a 5250[MHz] (banda C). Satélite a Gateway 6875 a 7055[MHz] (banda C).

Existen varios protocolos de control de acceso al medio que son utilizados en la actualidad, tanto para aprovechar el espectro de frecuencias (conjunto de frecuencias que caracterizan a una señal) como para la inserción de bits de sincronismo y de chequeo de errores en las señales. Los protocolos más usados en telefonía digital inalámbrica son:

- **TDMA** : Time Division Multiple Access
- **FDMA** : Frequency Division Multiple Access

- **CDMA** : Code Division Multiple Access

De estos últimos, el protocolo CDMA es el utilizado (en realidad, DS-CDMA).

- **TDMA**

Con el protocolo TDMA, cada usuario tiene asignado un canal durante una ranura de tiempo sobre un rango de frecuencia. Puede que se utilice la banda de frecuencias completa para la transmisión o, simplemente, un rango de frecuencias dentro de la banda. Esta técnica involucra a una señal ruidosa debida a la conmutación para el uso del canal. Además, requiere de una sincronización en la recepción para la recuperación de la información deseada.

- **FDMA**

El protocolo FDMA otorga a cada usuario un canal de frecuencia para la comunicación mientras dure. En el caso de los canales satelitales pueden estar permanentemente asignados. Este esquema tiene la ventaja de ser relativamente fácil de implementar y sencillo de administrar cuando el número de usuarios es bajo. Como desventaja, el sistema debe contar con la implementación necesaria para aprovechar al máximo el canal de frecuencias asignado; es poco eficiente cuando el número de usuarios es elevado y no se adapta muy bien a la transmisión de datos, por lo que no es muy usado.

- **DS - CDMA**

Cada usuario tiene todo el ancho de banda de frecuencias asignado para la comunicación durante todo el tiempo que ésta dure, pero su comunicación se realiza utilizando un código que es único. Dicha codificación es digital, utilizando con ello, técnicas de radio de espectro amplio (RF). Es por ello que CDMA es la tecnología digital inalámbrica más utilizada, puesto que la utilización del ancho de banda en la comunicación es altamente eficiente, permitiendo una mejor calidad en voz, llegando a ser muy similar a la transmitida en línea alámbrica. Además, filtra los ruidos de fondo cruces de

llamadas, e interferencia por interrupciones o por flujo de señales de ocupado que congestionan el sistema, mejorando en forma considerable la privacidad y calidad de la llamada generada.

El protocolo CDMA se caracteriza por utilizar un espectro amplio de frecuencia *determinado* para una o más señales *superpuestas ortogonalmente* durante *todo el tiempo* de duración de la comunicación. La ortogonalidad de las señales, generada por un código codificador de la banda base, concede la prácticamente nula posibilidad de colisión entre las señales que comparten el canal; a su vez, la seguridad en la privacidad de la información transmitida capaz de ser reconocida sólo por el receptor del enlace.

Otras características de la tecnología CDMA son las siguientes:

1. Utilización de todo el ancho de banda en el enlace por ensanchamiento de la banda base, superponiendo a los usuarios. Con respecto a un canal analógico, la capacidad aumenta 15 veces en condiciones de máximo flujo.
2. Posibilidad de la creación de nuevos servicios al cliente y evolución del sistema, debido a la versatilidad del código y la señalización digital.
3. Costos inferiores a la tecnología analógica debido al desarrollo de componentes electrónicas digitales.
4. Uso eficiente de las fuentes de poder (baterías) en los aparatos con la tecnología, debido a que la estructura de CDMA se encuentra diseñada para operar en ciertos niveles de potencia. Además, presenta la capacidad de detectar tiempo ocioso en el canal por lo que se disminuye la potencia media de transmisión.
5. Alta relación señal a ruido y baja probabilidad de errores en el código por la utilización de redundancias, debido a la magnitud del ancho de banda utilizado.

Es importante destacar que la tecnología digital CDMA, resulta compatible con otras como AMPS (Advanced Mobile Phone System), que es la base de la mayoría de las redes de teléfonos celulares analógicos. También se relaciona

con redes de teléfono IS-41 y con redes GSM/MAP, que permiten amplia cobertura y conexión.

Los requerimientos de ancho de banda son muy superiores a otros sistemas, debido a que cada bit transmitido, codificado en forma polar, debe ser multiplicado por una secuencia difusora de chips.

Técnicas de espectro ensanchado.

El Ensanchamiento de espectro es una técnica de transmisión en la cual una señal ocupa un ancho de banda que supera considerablemente el mínimo necesario. La función de ensanchamiento es independiente de la información transmitida y es conocida por el receptor el cual debe sincronizarse con ella para el desensanchamiento del espectro y recuperación de la información.

Algunas técnicas de espectro ensanchado.

* **Salto en Frecuencia (FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum):** Consiste en que la portadora se desplace en frecuencia con un patrón determinado, el cual es definido por una secuencia pseudoaleatoria, produciendo el ensanchamiento del espectro. Para la recuperación de esta señal se utiliza un receptor no coherente.

* **Salto en tiempo:** Esta técnica implica la división del eje temporal en tramas que son los bloques de información. Estas tramas se subdividen en ranuras. La idea es transmitir en forma pseudoaleatoria cada trama en una sola ranura, dejando las otras vacías. Es así como el ensanchamiento depende de la cantidad de ranuras, siendo ésta la determinante en el incremento del ancho de banda de la señal original.

* **Chirp:** Es una técnica de ampliación del espectro que utiliza pulsos *chirp*. Esta técnica consiste en un barrido lineal y continuo que desplaza la frecuencia

de la portadora y provoca la ampliación del espectro. Su utilización más común es en los sistemas de radar.

*** Modulación por Secuencia Directa (DDSS: Direct Sequence Spread Spectrum):** Este tipo de modulación es el más usado en las aplicaciones de espectro ensanchado. La señal de información es multiplicada con una secuencia pseudoaleatoria con tasa de transmisión mucho mayor que la señal original. El resultado es una señal de la misma frecuencia que el código ensanchador.

Esta técnica es diferente de TDMA y permite un mejor rechazo a los desvanecimientos de la señal en bandas estrechas del espectro. Además, cada usuario tiene todo el ancho de banda de frecuencias asignado para su comunicación durante todo el tiempo que esta dure, siendo un tipo de CDMA; pues su comunicación se realiza utilizando un código único. El problema de este sistema es el gran ancho de banda que necesita. Otro problema, para lograr una recepción independiente (sin problemas de interferencia entre dos o más comunicaciones) los códigos deben ser ortogonales y las señales mutuamente interferentes deben tener igual potencia. Eso debe ocurrir, debido a que es un problema inherente a este método, llamado efecto “cerca-lejos”, el cual ocurre cuando los niveles de potencia de las señales no deseadas generadas por otros usuarios son muy grandes en comparación con el nivel de potencia de la señal deseada; y cuando la ganancia de procesamiento del sistema no es suficiente para resolver este problema, otros métodos de ensanchamiento de espectro pueden ser necesarios de implementar.

Técnicas consideradas.

*** FHSS banda estrecha:** Una trama de bits se envía ocupando ranuras específicas de tiempo en diversos canales de radio frecuencia, es decir, como una combinación entre CDMA, TDMA y FDMA, pues para la comunicación entre usuarios se van a subdividir los ejes de tiempo, frecuencia y código. La asignación del canal a ocupar por cada usuario depende del código que han acordado al comienzo de la sesión.

* **FHSS banda ancha:** Durante el intervalo de un bit se conmutan diversos canales de radio-frecuencia.

Las ventajas del protocolo de acceso múltiple (DS-SS, Direct Sequence CDMA) son diversas. Optimiza bastante el espectro de frecuencias en la transmisión montando información de diversos usuarios en un mismo ancho de banda y tiempo. La ventaja de utilizar este método de acceso, redundando en la idea de ocupar eficientemente el espectro de frecuencias, dependiendo del número de usuarios solicitando un enlace. Como desventaja, esta subyace la idea de perder el asincronismo de DS-SS, lo que permitía un retardo mayor en establecer y mantener la comunicación. Ahora, es necesario en la trama de comunicación, insertar bits de sincronismo de trama y de portadora, capaces de informar exactamente el tiempo en que termina una trama y comienza otra, provocando que la transmisión con FH-SS requiera un poco más de ancho de banda. Sin embargo, ese sincronismo de trama se ve coronado con un menor tiempo en los retardos de propagación. En conjunto con esto, dada la ortogonalidad entre las señales generadas, FH-SS, disminuye ampliamente el BER (Bit Error Rate), con lo que la posibilidad de error por overhead e interferencia por señales a nivel co-canal se hace mínima. Lo anterior manifiesta una característica significativa frente a la codificación DS-SS.

Costo de la red satelital.

El costo inicial proyectado de la instalación de los 48 satélites más las 100 estaciones terrenas (proyecto original), alcanzaba la suma de 2,2 billones de dólares estimados. En marzo del presente año, tras los cambios en la red instalada, y dado los problemas presentados durante la puesta en marcha de este servicio, se tienen en funcionamiento 52 satélites orbitando más 11 estaciones terrenas, con un costo acumulado cercano a los 3,3 billones de dólares. A fines de este año se proyecta tener 22 estaciones funcionando, de un total que fluctuaría entre 38 y 60 estaciones terrenas, con un costo total de 3,8 billones de dólares.

Costo del servicio.

Los costos del servicio incluyen básicamente el de contratar el plan, incluyendo los equipos, y el del minuto cursado en llamadas. El costo del equipo se encuentra alrededor de los US\$1.500, mientras que a continuación se muestran los costos del servicio en Estados Unidos:

Plan	Costo en US\$	Minutos gratis	Valor extra minuto
Beyond Zero	24.95	0	1.69
Beyond 50	89.95	50	1.49
Beyond 100	149.95	100	1.39

Tabla de Costos del servicio por minuto en Estados Unidos.

LAS AGENCIAS ESPACIALES Y LA INDUSTRIA AEROESPACIAL.

Las agencias espaciales que desarrollaron los primeros ingenios y los sistemas de lanzamiento nacen prácticamente con la NASA en los EEUU, en 1958. El precursor de los satélites comerciales fue el proyecto SCORE (comunicación de señales por equipos orbitales), preludio del primer satélite de comunicaciones Early Bird, lanzado en abril de 1965.

La industria espacial Europea hace su aparición en el mercado mundial en 1962, con ESRO y la ELDO, alcanzando concertaciones de esfuerzo al crearse en 1975 la AEE, Agencia Espacial Europea. Actualmente la AEE contribuye a la existencia de una industria aeroespacial que ya es altamente competitiva frente a la industria norteamericana.










Años		1972-79	80-89	90- 95		
Número de satélites		37	99	78		
Ingresos (Millones de US\$ 1988)		2000	6400	6900		
Distribución	EEUU	Hughes Aircraft Company	100%	69.7%	59.6%	
		GE/RCA Astroelectronics				
Por		Ford Aerospace services				
		TRW				
Países		FRA	Matra Aeroespatiale	-	9.6%	23.8%
		RU	British Aerospace	-	8.2%	5.6%
Y		ITAL	Selenia	-	0.9%	4.3%
empresas		ALEM	MBB	-	4.8%	2.3%
		EURO	(total empresas Europeas)	-	23.5%	36%
		OTRO		-	6.8%	4.4%

LOS PROVEEDORES DE SEGMENTO ESPACIAL.

PROVEEDOR	SATELITES
INTELSAT	INTELSAT V, VI
EUTELSAT	EUTELSAT I, II
FRANCE TELECOM	TELECOM 1 A, 1C
S.ES (Luxemburgo)	ASTRA 1 A, 1B
BSB	Marco Polo 1,2
INMARSAT	INMARSAT-2
TELESPAZIO	ITALSAT
HISPASAT	HISPASAT 1 A, B
INTERSPUTNIK	STATSIONAR

Países con capacidad de lanzamiento.

Un total de diez países y el grupo formado por la ESA (Agencia Espacial Europea) han lanzado satélites a órbita, incluyendo la fabricación del vehículo de lanzamiento. Existen también otros países que tienen capacidad para diseñar y construir satélites, pero no han podido lanzarlos de forma autónoma sino con la ayuda de servicios extranjeros.

Primer lanzamiento por país			
País	Año del lanzamiento	Primer satélite	Cargas útiles en órbita a 2008
 Unión Soviética	1957	<i>Sputnik 1</i>	1.390 (Rusia)
 Estados Unidos	1962	<i>Explorer 1</i>	999
 Francia	1965	<i>Astérix</i>	43
 Japón	1970	<i>Osumi</i>	102
 China	1970	<i>Dong Fang Hong I</i>	53
 Reino Unido	1971	<i>Prospero X-3</i>	24
 India	1981	<i>Rohini</i>	31
 Israel	1988	<i>Ofeq 1</i>	6
 Irán	2009	<i>Omid</i>	-

El programa espacial de Brasil ha intentado en tres ocasiones fallidas lanzar satélites, la última en 2003.

Iraq aparece en ocasiones como país con capacidad de lanzamiento con un satélite de 1989 aunque no ha sido confirmado.

Corea del Norte afirma haber lanzado su satélite Kwangmyongsong en 1998, aunque tampoco está confirmado. La ESA lanzó su primer satélite a bordo de un Ariane 1 el 24 de diciembre de 1979.

Primer lanzamiento por país incluyendo la ayuda de otros

País	Año del primer lanzamiento	Primer satélite	Cargas útiles en órbita a 2008
 Unión Soviética	1957	<i>Sputnik 1</i>	1.390 (Rusia)
 Estados Unidos	1958	<i>Explorer 1</i>	999
 Canadá	1962	<i>Alouette 1</i>	
 Italia	1964	<i>San Marco 2</i>	
 Francia	1965	<i>Astérix</i>	43
 Australia	1967	<i>WRESAT</i>	
 Alemania	1969	<i>Azur</i>	
 Japón	1970	<i>Osumi</i>	102
 China	1970	<i>Dong Fang Hong I</i>	53
 Reino Unido	1971	<i>Prospero X-3</i>	24
 Polonia	1973	<i>Intercosmos Kopernikus 500</i>	
 Países Bajos	1974	<i>ANS</i>	
 España	1974	<i>Intasat</i>	9
 India	1975	<i>Aryabhata</i>	34
 Indonesia	1976	<i>Palapa A1</i>	10
 Checoslovaquia	1978	<i>Magion 1</i>	5
 Bulgaria	1981	<i>Intercosmos 22</i>	

	Brasil	1985	<i>Brasilsat A1</i>	11
	México	1985	<i>Morelos I</i>	7
	Suecia	1986	<i>Viking</i>	11
	Israel	1988	<i>Ofeq 1</i>	6
	Luxemburgo	1988	<i>Astra 1A</i>	15
	Argentina	1990	<i>Lusat 1</i>	10
	Pakistán	1990	<i>Badr-1</i>	15
	Corea del Sur	1992	<i>Kitsat A</i>	10
	Portugal	1993	<i>PoSAT-1</i>	1
	Tailandia	1993	<i>Thaicom 1</i>	6
	Turquía	1994	<i>Turksat 1B</i>	5
	Chile	1995	<i>Fasat-Alfa</i>	3
	Malasia	1996	<i>MEASAT</i>	4
	Noruega	1997	<i>Thor 2</i>	3
	Filipinas	1997	<i>Mabuhay 1</i>	2
	Egipto	1998	<i>Nilesat 101</i>	3
	Singapur	1998	<i>ST-1</i>	1
	Dinamarca	1999	<i>Ørsted</i>	3
	Sudáfrica	1999	<i>SUNSAT</i>	1
	Arabia Saudita	2000	<i>Saudisat 1A</i>	12
	Emiratos Árabes Unidos	2000	<i>Thuraya 1</i>	3
	Argelia	2002	<i>Alsat 1</i>	1
	Grecia	2003	<i>Hellas Sat 2</i>	3
	Colombia	2007	<i>Libertad 1</i>	2

 Nigeria	2003	<i>Nigeriasat 1</i>	2
 Irán	2005	<i>Sina-1</i>	1
 Kazajistán	2006	<i>KazSat 1</i>	1
 Vietnam	2008	<i>VINASAT-1</i>	1
 Venezuela	2008	<i>VENESAT-1</i>	1
 Letonia	2009	<i>Venta-1</i>	1

Kazajistán lanzó su satélite de forma independiente, pero fue fabricado por Rusia y el diseño del cohete tampoco era autóctono. Canadá fue el tercer país en fabricar un satélite y lanzarlo al espacio, aunque utilizó un cohete estadounidense y fue lanzado desde Estados Unidos. El San Marco 2 de Italia fue lanzado el 26 de abril de 1967 utilizando un cohete Scout estadounidense. Australia lanzó su primer satélite el 29 de noviembre de 1967, sin embargo utilizaba un cohete donado Redstone. Las capacidades de lanzamiento del Reino Unido y Francia están ahora bajo la ESA y la capacidad de lanzamiento de la Unión Soviética bajo Rusia. El Libertad 1 de Colombia lanzado en 2007 es un satélite miniaturizado de menos de 1 kg. El 29 de octubre de 2008 fue lanzado en China el primer satélite propiedad de Venezuela fabricado con tecnología china.

CONCLUSION.

La presente investigación nos permitió alcanzar el objetivo planteado al comienzo de este estudio, ya que logramos comprender como funciona y como está estructurada una red de comunicaciones satelitales, así como los tipos de satélites según su misión y su órbita, enfatizando en los satélites orbitales y geoestacionarios, los modelos de enlace del sistema satelital, el sistema de comunicaciones Globalstar, así como otros conceptos importantes para dominio del tema red de comunicaciones satelitales.

Por medio de esta investigación logramos comprender la importancia que tiene la red de comunicaciones satelital para las comunicaciones, control de aeronaves, buques, vehículos terrestres,

Es de gran importancia destacar que la tendencia en la evolución de los satélites de telecomunicaciones es hacia el uso de terminales de recepción pequeños y de bajo costo para poder permitir el acceso al sistema de una mayor cantidad de usuarios.

GLOSARIO.

- TWT: Amplificador de potencia de bajo nivel.
- LNA: Amplificador de bajo ruido.
- RF: Radio Frecuencia.
- BPF: Filtro pasa baja.
- SSP: Amplificadores de estado sólido.
- LEO: Low earth orbit.
- MEO: Medium earth orbit.
- HEO: Highly elliptical orbit.
- QAM: Modulación de amplitud en cuadratura
- EIRP: Potencia radiada isotrópica efectiva.

BIBLIOGRAFIA.

TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones electrónicas. Englewood
Cliffs N.J. prentice-hall, 1996.

www.actiweb.es

www.amsat.org.ar

www.emagister.com

www.es.wikipedia.org

www.sylcom.com

www.tesisymonografias.org

www.udec.com

www.zero13wireless.net