

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES**

P R E S E N T A

Juan Carlos Bermúdez Zúñiga

Asesor: Ing. Fernando Estrada Salazar

K5104
47
.1

MONTERREY, N. L.

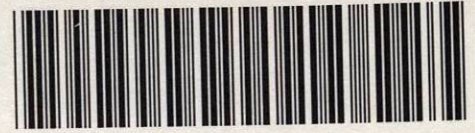
DICIEMBRE DE 1996

T

TK510 1

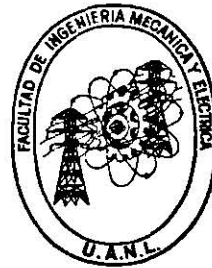
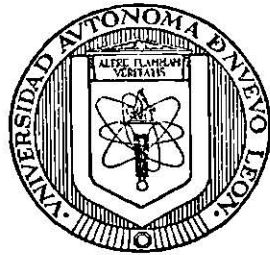
B47

C.1



1080082630

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES**

P R E S E N T A

Juan Carlos Bermúdez Zúñiga

Aesor: Ing. Fernando Estrada Salazar

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1996

T
TK 5104
B 42



INDICE	PAGINA
1.- INTRODUCCION	1
2.- LANZAMIENTO Y COLOCACION DE LA ORBITA GEOESTACIONARIA.	2
- ORBITA GEOESTACIONARIA	
- COLOCACION DE LOS SATELITES EN SU ORBITA	
- INYECCION DIRECTA EN ORBITA GEOESTACIONARIA	
- INYECCION INICIAL EN ORBITA ELIPTICA	
3.- EL SATELITE EN SU NUEVO AMBIENTE ESPACIAL	6
4.- PRINCIPALES SUBSISTEMAS DE UN SATELITE	7
- SUBSISTEMAS DE ANTENA	
- SUBSISTEMA DE COMUNICACION	
- ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA	
- ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO	
- ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO	
- FRECUENCIAS ASIGNADAS Y REUTILIZACION DE FRECUENCIA	
5.- ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACION TERRENA	24
- FUNCIONAMIENTO DE UNA ANTENA	
- RASTREO DEL SATELITE	
- TRANSMISOR	
- RECEPTOR	
6.- SISTEMA SATELITAL MEXICO	33

**GRACIAS A DIOS:
POR PERMITIRME TERMINAR
MI CARRERA PROFESIONAL.**

**GRACIAS A MIS PADRES:
SATURNINO BERMUDEZ GUERRERO
MARINA ZUÑIGA ACUÑA
POR APOYERME A LO LARGO DE MI CARRERA**

**A LOS INGENIEROS:
FERNANDO ESTRADA
LEOPOLDO VILLARREAL
POR IMPARTIRME SUS
CONOCIMIENTOS.**

INTRODUCCIÓN

La comunicación vía satélite en nuestro tiempo es muy importante, pues a través de los satélites puestos en órbita podemos comunicarnos de continente a continente, en el mismo país, hasta en zonas rurales donde no hay comunicación física (por medio de cables). Estas comunicaciones pueden ser canales de televisión, telefonía y datos. Existen varios tipos de satélites que sirven para diferente uso dependiendo del fabricante y el dueño; entre ellos tenemos satélites de tipo militar, meteorológicos, experimentales y de comunicaciones; con ellos podemos realizar una infinidad de usos, por ejemplo saber el estado del tiempo, comunicarnos por medio de una video conferencia desde otra parte del mundo, conocer otra parte del planeta, noticias en vivo, ver programas de televisión, comunicarnos por teléfono de continente a continente, etc.

Existen diferente tipos de satélites pero entre ellos tienen en algo en común como por ejemplo necesitan varias celdas solares para poder tener energía, antenas para comunicarse o transmitir su información a cualquier parte del planeta y para recibir instrucciones, también medios de propulsión para conseguir su órbita, etc.

LANZAMIENTO Y COLOCACIÓN EN ÓRBITA GEOSTACIONARIA

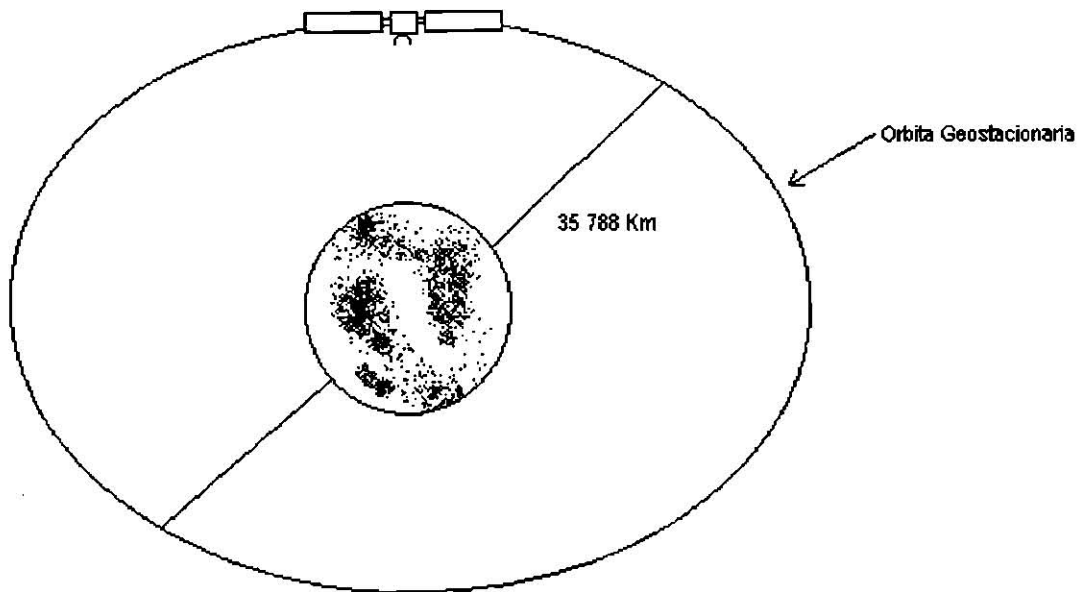
ÓRBITA GEOSTACIONARIA

Los satélites geostacionarios son colocados en una órbita que en un punto fijo de la tierra podemos observarlos como si no se moviesen sin cambiar aparentemente de posición, este punto fue sugerido en 1945 por Arthur Clarke que sugirió en una de sus publicaciones con la posibilidad de colocar satélites en órbita, tal que podamos observarlos desde un punto en la tierra esto se logra porque la tierra gira sobre su propio eje, complementando una vuelta cada 24 horas, entonces, para un observador fijo de la tierra, se produce la ilusión de que el satélite no se mueve. Solamente con tres satélites en la órbita geostacionaria podríamos cubrir todo el globo terráqueo.

Pero para esta idea se deben cumplir varios requisitos para que el satélite se mantuviese en un punto fijo con respecto a la tierra como por ejemplo los siguientes puntos:

- El satélite debe desplazarse en el mismo sentido que la rotación de la tierra
- Para que el satélite no pierda altura debe de estar aproximadamente a 36,000 km. de altura sobre el nivel del mar, esto también con el fin de que complete una vuelta cada 24 horas
- El satélite debe de tener una velocidad constante de 3,075 m/s siguiendo una órbita circular alrededor de la tierra

Todos estos datos sirvieron para que varios científicos pudieran poder estudiar estos datos y así poder lanzar varios satélites de prueba que no cubrían esta distancia de 36,000 Km. de altura, pero fue en 1957 cuando se lanzó el primer satélite artificial con el nombre de Sputnik 1 con el cual se hicieron varias pruebas, y después de otras pruebas con varios satélites, se pudo mandar al primer satélite geostacionario del mundo con el nombre de SYNCOM. Poco más tarde había un satélite en cada uno de los océanos principales (Índico, Pacífico y Atlántico), intercomunicando al mundo; esto fue en 1968 y las ideas de Clarke se habían convertido en realidad.



El satélite en su órbita geostacionaria, visto desde la Tierra es como si estuviera en un punto fijo.

Esta órbita es ahora la mas congestionada alrededor de la tierra; casi todos los propietarios de satélites quieren estar en esta órbita por obvia razones como son por sencillez y bajo costo de operación. En ella se encuentran un variado numero de satélites y distinta apariencia física y aplicaciones como son:

- Meteorológicos
- Militares
- Experimentales
- Comunicaciones

COLOCACIÓN DE LOS SATÉLITES EN SU ÓRBITA

Como sabemos para poder llegar a esa órbita es necesario aplicarle una fuerza necesaria para poder llegar a nuestra órbita por eso algunos científicos se basaron en la leyes de Newton que rigen la mecánica clásica esto dice que la fuerza de atracción entre un cuerpo y la tierra es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que hay entre ambos y directamente proporcional al productos de sus masa, así que si al cuerpo se le aplica una acción, entonces este responde con una fuerza igual pero con sentido contrario, oponiéndose a la acción original. Con estas leyes es posible que el hombre

actualmente pueda mandar vehículos de carga al espacio como son cohetes o lanzadores con satélites artificiales en su interior y así poder llegar a su posición orbital una vez que hayan llegado ahí.

Para que es satélite tome su posición orbital hay tres procedimientos para poder poner al satélite dentro de su órbita que nombraremos a continuación.

1. INYECCIÓN DIRECTA EN ÓRBITA GEOSTACIONARIA

En este procedimiento es necesario mandar al satélite en un cohete de varias etapas hasta el cinturón de Clarke (órbita geostacionaria) , sin que necesite realizar esfuerzo propio. Este tipo de lanzamiento es muy costoso y solo se utiliza para mandar satélites militares. Como el satélite no lleva motores para pasar de una órbita a otra la probabilidad de que llegue a su destino es buena. Un ejemplo claro es el cohete Titán IIC de los EE.UU. que es utilizado con este fin.

2. INYECCIÓN INICIAL EN ÓRBITA ELÍPTICA

En este procedimiento el satélite llega a una órbita elíptica de gran excentricidad por medio de varias etapas del sistema lanzador. Una vez ahí, el satélite se separa del cohete y da una o varias vueltas en esa órbita, llamada de transferencia geosíncrona, hasta que llegue a la siguiente etapa ya con esfuerzos propios del satélite.

El perigeo de la órbita de transferencia geosíncrona esta normalmente a una altura aproximadamente de 200 km. sobre el nivel del mar y su apogeo cerca de lo 35 788 km., que es la altura final en la que el satélite de be quedar para funcionar. El siguiente paso hacer circular al satélite en la órbita, precisamente el satélite lleva acoplado un motor que enciende cuando este circula por el punto de apogeo de la ultima vuelta elíptica que se haya programado, por supuesto el encendido se efectúa después de haber orientado el satélite a control remoto en forma adecuada, para que el empuje del motor de apogeo resulte en la dirección correcta. Al encender el motor el satélite recibe un incremento de velocidad haciendo este que su órbita cambie, pasando de la elíptica de transferencia geosíncrona a la circulara geostacionaria, logrando esto establecer al satélite en su nueva órbita .

3. INYECCIÓN INICIAL EN ÓRBITA CIRCULAR BAJA

Este es el procedimiento usado por el sistema de transportación Espacial de la NASA de los EE.UU., mejor conocida como orbitador, en tres pasos los cuales los dos últimos son idénticos al caso anterior que es de inyección inicial en órbita elíptica.

El primer paso consiste en que el orbitador despega llevándose en su compartimiento de carga al satélite que va a ser puesto en órbita y este entra en órbita alrededor de la tierra siguiendo una trayectoria circular, a una altura aproximadamente de 300 km. sobre el nivel del mar. En una de las muchas vueltas que la nave da alrededor de la tierra, este suelta al satélite o es arrojado del compartimiento de carga, quedando así de esta forma en órbita circular baja alrededor de la tierra, aunque separado del vehículo espacial; la velocidad que lleva el satélite es la misma que la de la nave, aunque un poco modificada por los resorte de la nave que lleva en su compartimiento de carga al momento que es arrojado del mismo. Esta separación se efectúa cuando pasan por el plano ecuatorial de la tierra y cuarenta y cinco minutos mas tarde, cuando el satélite vuelve a cruzar el plano del ecuador , su motor de perigeo se enciende. Esto logra colocar al satélite de su órbita circular baja o de estacionamiento a una elíptica, similar al de inyección inicial en órbita elíptica.

Una vez que ha cumplido su misión, el motor de perigeo se desprende del cuerpo de satélite, dando así las condiciones necesarias para que mas adelante y en el momento preciso, un motor de apogeo acoplado al cuerpo del satélite encienda para circular la órbita con su altura final.

EL SATÉLITE EN SU NUEVO AMBIENTE ESPACIAL

El satélite ya llegado a su nuevo hogar, el cual debe ser autorizado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones desde varios años de anticipación. Ya estando ahí estará con varios satélites a su alrededor, los cuales están transmiten en igual o diferente frecuencia, por este motivo deben de estar colocados a una distancia aproximadamente separados por dos o tres grados de arco entre si, esto equivale a 1,500 y 2,200 km. respectivamente, esto con el motivo de no haber ninguna clase de interferencia radioelectrica entre ellos.

Otro de los problemas del satélite en su nuevo ambiente espacial, son las fuerzas perturbadores que en ese ambiente rigen, por eso tiene una cierta flexibilidad de movimientos limitado, esto puede ser corregido por el subsistema de propulsión del satélite, con esto es posible ayudarlo a corregir su orientación y posición, enviándole comandos a control remoto en forma periódica.

PRINCIPALES SUBSISTEMAS DE UN SATÉLITE

Un satélite esta formado por varios subsistemas que son importantes de igual manera, pues si llega a fallar alguno causa una inutilidad parcial o definitiva de este mismo; en la siguiente tabla mostraremos los principales subsistemas de un satélite:

Subsistema	Función
Antenas	Recibir y transmitir señales de radio frecuencia
Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar sus frecuencia
Energía eléctrica	Suministrar electricidad con los niveles adecuados de voltaje y corriente
Control térmico	Regular la temperatura del conjunto
Posición y orientación	Determinar la posición y orientación del satélite
Rastreo, telemetría y comando	Intercambiar información con el centro de control en tierra para conservar el funcionamiento del satélite
Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto

Mas adelante explicaremos los subsistemas mas importante para las comunicaciones que son los subsistemas de antenas y comunicacion.

SUBSISTEMAS DE ANTENAS

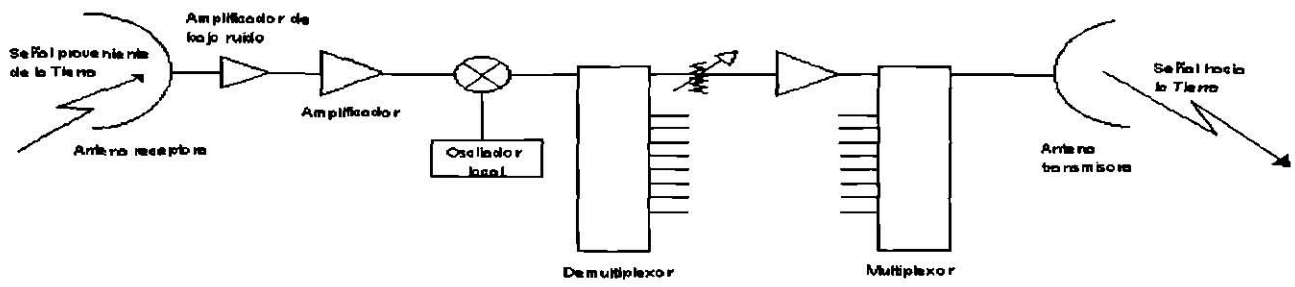
Las antenas son una de las partes importantes del satélite, estas se encargan de recibir y transmitir las señales de radio frecuencia llegadas desde la tierra; puede que el satélite tenga una antena para recibir y otra para mandar las señales, pero también puede usarse la misma antena para hacer estas funciones, para ello usando diferentes frecuencias y elementos de alimentación; cada antena debe de estar concentradas en un haz de potencia hacia la tierra. Los elementos de alimentación, denominados alimentadores, son generalmente antenas de cornetas conectados a guías de onda, que emiten energía hacia un reflector parabólico, o bien la captan proveniente de este ultimo para entregársela a los equipos receptores. Cuando mas grandes sean las antenas, tienen la capacidad para concentrar la energía en un haz electromagnético muy angosto, que iluminan pocas unidades cuadradas, pero que las irradia con niveles muy altos de densidad de potencia; esto facilita el diseño y reduce el costo de las estaciones terrenas receptoras. Cuando mas alta sea la frecuencia a la que la antena de dimensiones constantes trabaje, mayor será su capacidad de concentración de energía; esta característica propia de las antenas parabólicas y, en general, de todas las antenas llamadas de apertura, cuya capacidad de concentrarse la potencia en un haz invisible de radiación o iluminación muy angosto es función directa de sus dimensiones eléctricas y no de las físicas.

La dimensión eléctrica de una antena es igual a su dimensión física dividida entre lo que mide la longitud de onda a la frecuencia de operación , o sea , es el numero de longitudes de onda que cabrían alineadas en su apertura o boca; por ejemplo, una antena parabólica de doś metros de diámetros que irradia energía a una frecuencia de 11 GHz, lo hace dentro de un haz de iluminación mas angosto que como lo haría si tuviese que operar a una frecuencia de 4 GHz, simplemente porque cuando mas alta es la frecuencia, la longitud de la onda electromagnética es mas corta y el tamaño eléctrico de la antena aumenta.

Hay satélites que tiene varias antenas de características distintas, con finalidades diferentes. Por ejemplo, el satélite de comunicaciones internacional Intelsat V tiene ocho antenas para poder cubrir una vasta extensión territorial e intercomunicarla eficientemente al menor costo posible. De estas ocho antenas, dos son globales, dos hemisferios, dos de zonas y dos puntuales. Las primeras dos son antenas de corneta y cubren la mayor cantidad posible de la superficie terrestre que puede verse de la posición del satélite; es decir, pueden recibir desde cualquier estación receptora que se halle dentro de los límites de esa zona y pueden transmitir también hacia cualquier estación receptora que este dentro de ese mismo contorno. Las otras seis antenas si son parabólicas y cubren un contorno mas corto que las otras antenas, por eso los haces de iluminación de estas antenas reciben el nombre de pincel o puntuales, esto por que concentran su potencia casi en un punto en relación de las dimensiones de la tierra.

SUBSISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Todas las señales de comunicación con son telefonía, televisión e información digital son recibidas por el satélite entrando por sus antenas y ellas mismas se encargan de retransmitir toda esa información hacia la tierra, después de ser procesada toda esta información. Los principales pasos del proceso son amplificar las señales a un nivel de potencia adecuado, para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad, así como cambiarlas de frecuencia, para que salgan por el conjunto de antenas sin interferir con las señales que estén llegando simultáneamente. El subsistema de comunicaciones realiza estas funciones mediante filtros, amplificadores, convertidores de frecuencia, conmutadores y multiplexores.



En esta figura observamos la relación entre los subsistemas de antenas y comunicaciones, esto no es raro ver equipos instalados repetitivamente, esto es por si algún aparato o elemento falla, la transmisión no sea interrumpida, para efectuar el cambio se cuenta con conmutadores que hacen la conexión de un elemento a otro. A la trayectoria completa de cada repetidor, comprendiendo todos sus equipos desde la salida de la antena receptora hasta la entrada de la antena transmisora se le da el nombre de transpondedor, o sea que el subsistema de comunicaciones consta de muchos transpondedores, y su numero depende del diseño del satélite.

La señal proveniente de la tierra que entra por la antena receptora puede contener muchos canales de televisión, o miles de canales telefónicos o de datos, todos ellos enviados en frecuencia diferentes; al rango de frecuencias que hay entre la frecuencia mas baja y la mas alta de las que se transmiten se le da el nombre de ancho de banda. Cuanto mayor sea el ancho de banda de un equipo, este será mas capaz de trabajar de igual forma dentro de un mayor rango de frecuencias; por ejemplo, si se trata de un equipo de recepción, puede recibir la misma calidad mas canales de televisión telefonía o datos que otro cuyo ancho de banda de operación sea menor.

Un satélite puede tener varias antenas receptoras o solamente una, esto es dependiendo de su diseño y aplicaciones, cada una de ellas debe ser capaz de recibir al mismo tiempo muchos canales con información que posteriormente serán amplificados por separados en distintos

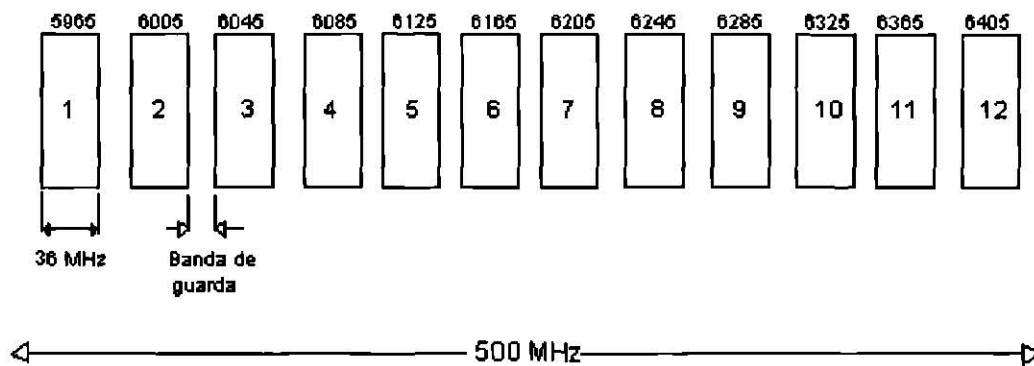
transpondedores. Es decir, las antenas receptoras, y lo mismo se aplican a las antenas transmisoras, tienen un ancho de banda muy grande, suficiente para operar a las frecuencias asignadas para los satélites de comunicaciones, cuya mayor parte funciona actualmente en las bandas de frecuencia C y Ku. En cada una de estas bandas, el ancho de banda de operación o sea, el rango de frecuencias disponible, es de 500 MHz para transmisión y 500 MHz para recepción. Existen satélites denominados híbridos, que tienen los equipos necesarios para trabajar simultáneamente tanto en la banda C como en la Ku, con lo cual se duplica la capacidad en el número de canales que puede manejar el sistema al mismo tiempo.

En la banda C, las frecuencias que se utilizan para transmitir en la tierra hacia el satélite están entre 5.925 y 6.425 GHz. La antena receptora del satélite detecta todas estas frecuencias, pues su ancho de banda de recepción es igual o mayor a 500 MHz, con una frecuencia central de 6.175 GHz. Los transpondedores, entre otras funciones, cambian las frecuencias de todas las señales contenidas en ese rango, bajándolas a otro de igual ancho de banda, pero cuyos límites inferior y superior son, respectivamente, 3.7 y 4.2 GHz; posteriormente, todas las señales contenidas en estas últimas frecuencias son entregadas a la antena transmisora, para que las envíe de regreso a la tierra. Un enlace de este tipo se representa con la nomenclatura 6/4 GHz, indicando que la señal sube al satélite con frecuencias cercanas a los 6 GHz y que baja con frecuencias cercanas a los 4 GHz. En la banda Ku, el proceso de recepción, conversión de frecuencias y transmisión es similar al de la banda C, solo que las frecuencias Tierra - satélite están entre 14.0 y 14.5 GHz, con una frecuencia central de 14.25 GHz, y las frecuencias satélite Tierra están entre 11.7 y 12.2 GHz; en este caso, el enlace se representa con la nomenclatura 14/12 GHz.

En los satélites híbridos, los procesos descritos para la banda C y Ku se llevan a cabo simultáneamente, a través de sus amplificadores y demás equipos correspondientes; estos equipos están contenidos en secciones separadas del subsistema de comunicaciones, puesto que unos están diseñados para trabajar en la banda C y otros para hacerlo en la banda Ku. Es fácil intuir que estos satélites, por el hecho de duplicar su capacidad de trabajo, requieren más energía eléctrica, y en consecuencia necesitan más metros cuadrados de celdas solares para efectuar la conversión suficiente de energía solar en electricidad.

Para enumerar un transpondedor sabemos que el ancho de banda de un satélite usual es de 500 MHz en total. Cuando un canal de televisión se transmite por satélite, al modularlo en frecuencia ocupa normalmente solo 36 de los 500 MHz disponibles, técnicamente esa ocupación puede hacerse en cualquier parte dentro de ese rango. Por conveniencia, el ancho de banda de 500 MHz se divide en espacioso ranuras, cuyo numero depende de la aplicación del satélite.

En esta figura se muestra una división usual del ancho de banda de un satélite en 12 ranuras o espacios iguales de 36 MHz de ancho de banda cada uno.



Los espacios libres entre ranuras adyacentes se dejan para disminuir la posibilidad de interferencia entre las señales que cada una contiene. Cada ranura puede trabajar con un canal de televisión independientemente, por lo que la capacidad total del satélite en esta banda C de operación sería igual a 12 canales de televisión. De acuerdo con la figura anterior, la frecuencia central del transpondedor número 4 es de 6.085 GHz; o sea, que esta es la frecuencia central con la que se estaría enviando el canal de televisión, con la película o el partido de tenis, de la tierra hacia el satélite.

ya sabemos que por la antena receptora del satélite entran todas las frecuencias de los 12 transpondedores. Es decir también que por ella entran diferentes clases de señales al mismo tiempo, que bien podrían ser en un momento dado seis o siete canales de televisión, miles de canales telefónicos y algunos canales de datos. Para la antena esto no representa ninguna dificultad, pero no es fácil construir aparatos electrónicos de alta potencia que realicen sus funciones de amplificación óptimamente con todas estas señales al mismo tiempo. Por tanto, es necesario aislarlas, para procesarlas y amplificarlas por separados, y esta es una de las razones necesarias por la que

se divide el ancho de la banda del satélite entre transpondedores; después del proceso, todas las señales se vuelven a juntar o agrupar, para que la antena transmisora las envíe hacia la Tierra. El primer dispositivo electrónico importante que encuentra las señales recibidas por la antena es un amplificador bajo ruido.

La primera etapa de amplificación es muy importante, por que cualquier señal recibida por la antena es muy débil ; después de haber recorrido 36000 km., procedentes de la superficie de la tierra, su nivel de potencia de llegada al satélite es muy bajo. Por esta razón, es muy importante que el ruido generado por este primer dispositivo de amplificación común sea lo mas bajo posible, y de ninguna manera comprobable en magnitud a ninguna de las débiles señales que están entrando en el.

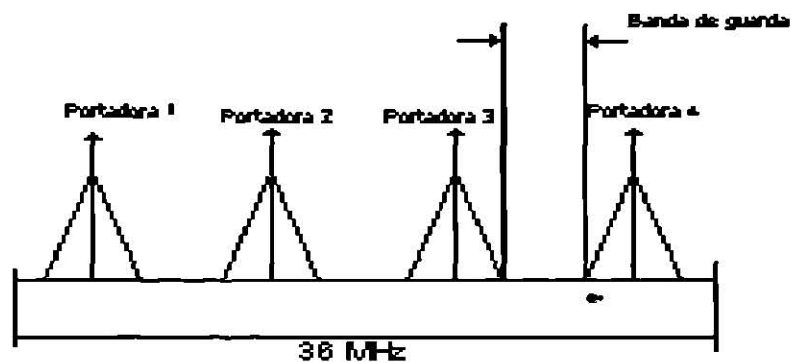
El amplificador de bajo ruido tiene un ancho de banda muy grande, de 500 MHz, pues debe ser capaz de amplificar al mismo tiempo todas las señales recibidas por la antena, antes de que proceda a separarlas entre si, por medios de filtros, para realizar las siguientes etapas de proceso que se lleva acabo en el subsistema de comunicaciones. Es un dispositivo clave, de cuyo funcionamiento depende que la información siga fluyendo o no dentro de el satélite, y por lo tanto debe contar con un duplicado; es decir; el amplificador de bajo ruido es un equipo redundante, de tal forma que uno de los amplificadores se descompone, mediante un conmutador se transfiere el enlace al otro que si este en buenas condiciones.

Cuando han alcanzado un nivel adecuado, pasan por un dispositivo conocido como convertidor de frecuencia, que no es mas que un oscilador local que multiplica las señales que entran por otra generada internamente; las señales obtenidas a la salida del aparato son similares a las que entraron, por lo que respecta a su contenido, pero han sido desplazadas a frecuencias mas bajas en el espectro radioelectrico. Después de amplificar y cambiar la frecuencia de las señales, el siguiente paso es separarlas en grupos o bloques ; cada grupo puede contener un solo canal de televisión o dos, cientos de canales telefónicos, un paquete de información digital de alta velocidad, o alguna otra variante. La separación se realiza con un multiplexor. A el entra la información completa de 500 MHz de ancho de banda, y en su interior, mediante filtros, se separan los canales en bloques de 36 MHz cada uno. A continuación, cada bloque pasa por una etapa muy fuerte de amplificación, proporcionada por un amplificador de potencia, y después todos los bloques

son reunidos nuevamente en un solo conjunto de 500 MHz de ancho de banda, a través de un multiplexor, conectada a la antena transmisora del satélite.

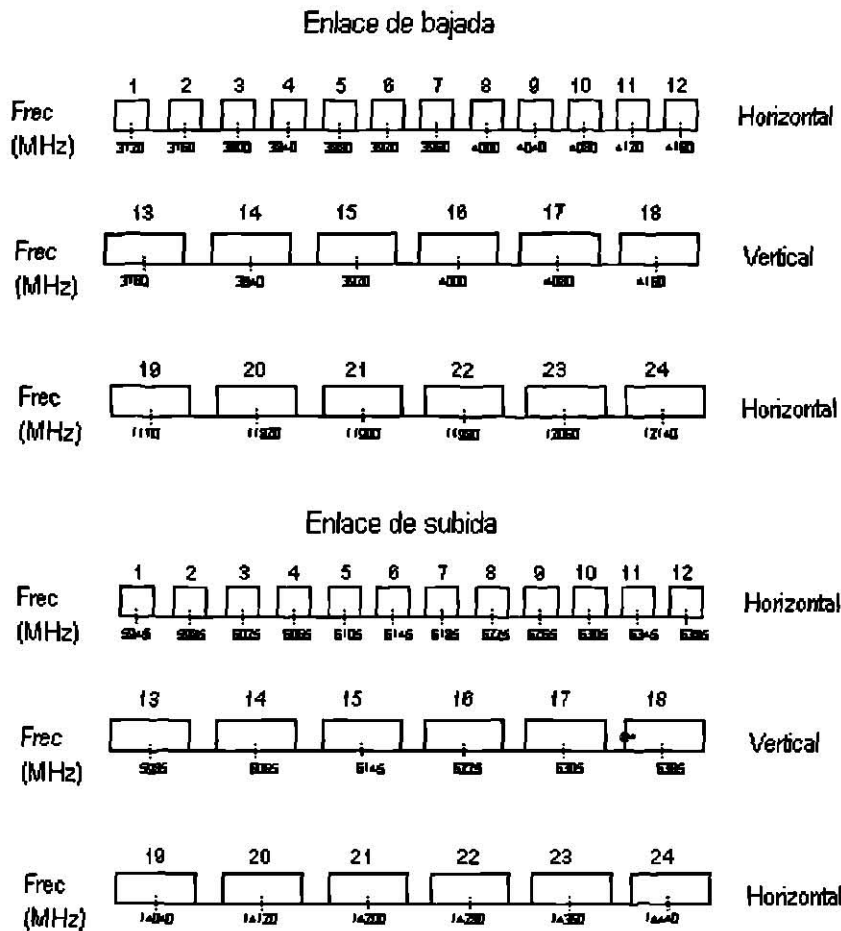
Todo tipo de información que se transmite al satélite tiene una frecuencia asignada, denominada portadora; por ejemplo, un canal de televisión tiene su propia frecuencia, y la combinación de 60 canales telefónicos en un solo grupo también tiene la suya. La misma técnica se utiliza cuando los canales telefónicos no se agrupan, sino que se envían en forma aislada, uno a uno; en este caso, cada canal telefónico tiene asignada una frecuencia portadora distinta. De igual forma, un canal digital que contenga datos, sin importar si es de alta o de baja velocidad, requiere tener su propia frecuencia portadora.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo usual de lo que podría contener un transpondedor de 36 MHz de ancho de banda, en donde el espacio de frecuencias disponible es ocupado por cuatro señales similares en amplitud y ancho de banda, con su propia frecuencia portadora; cada señal contiene 192 canales telefónicos agrupados y proviene de una ciudad distinta.



En la siguiente figura se muestra el plan de frecuencias y polarización de un satélite Híbrido, que tiene 12 transpondedores angostos de 36 MHz y 6 anchos de 72 MHz en la banda C, así como 6 transpondedores de 72 MHz en la banda Ku. Las señales de los transpondedores angostos de banda C son transmitidos hacia el satélite con polarización vertical y retransmitidas hacia la Tierra con polarización horizontal; para los transpondedores anchos de banda C se usa polarización horizontal en el enlace de subida y vertical en el de bajada; y en cuanto a los transpondedores en la banda Ku, las señales al

satélite suben al satélite con polarización vertical y bajan con la polarización horizontal.



Hay tres tipos de enlaces que son; punto-punto, punto-multipunto, multipunto-punto. El primero uno solo a dos enlaces geográficos, por ejemplo, cuando se tienen una conversación telefónica, en cuyo caso el enlace es bidireccional. El segundo corresponde a un sistema de difusión o distribución de información, en donde la señal es generada en un solo punto, por ejemplo, en un estudio de televisión, en una cabina de radio o en un centro de computo y se desea que sea recibida en muchos otros puntos, sin necesidad que estos respondan, o sea que el enlace es unidireccional, en forma de estrella. El tercero es el caso inverso al anterior, donde en vez de diseminar una información en muchos puntos, se desea concentrarla o recolectarla de estos en un solo punto específico; por ejemplo, podrían

tenerse muchas estaciones terrenas transmisoras en todas las plantas generadoras de energía eléctrica de un país, que transmitiesen la información mas importante sobre su estado de operación a una gran central de control de energía, ubicada en un punto clave, que utilizaría la información proveniente de todas las plantas para analizar y controlar mejor la generación y distribución de la energía eléctrica dentro de su territorio, enviando ordenes y comandos a cada planta generadora según fuese necesario.

Para que no ocurra ningún tipo de conflicto entre las señales que llegan simultáneamente al satélite, se establece un orden median una técnica de acceso múltiple, de la cual hay tres tipo y son:

- Acceso múltiple por división de frecuencia
- Acceso múltiple por división en el tiempo
- Acceso múltiple por diferenciación de código

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA

Ya sabemos que el ancho de banda de un satélite es de 500 MHz y se divide en varios trnaspondedores, y que una forma usual de hacerlo es con ranuras de 36 MHz. Sin embargo, cada estación terrena que transmite desde la Tierra no tiene necesariamente el suficiente trafico para generar información que ocupe todo ese ancho de bando y que puede enviar con una sola frecuencia portadora determinada. Un ejemplo claro, seria suponer tres ciudades, una grande de población, otra de tamaño medio y una población rural con unos cuantos miles de habitantes, y supóngase que las tres desean hacer uso del satélite. Es razonable suponer que la primera hay la mayor demanda de conversaciones telefónicas, tanto por su mayor nivel económico, como su mayor densidad de población; en la segunda hay una demanda menor, en la tercera menos todavía. Por consiguiente, las señales que se generan a cada instante en cada una de esas tres poblaciones requieren distintos anchos de banda para que requieren distintos anchos de banda para que puedan transmitirse.

En el ejemplo anterior si las tres ciudades transmiten al mismo tiempo, deben hacerlo con frecuencias portadoras diferentes para que no haya interferencia. Si la suma de los anchos de banda que requieren las tres estaciones individualmente da un total cercana a los 36 MHz, entonces las

tres ocuparan simultáneamente el mismo transpondedor del satélite, separadas por bandas de guarda. Esta forma de uso simultáneo del transpondedor por varias estaciones terrenas, estén o no situadas en la misma ciudad, recibe el nombre de acceso múltiple por división de frecuencia o FDMA.

Otra técnica de acceso múltiple que brinda mayor flexibilidad se denomina acceso múltiple por división en frecuencia con asignación de demanda o DAMA. Esta técnica permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico, pues las ranuras que asignan a las estaciones terrenas solamente durante el tiempo que las necesitan para establecer comunicación; en el momento en que alguna deja de transmitir, esa ranura se libera y queda disponible para cualquier otra de las estaciones del sistema que la solicite temporalmente. Cuando unos minutos u horas después, la estación terrena que libero una ranura quiera transmitir mas información, podría darse el caso de que la ranura de frecuencia que uso previamente dentro del amplificador este ocupada en ese instante por la señal de otra estación; pero puede haber otra ranuras vacías en ese momento, y de ser el caso, la estación terrena en cuestión podría utilizar cualquiera de ellas. Es decir, la frecuencia de la portadora transmitida por cada estación terrena cambia en el tiempo, moviéndose de lugar en el espectro radioelectrico el amplificador y, por supuesto, la estación debe estar debidamente equipada para hacerlo.

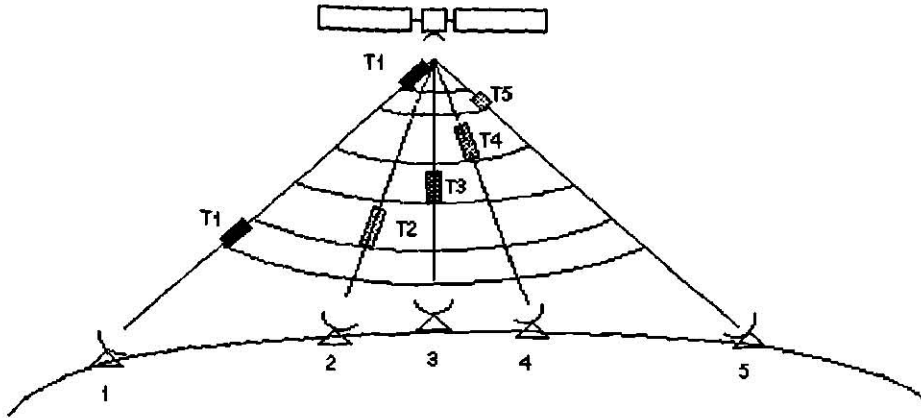
Desde luego que cualquier ranura vacía no se puede hacer en forma arbitraria, sino a través de una estación central que coordina el banco de frecuencias disponibles. Cada vez que una estación terrena desee iniciar una transmisión, debe solicitarse antes al banco de frecuencias que se le asigne una de ellas para su portadora; este mismo banco de frecuencias se comunica con el punto de destino para informarle que se le va a transmitir y en que frecuencia debe sintonizarse para que reciba la señal; solamente hasta que la estación transmisora y al receptora hayan recibido la asignación de sus frecuencias de operación, se puede iniciar el enlace.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO

El acceso múltiple por división en el tiempo o TDMA es una técnica totalmente digital mediante la cual varias estaciones terrenas accesan u ocupan un transpondedor o parte de él. A diferencia del acceso múltiple por división en frecuencia dentro del transpondedor, normalmente con un ancho de banda diferente, en esta nueva técnica todo un grupo de estaciones tiene asignada la misma ranura, con cierto ancho de banda fijo, y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo; es decir, cada estación tiene asignado un tiempo T para transmitir lo que guste dentro de la ranura, y cuando su tiempo se agota debe dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en la secuencia, hasta que le toque nuevamente su turno.

El tiempo T asignado a cada estación no es necesariamente igual en todos los casos, puesto que algunas estaciones conducen mas tráfico que otras y, por lo tanto, la ranura de tiempo que se le asigne debe ser mas larga que las estaciones chicas. En estas condiciones, es preciso reorganizar la distribución de los tiempos con una nueva estructura de marco o trama de transmisión, dándole ranuras de tiempo mas largas a las estaciones con exceso de tráfico y ranuras mas cortas a las de poco tráfico.

La duración usual de un marco o ciclo es de unos cuantos milisegundos y se requiere con un mecanismo confiable de sincronización, para que no haya traslapes entre las transmisiones de las diversas estaciones. Un sistema TDMA es mas complejo que uno de FDMA y necesita una buena coordinación entre todas las estaciones terrenas de la red que lo usan y una estación de referencia; además, como las estaciones transmiten en forma de ráfaga a intervalos con duración de una pequeña fracción de milisegundo, deben contar con módulos de almacenamiento de información digital, que funcionan como memorias de amortiguamiento y que van liberando la información por paquetes en cada ráfaga. Una de las grandes ventajas de esta técnica es que durante cada ráfaga. Una de las grandes ventajas de esta técnica es que durante cada ranura de tiempo se pueden transmitir en forma multiplexada digitalmente, y por paquetes, porciones de canales telefónicos, de datos y hasta vídeo sobre la misma portadora de la ráfaga.



Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante acceso multiple por división en el tiempo con signacion fija y tiempo T desiguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.

La técnica TDMA, al igual que la FDMA, no es mas que una forma mediante la cual las estaciones terrenas comparten un transpondedor o parte de el. Independientemente del tipo de acceso que se utilice, es necesario que los canales de vídeo, voz y datos que se van a transmitir pasen por varias etapas de procesamiento a partir de su estado de banda base, principalmente las etapas de multiplexaje y modulación, de las cuales hay una gran diversidad. En la estación terrena transmisora primero se multiplexan o se combinan en frecuencia varios canales originalmente en banda base, después el resultado modula en frecuencia a una portadora, y posteriormente esta accesa al transpondedor del satélite; en el punto receptor o destinatario se tiene que efectuar el proceso inverso para recuperar los canales en su forma original o banda base , es decir, demodular en frecuencia y después demultiplexar en frecuencia.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIA DE CÓDIGO

Además de las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA, que son las de mayor uso en los satélites comerciales de comunicaciones, existe una tercera alternativa en la que un transpondedor completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo. Esta técnica, denominada acceso múltiple por diferencia de código CDMA, y que aparentemente resulta imposible, es particularmente útil en transmisiones confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia; al igual que TDMA, totalmente digital, y presenta ventaja de que las antenas terrenas transmisoras y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación muy amplios. Por otra parte, presenta el inconveniente de que ocupa mucho ancho de banda, pues cada bit de información como los que se transmiten en modalidad TDMA se transforma en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo con un código determinado previamente. En virtud de que ancho de banda que utiliza el sistema de CDMA es muy amplio, por la expansión del espectro en frecuencia de la señal al codificador cada bit de información en un nuevo tren de bits, también se le denomina acceso múltiple con espectro expandido o SSMA.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO CON CONMUTACIÓN EN EL SATÉLITE

Los satélites mas modernos se están construyendo con varias antenas de haz pincel, diseñadas para cubrir diferentes zonas geográficas con muy alta densidad de potencia; cada haz asociado con ciertos receptores y transmisores y es posible conmutar parte de la información, o toda, de un haz a otro mediante una matriz de microondas. Este versátil y novedoso sistema es digital, con acceso múltiple TDMA; se denomina acceso múltiple por división en el tiempo con conmutación en el satélite o SS/TDMA. La cual incrementa significativamente la eficiencia de un sistema, puesto que se logra la cobertura total de un gran territorio dividido en zonas con haces de potencia altamente concentrada, en vez de hacerlo con un solo haz común de baja densidad de potencia por unidad de área.

FRECUENCIAS ASIGNADAS Y REUTILIZACION DE FRECUENCIAS

La capacidad de tráfico de un satélite esta limitada por dos factores: ancho de banda y potencia de los amplificadores. Por lo que respecta al ancho de banda, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha asignado para el servicio fijo por satélite las bandas C, X, Ku y Ka, con frecuencias centrales aproximadas de los enlaces ascendentes y descendentes de 6/4 GHz, 8/7 GHz, 14/11 o 14/12 GHz, y 30/20 GHz, respectivamente; dependiendo de la región, hay variaciones entre los límites inferior y superior de cada una de estas bandas. Las bandas C y Ku son las que se utilizan comercialmente en la actualidad, y hasta hace poco había solo 500 MHz de ancho de banda asignado en cada una de ellas, por lo que la mayor parte de los satélites que las utilizan operan con esa cantidad; sin embargo, ya se han asignado otras bandas adicionales muy cercanas, y el ancho de banda se ha incrementado a 1000 MHz. La banda X es empleada por satélites militares y gubernamentales. La banda Ka se encuentra aun en su etapa de experimentación, pero pronto se lanzaran los primeros satélites comerciales que la aprovechen; esta banda tiene un ancho muy atractivo de 3500 MHz, pero su principal desventaja es que cuando llueve los niveles de atenuación a esas frecuencias son mucho mayores que en las bandas C y Ku.

En la siguiente tabla mostraremos las frecuencias asignadas para cada una de estas bandas para que funcionen los receptores (enlace ascendente) y amplificadores transmisores (enlace descendente) de los satélites.

Banda	Enlace ascendente (GHz)	Enlace descendente (GHz)
C : 6/4 GHz	5.925 - 6.425 (500 MHz)	3.700 - 4.200 (500 MHz)
	5.850 - 7.075 (1225 MHz)	3.400 - 4.200 4.500 - 4.800 (1100 MHz)
X : 8/7 GHz	7.925 - 8.425 (500 MHz)	7.250 - 7.750 (500 MHz)
Ku : 14/11 GHz	14.000 - 14.500 (500 MHz)	10.950 - 11.200 11.450 - 11700 (500 MHz)
	12.750 - 13.250 14.000 - 14.500 (1000 MHz)	10.700 - 11.700 (1000 MHz)
14/12 GHz	14.000 - 14.500 (500 MHz)	11.700 - 12.200 (500 MHz)
Ka : 30/20 GHz	27.500 - 31.000 (500 MHz)	17.700 - 21.200 (3500 MHz)

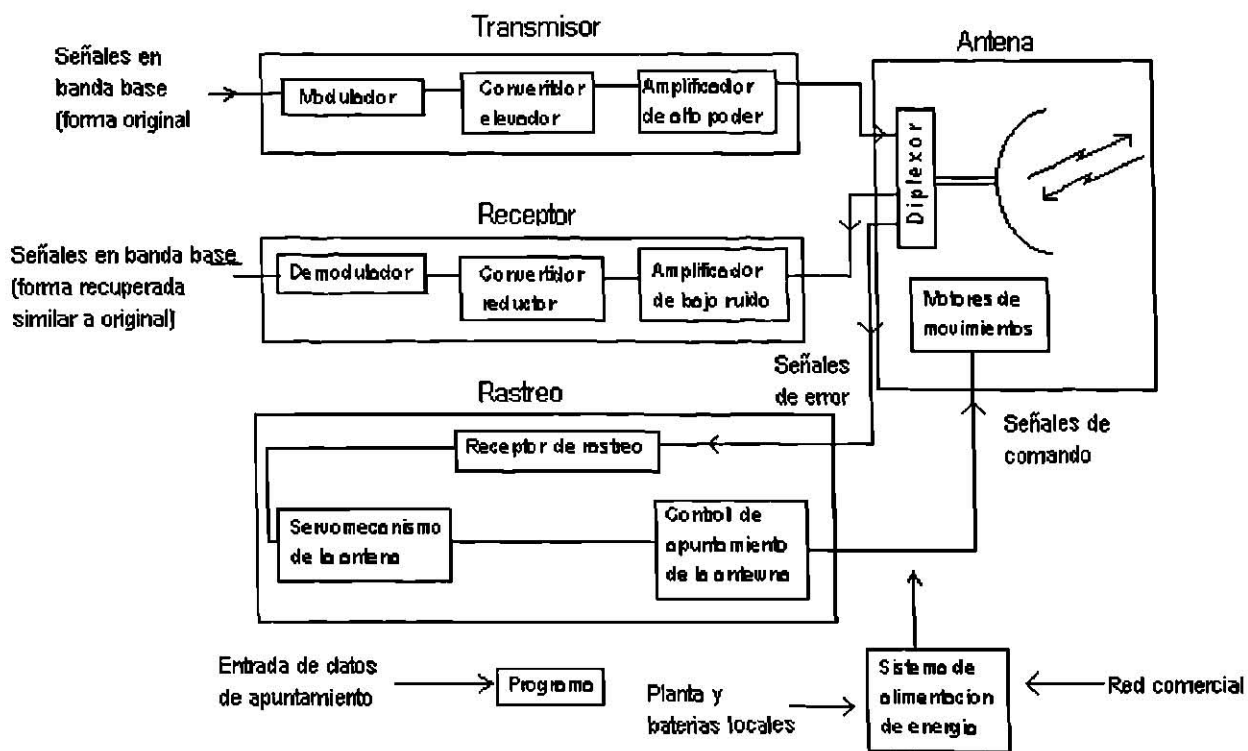
El espectro radioelectrico es finito, y con el fin de aumentar la capacidad de cada satélite se han desarrollado dos métodos para utilizar las frecuencias casi por duplicado: reutilizacion con aislamiento espacial y con discriminación de polarización.

La reutilizacion de frecuencias con aislamiento espacial se realiza con un subsistema de antenas que produzca muchos haces dirigidos hacia zonas geográficas diferentes, si algunos haces estén lo suficientemente separados entre si, entonces pueden utilizar las mismas frecuencias.

La reutilizacion de frecuencias con discriminación de polarización se efectúa mediante la transmisión simultánea en un mismo haz, a la misma frecuencia, con señales de polarización ortogonales; estas pueden ser lineales (horizontal y vertical) o circular (derecha e izquierda). Muchos satélites comerciales operan con este tipo de reutilizacion de frecuencias, por ejemplo el satélite Morelos.

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACIÓN TERRENA

Todo satélite es solo un nodo o punto intermedio de la red de comunicaciones de la que forma parte, que se complementa con las estaciones terrenas a través de él. Una estación terrena consiste una serie de equipos interconectados entre sí, de los cuales el más representativo y conocido es su antena o plato parabólico. El término estación terrena se utiliza indistintamente para indicar a todo equipo terminal que se comunica desde la tierra con un satélite.

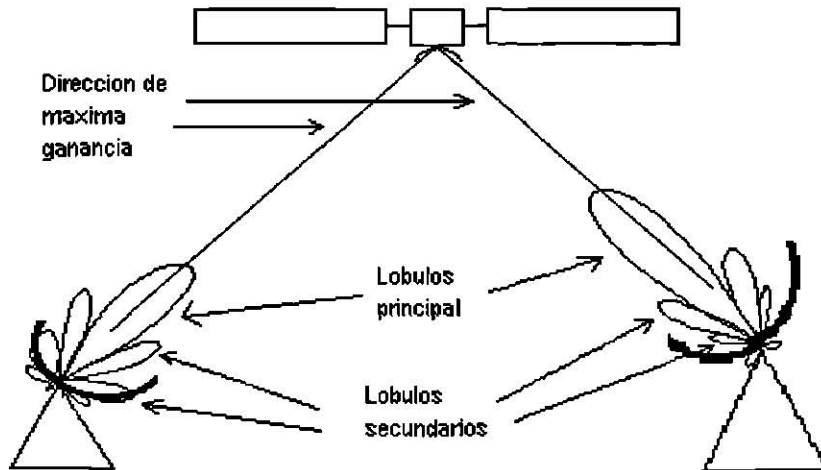


Esta figura muestra un diagrama a bloques generalizado de una estación terrena.

En una estación terrena por lo general, se utiliza la misma antena para transmitir y recibir, si es que su aplicación así lo requiere; para esto se interconecta simultáneamente con los bloques de transmisión y recepción por medio de un dispositivo de microondas llamado diplexor.

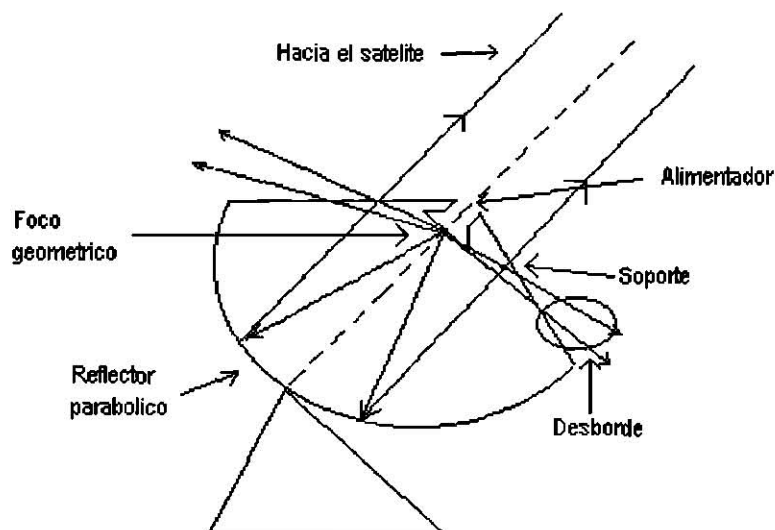
FUNCIONAMIENTO DE UNA ANTENA

Las características mas importantes de una antena son su ganancia y su patrón de radiación. La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida por una antena isotrópica. Por lo tanto, siempre se desea tener la mayor ganancia posible en la dirección en la que vienen las señales que se quieren recibir, o en la que se va a transmitir algo, y la mínima en todas aquellas otras direcciones que no sean de interés; de allí que los lóbulos laterales o secundarios de radiación de la antena deben ser los mas pequeños que sea posible, para que no capten señales indeseables provenientes de otros satélites o de sistemas terrestres de microondas, o bien para que no transmitan en direcciones no autorizadas o innecesarias. Estrictamente la ganancia de una antena tiene siempre un valor definido en cualquier dirección a su alrededor, pero por convención se acostumbra asociarla a la dirección de máxima radiación, que es el eje del lóbulo principal de su patrón de radiación; su valore depende de varios factores, entre ellos el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentación con el que es iluminada, así como la posición y orientación geométrica del mismo. Cuanto mayor sea el diámetro de una antena parabólica, mayor será su ganancia, su haz o lóbulo principal de radiación es mas angosto, y los lóbulos secundarios se reducen; así mismo, su diámetro se conserva fijo, el mismo efecto anterior se obtiene mientras mayor sea la frecuencia de operación, pues eléctricamente hablando, la antena es mas grande en términos de longitudes de onda.



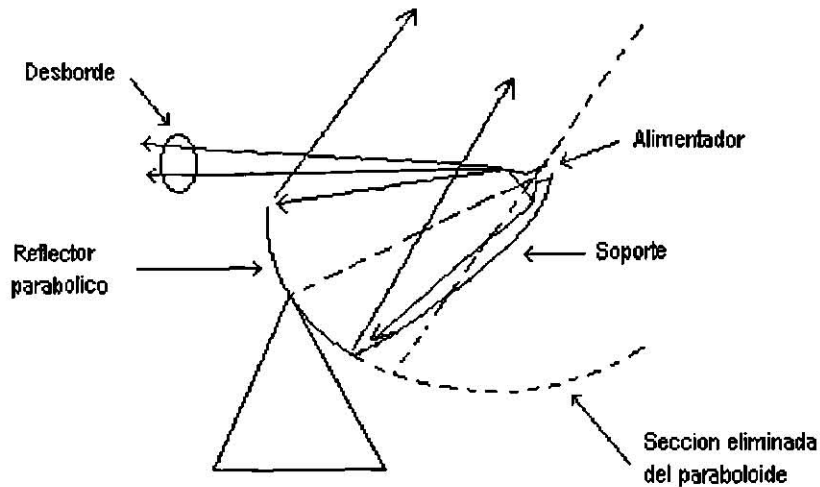
Patrón de radiación de la antena parabólica de dos estaciones terrenas, una pequeña y una grande

Una antena parabólica tienen la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas (como si fuera una lente) en un punto común llamado foco (modo de recepción); si mismo, si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación (modo de transmisión). Este foco coinciden con el foco geométrico del paraboloide de revolución que representa matemáticamente a la antena y en el se coloca el alimentador, que por lo general es una antena de cometa; el tipo de alimentador define la ganancia final de la antena y las características de sus lóbulos. Hay varios tipos de alimentación de una antena parabólica, pero los tres mas utilizados son de alimentación frontal, descentrada y Cassegrain.



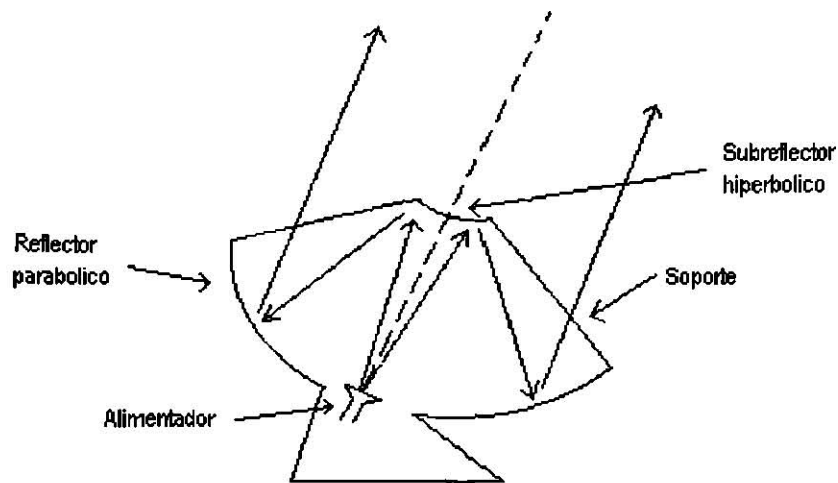
Antena parabólica con alimentación frontal

En una antena parabólica con alimentación frontal como se muestra en la siguiente figura, el eje del alimentador o corneta coincide con el eje de la antena, y la apertura por la que radia esta orientada hacia el suelo; esto último presenta el inconveniente de que la energía radiada por el alimentador que se desperdicia por desborde, se refleja parcialmente al tocar el suelo y puede degradar la calidad de la señal transmitida. Así mismo, si la antena está recibiendo del satélite, los rayos que incidan sobre el piso cerca de la antena se reflejan hacia el alimentador, y pueden causar una degradación en la calidad de la señal recibida al sumarse fuera de fase con los rayos directos que son reflejados por el plato parabólico. El desborde de la radiación del alimentador se puede reducir si se aumenta el diámetro de la antena o si se utiliza un alimentador de mayores dimensiones, pero esto puede convertir a la antena en demasiado voluminosa, o bien el alimentador y su estructura de soporte bloquean más el paso libre de las señales con la consecuencia de degradación de las mismas. A pesar de tales desventajas, incluyendo la del montaje del equipo electrónico inmediatamente atrás del alimentador, esta antena resulta fácil y económica de construir, y para ciertos fines de operación, por ejemplo se usa casi universalmente en las estaciones caseras receptoras de televisión, donde la calidad de recepción de la señal es suficiente puesto que se consume localmente y no es necesario que pase por etapas adicionales de procesamiento, como si ocurre en telefonía multicanal o distribución de televisión.



Antena parabólica con alimentación descentrada (modo de transmisión)

El bloqueo del alimentador, el equipo electrónico y la estructura de soporte se puede eliminar si se utiliza una antena parabólica con alimentación descentrada. En este caso, solo se emplea una sección del plato parabólico y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella; es decir, los ejes de la corneta (alimentador) y del paraboloide no coinciden, de allí el nombre de alimentador descentrada. Sin embargo, la construcción de toda la estructura reflectora y de soporte es mas costosa que la de alimentación frontal, además de que no se resuelven problema de desborde por las orillas de la superficie parabólica. De cualquier forma, este tipo de antena se utiliza en estaciones receptoras y transmisoras de televisión, telefonía y datos.



Antena Cassegrain con alimentación frontal (modo de transmisión)

La antena Cassegrain es mucho más eficiente que cualquiera de los dos tipos de antenas descritas y su ganancia es mayor, pero su precio es más alto. Se utiliza en la mayor parte de las estaciones terrenas transmisoras y receptoras de televisión (por ejemplo las estaciones que distribuyen canales en una población, ya sea por cable o por aire), así como las que transmiten y reciben cantidades muy grandes de telefonía y datos, incluyéndose en ellas desde las pequeñas antenas de las empresas hasta las medianas y grandes usadas en el servicio público doméstico e internacional. Su configuración geométrica involucra a un segundo reflector con superficie hiperbólica, llamado subreflector, y el alimentador o corneta ya no tiene su apertura orientada hacia el piso, si no hacia arriba, por lo que el ruido que se introduce en las señales ya no es generado por reflexiones en la Tierra sino principalmente por emisiones de la atmósfera. Los ejes de la parabólica, el alimentador y la hipérbola coinciden, y el diseño es equivalente a tener una antena imaginaria menos cóncava y con un alimentador más alejado de su vértice; de esta forma, la parabólica equivalente captura mejor la energía radiada por la corneta y el desborde se reduce significativamente. Además, con el diseño Cassegrain se tiene la ventaja de que el equipo electrónico se puede colocar sin problemas en una pequeña cabina inmediatamente atrás del alimentador y sin importar mucho su peso y dimensiones, reduciéndose así todo tipo de pérdidas por cableado.

RASTREO DEL SATÉLITE

Dependiendo de cuanto se mueva el satélite geostacionario en relación con su posición designada y del ancho del haz de la antena terrestre que se desee comunicarse con el, se puede requerir o no un sistema de rastreo. Cuando mas angosto sea el ancho del haz de la antena y esta este mas cerca del ecuador, el apuntamiento se vuelve mas importante, especialmente si el satélite esta directamente encima de la estación. En cambio, si la estación esta en una latitud alejada del ecuador, la amplitud de los movimientos del satélite tiene un impacto menor en los ajustes necesarios de la orientación de la antena para rastrearlo. Si el ancho del haz de la antena es mucho mas grande que la ventana del satélite (espacio permitible para que el satélite se desplace), entonces no se necesita un sistema de rastreo, pero la aplicación de la antena es la que dicta finalmente esta necesidad.

Existen fundamentalmente dos tipos de sistemas de rastreo, el preprogramado y el automático; en el caso del segundo, el seguimiento del satélite se puede hacer por pasos o en forma continua (con monoimpulsos).

El rastreo prepogramado consiste en determinar con anticipación los movimientos del satélite y programar acordemente el mecanismo de orientación de la antena de la estación terrena para que lo siga. El satélite no se mueve arbitraria o aleatoriamente, sino de acuerdo con la influencia de las fuerzas perturbadoras.

El sistema de rastreo monoimpulsos es el mas preciso y confiable para las antenas grandes, especialmente si funcionan en la banda Ku. Su funcionamiento se origina por la tecnología del radar, pues ahora la búsqueda es por un nivel mínimo de recepción de la señal guía, y para esto la antena parabólica necesita un alimentador especial. Los primeros diseños de sistemas monoimpulsos utilizan cuatro antenas de corneta colocadas simultáneamente alrededor del foco geométrico de la parábola; están reciben simultáneamente la señal guía o radiobaliza emitida por el satélite y las detecciones de los cuatro se comparan para determinar señales de error en el apuntamiento y efectuar las correcciones necesarias.

EL TRANSMISOR

Las estaciones transmisoras sencillas cuentan con un solo bloque de transmisión como lo indica el diagrama de bloques generalizado de una estación terrena, y las que conducen gran cantidad o diversidad de señales tienen varios bloques en paralelo. El equipo transmisor consiste básicamente en tres módulos: modulador, convertidor elevador y amplificador de alta potencia. Después de que una señal ha sido generada o producida, ya sea que consista en canales telefónicos, de televisión o de datos, y una vez hechas las combinaciones necesarias de multiplexaje en frecuencia o en el tiempo, se requiere acondicionarla para que pueda ser radiada eficientemente a través del aire, sin que sea interferida o interfiera con otras señales; este acondicionamiento permite también que se le pueda recuperar fielmente en la estación terrena receptora. El proceso electrónico que se efectúa con este fin es la modulación de una portadora por la señal, y existen varios tipos del mismo; los más comunes son el analógico de modulación en frecuencia y el digital de desplazamiento de fase.

El modulador de la estación 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; este paso de la señal modulada a frecuencia intermedia es el primero en su ascenso de conversión a microondas. Aunque el modulador coloca a la señal modulada en una región más alta del espectro radioeléctrico, la frecuencia intermedia no es adecuada todavía para radiarla eficientemente a través de la atmósfera. Por lo tanto, es necesario subirla más en frecuencia, empleándose para ello un equipo convertidor elevador de frecuencia.

El convertidor elevador transfiere a la señal de la frecuencia intermedia a una posición dentro del espectro radioeléctrico en donde las nuevas frecuencias que la integran son mucho más altas que cuando salieron del modulador. La señal tiene ahora las frecuencias apropiadas para poder ser radiada hacia el satélite, pero su nivel de potencia es aún más bajo, por lo que es preciso amplificarla antes de entregársela a la antena; para esto se utiliza un amplificador de alta potencia.

RECEPTOR

En resumen de lo que hemos visto, un satélite de comunicaciones funciona como un gran espejo directivo en el espacio; la señal retransmitida por el es idéntica a la que recibe desde la estación terrena transmisora, con la diferencia de que es colocada en una región de frecuencias más bajas en el espectro radioeléctrico y por supuesto, es amplificada. En su 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 las antenas de las estaciones receptoras es sumamente bajo. La antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite en la polarización y banda de frecuencias con las que ella funciona, o sea, información de muy diversos tipos dentro de un ancho de banda usual de 500 MHz; sin embargo lo común es que cada estación en particular solamente sea recibir una pequeña porción de toda esa información, concentrada quizá en un ancho de banda de tan solo 5 MHz o aun menos. Es decir, que la estación, después de capturar y amplificar toda esa información, debe separar solo aquella parte que le corresponda para procesarla. Hay que tomar en cuenta que posiblemente la información dirigida a una estación en particular provenga de diferentes estaciones terrenas transmisoras que funcionen con transpondedores distintos en el satélite; por lo tanto, esas señales ocupan posiciones diferentes dentro de los 500 MHz del ancho de banda del paquete de información que el satélite retransmite y, en consecuencia, la estación receptora debe extraer únicamente las porciones que le interesen, y que no necesariamente son adyacentes en frecuencia.

SISTEMA SATELITAL EN MÉXICO

Desde 1985, México cuenta con su propio sistema domestico de comunicaciones por satélite; el sistema consiste en dos satélites híbridos. El Morelos 1 fue lanzado en Junio de 1985 y colocado en 113.5° O; el Morelos 2 se lanzo en Noviembre del mismo año y se coloco en órbita en una órbita de almacenamiento, de la cual paso, después de deslizamientos graduales, a través de los años. a su posición geostacionaria asignada de 116.5° O en 1989. La Secretaria de Comunicaciones y Transporte de México, propietaria del sistema, lo opera y controla desde su propio centro en Iztapalapa, ciudad de México, a través del Morelos 1 y aproximadamente 400 estaciones terrenas publicas y privadas se transmiten programas de radio y televisión, telefonía SCPC y multicanal, y datos a diferentes velocidades. La cobertura del territorio nacional es total tanto con los haces de polarización ortogonal de banda C como con el haz de banda Ku, y varios de los enlaces han beneficiado a muchos miles de habitantes de zonas rurales. Los satélites Morelos pertenecen a la familia HS 376 fabricada por la compañía Hughes y fueron los primeros de la serie de ser adaptados para operar en forma híbrida.

Fabricante	Hughes
Estabilización	por giro
Masa en órbita	650 Kg
Potencia eléctrica	940 W
Vida útil	9 años
Bandas de frecuencia	C y Ku
Polarización	lineal ortogonal en banda C lineal en banda Ku
Numero de transpondedores y Ancho de banda de cada uno: Banda C	12 de 36 MHz 6 de 72 MHz
Banda Ku	4 de 108 MHz
Potencia del amplificador de cada transpondedor Banda C	7W (36 MHz) 10.5 W (72 MHz)
Banda Ku	19 W

Principales características de los satélites Morelos.

