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

PRESENTA

Manuel Fernando Valdez Gutiérrez

Asesor: Ing. Fernando Estrada Salazar

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. NOVIEMBRE DE 1996

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

Manuel Fernando Valdez Gutiérrez

Asesor: Ing. Fernando Estrada Salazar

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. NOVIEMBRE DE 1996

INDICE

DEDICATORIA

A DIOS

Por haberbe dado vida y ganas de superacion
para poder llegar a realizar mis metas

A MIS PADRES

Por apoyarme en toda mi carrera y
por haberme impulsado para alcanzar
y superar todo lo malo y bueno de la vida

A MIS HERMANOS

Por estar conmigo en las buenas y malas
y tratar de servir como un ejemplo para ellos

A MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS

Por impartir sus conocimientos y aprender
algo de ellos

A MI NOVIA

Por haberme apoyado y saber comprenderme
en los ratos buenos y malos de mis ultimos
semestres de mi carrera

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 vídeo 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 e 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

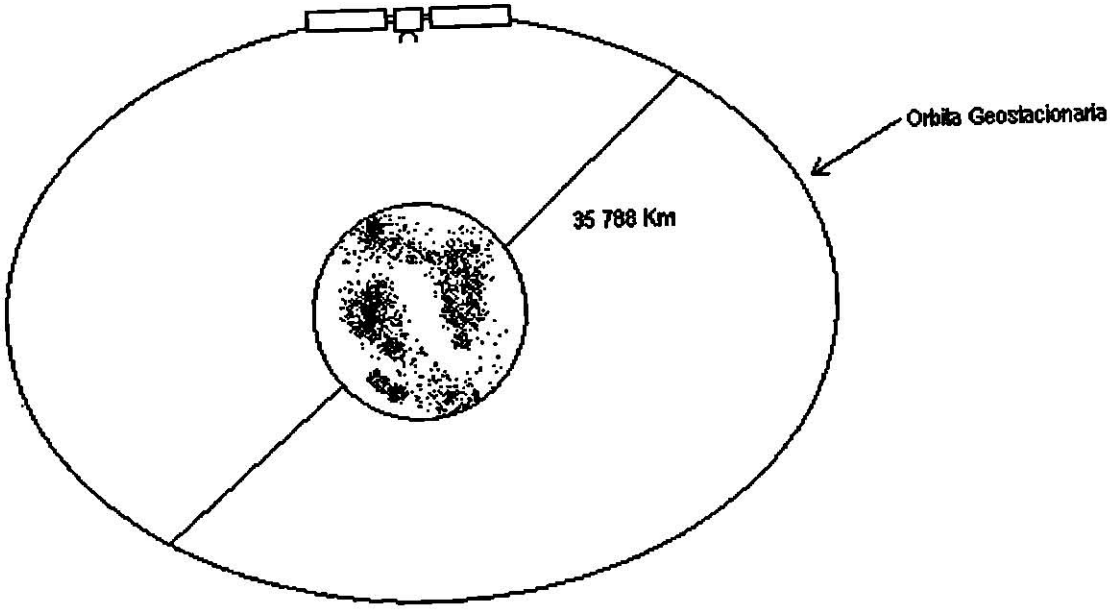
ÓRBITA GEOSTACIONARIA

Los satélites geostacionarios son colocados en una órbita que en u 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 sugerio 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 e 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 pode 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 lanzo 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 mas tarde había un satélite en cada uno de los océanos principales (indico, pacifico 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; cas 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 un fuerza necesaria para poder llegar a nuestra órbita por eso algunos científico se basaron en la leyes de Newton que rigen la mecánica clásica esto dice qu la fuerza de atracción entre un cuerpo y la tierra es inversamente proporciona al cuadrado de la distancia que hay entre ambos y directamente proporciona 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 hombr actualmente pueda mandas vehículos de carga al espacio como son cohetes lanzadores con satélites artificiales en su interior y así poder llegar a s posición orbital una vez que hayan llegado ahí.

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

1. INYECCIÓN DIRECTA EN ÓRBITA GEOSTACIONARIA

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

2. INYECCIÓN INICIAL EN ÓRBITA ELÍPTICA

En este procedimiento el satélite llega a una órbita elíptica de gra 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 transportació 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 s 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 po las Unión Internacional de Telecomunicaciones desde varios años d anticipación. Ya estando ahí estará con varios satélites a su alrededor, lo cuales están transmiten en igual o diferente frecuencia, por este motivo debe de estar colocados a una distancia aproximadamente separados por dos o tre 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 radioelectric entre ellos.

Otro de los problemas del satélite en su nuevo ambiente espacial, so las fuerzas perturbadores que en ese ambienten rigen, por eso tiene una ciert flexibilidad de movimientos limitado, esto puede ser corregido por e subsistema de propulsión del satélite, con esto es posible ayudarlo a corregi su orientación y posición, enviándole comandos a control remoto en form 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 comunicación.

SUBSISTEMAS DE ANTENAS

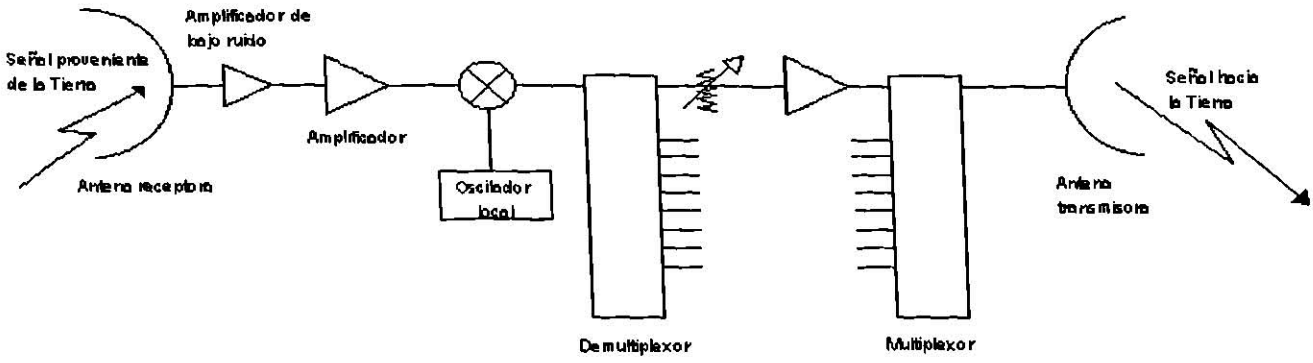
Las antenas son una de las partes importantes del satélite, estas se encargan de recibir y transmitir las señales de radio frecuencia llegadas desde la tierra; puede que el satélite tenga una antena para recibir y otra para mandar las señales, pero también puede usarse la misma antena para hacer estas 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 dos 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, co 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 limites 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 aparto 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 recepcion, puede recibir la misma calidad mas canales de televisión telefonía o datos que otro cuyo ancho de banda de operación sea menor.

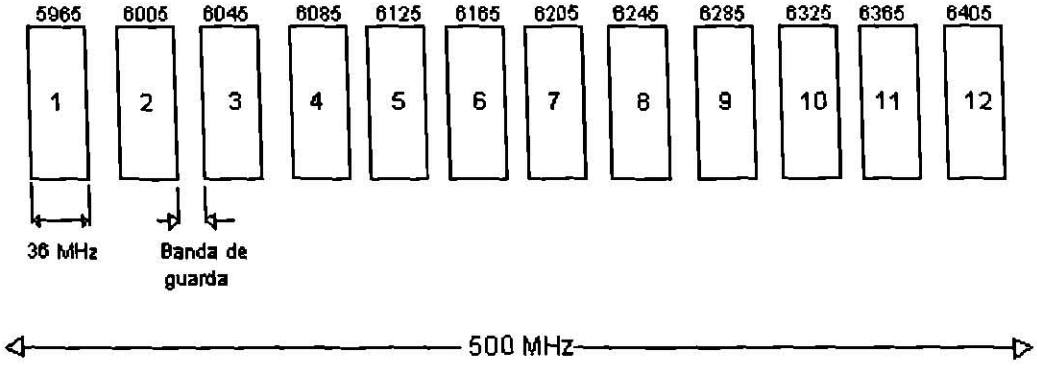
Un satélite puede tener varias antenas receptoras o solamente una, esto es dependiendo de su diseño y aplicaciones, cada una de ellas debe ser capaz de recibir al mismo tiempo muchos canales con información que posteriormente serán amplificados por separados en distintos transpondedores. Es decir, las antenas receptoras, y lo mismo se aplican a las antenas transmisoras, tienen un ancho de banda muy grande, suficiente para operar a la 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 numero 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 están 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 limites inferior y superior son, respectivamente, 3.7 y 4.2 GHz; posteriormente, todas las señales contenidas en estas ultimas 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 frecuencias 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 mas energía eléctrica, y en consecuencia necesitan mas 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 u 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 seria igual a 12 canales de televisión. De acuerdo con la figura anterior, la frecuencia central del transpondedor numero 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.

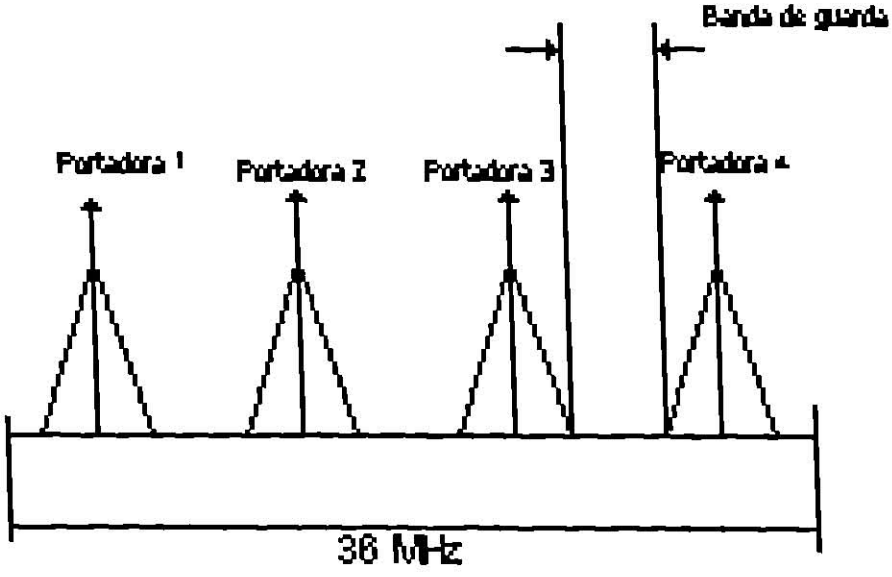
La primera etapa de amplificación es muy importante, por que cualquier señal recibida por la antena es muy débil ; después de haber recorrido 36000 km., procedentes de la superficie de la tierra, su nivel de potencia de llegada al satélite es muy bajo. Por esta razón, es muy importante que el ruido generado 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.

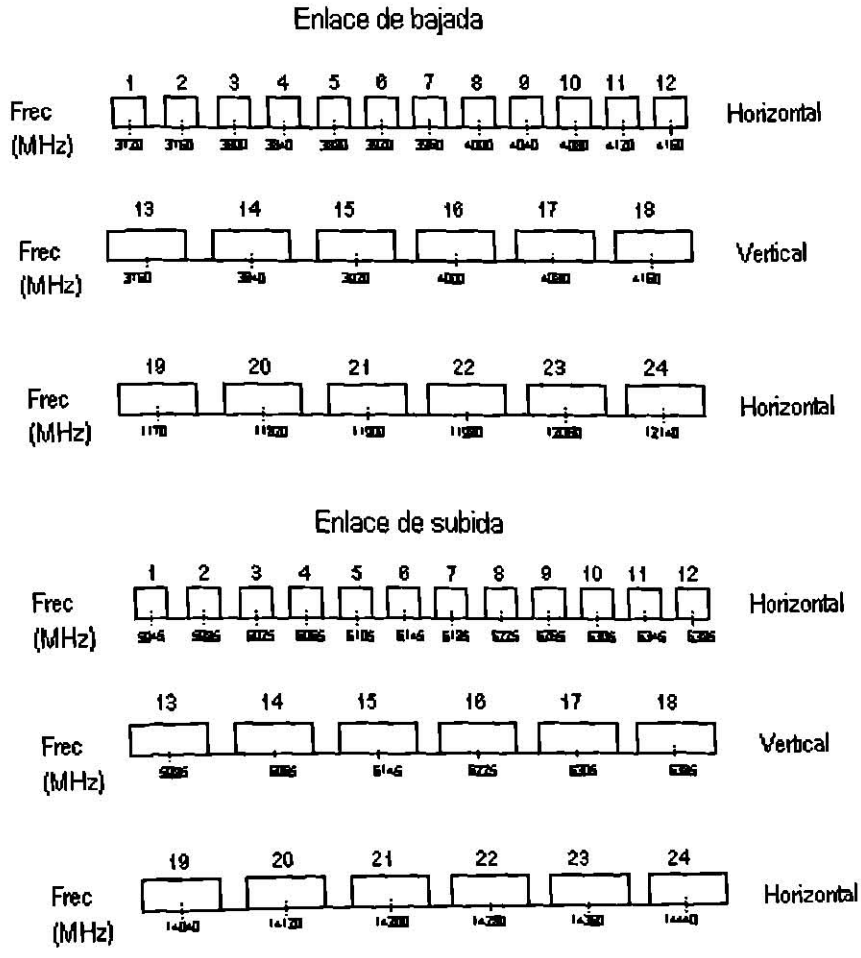
Cuando han alcanzado un nivel adecuado, pasan por un dispositivo conocido como convertidor de frecuencia, que no es mas que un oscilador local que multiplica las señales que entran por otra generada internamente; las señales obtenidas a la salida del aparato son similares a las que entraron, por lo que 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 podrí contener un transpondedor de 36 MHz de ancho de banda, en donde e espacio de frecuencias disponible es ocupado por cuatro señales similares e amplitud y ancho de banda, con su propia frecuencia portadora; cada seña contiene 192 canales telefónicos agrupados y proviene de una ciudad distinta.



En la siguiente figura se muestra el plan de frecuencias y polarizació 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 polarizaron horizontal.



Hay tres tipos de enlaces que son; punto-punto, punto-multipunto multipunto-punto. El primero une solo a dos enlaces geográficos, po ejemplo, cuando se tienen una conversación telefónica, en cuyo caso el enlac es bidireccional. El segundo corresponde a un sistema de difusión 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 u centro de computo y se desea que sea recibida en muchos otros puntos, si necesidad que estos respondan, o sea que el enlace es unidireccional, e forma de estrella. El tercero es el caso inverso al anterior, donde en vez d diseminar una información en muchos puntos, se desea concentrarla recolectarla de estos en un solo punto especifico; por ejemplo, podrían teners muchas estaciones terrenas transmisoras en todas las plantas generadoras d energía eléctrica de un país, que transmitiesen la información mas important sobre su estado de operación a una gran central de control de energía, ubicad en un punto clave, que utilizaría la información proveniente de todas la plantas para analizar y controlar mejor la generación y distribución de l energía eléctrica dentro de su territorio, enviando ordenes y comandos a cad planta generadora según fuese necesario.

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

- Acceso múltiplo 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 transpondedores, 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 trafico 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.

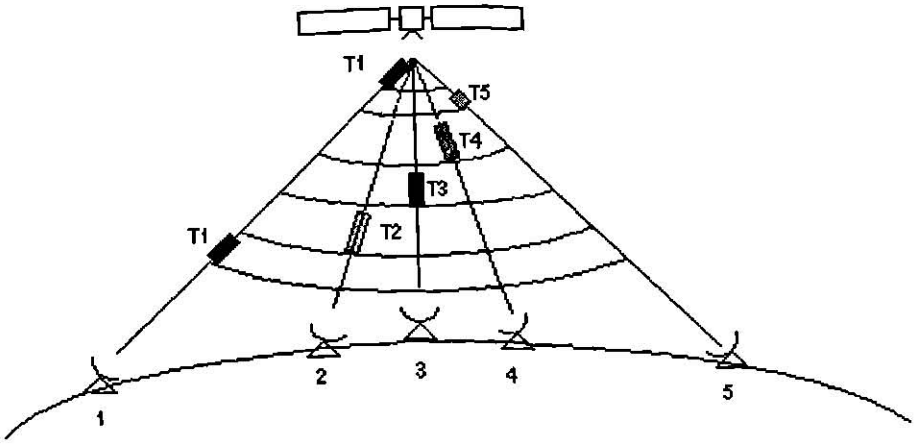
Desde luego que cualquier ranura vacía no se puede hacer en forma arbitraria, sino a través de una estación central que coordina el banco de frecuencias disponibles. Cada vez que una estación terrena desee iniciar una transmisión, debe solicitarse antes al banco de frecuencias que se le asigne una de 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 el. 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 e todos los casos, puesto que algunas estaciones conducen mas trafico 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 trafico y ranuras mas cortas a las de poco trafico.

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 múltiple por división en el tiempo con asignación 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 so las de mayor uso en los satélites comerciales de comunicaciones, existe un tercera alternativa en la que un transpondedor completo es ocupado po varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo Esta técnica, denominada acceso múltiple por diferencia de código CDMA, que aparentemente resulta imposible, es particularmente útil en transmisione confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia; al igual que TDMA totalmente digital, y presenta ventaja de que las antenas terrenas transmisora y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sea bajas y sus haces de radiación muy amplios. Por otra parte, presenta e inconveniente de que ocupa mucho ancho de banda, pues cada bit d información como los que se transmiten en modalidad TDMA se transform en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo con un código determinad previamente. En virtud de que ancho de banda que utiliza el sistema d CDMA es muy amplio, por la expansión del espectro en frecuencia de l señal al codificador cada bit de información en un nuevo tren de bits, tambié 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 antena de haz pincel, diseñadas para cubrir diferentes zonas geográficas con muy alt densidad de potencia; cada haz asociado con ciertos receptores y transmisore y es posible conmutar parte de la información, o toda, de un haz a otr mediante una matriz de microondas. Este versátil y novedoso sistema e digital, con acceso múltiple TDMA; se denomina acceso múltiple por divisió en el tiempo con conmutación en el satélite o SS/TDMA. La cual increment significativamente la eficiencia de un sistema, puesto que se logra l cobertura total de un gran territorio dividido en zonas con haces de potenci altamente concentrada, en vez de hacerlo con un solo haz común de baj densidad de potencia por unidad de área.

FRECUENCIAS ASIGNADAS Y REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS

La capacidad de trafico 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 limites 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 cad 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) 5.850 - 7.075 (1225 MHz)	3.700 - 4.200 (500 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) 12.750 - 13.250 14.000 - 14.500 (1000 MHz)	10.950 - 11.200 11.450 -11700 (500 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)

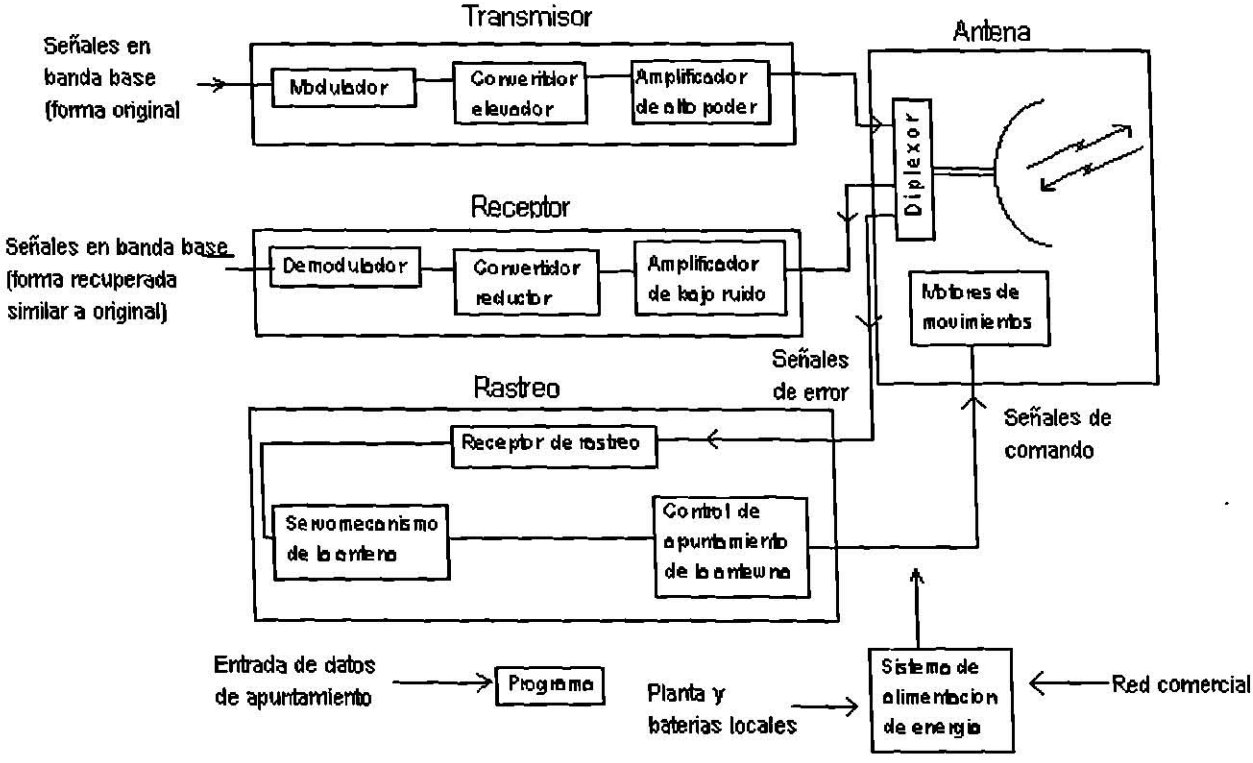
El espectro radioelectrico es finito, y con el fin de aumentar l capacidad de cada satélite se han desarrollado dos métodos para utilizar la frecuencias casi por duplicado: reutilización con aislamiento espacial y co discriminación de polarización.

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

La reutilización de frecuencias con discriminación de polarización s efectúa mediante la transmisión simultánea en un mismo haz, a la mism frecuencia, con señales de polarización ortogonales; estas pueden ser lineale (horizontal y vertical) o circular (derecha e izquierda). Muchos satélite comerciales operan con este tipo de reutilización de frecuencias, por ejempl 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 el. Una estación terrena consiste una serie de equipos interconectados entre si, de los cuales el mas representativo y conocido es su antena o plato parabólico. El termino estación terrena se utiliza indistintamente para indicar a todo equipo terminal que se comunica desde la tierra con un satélite.

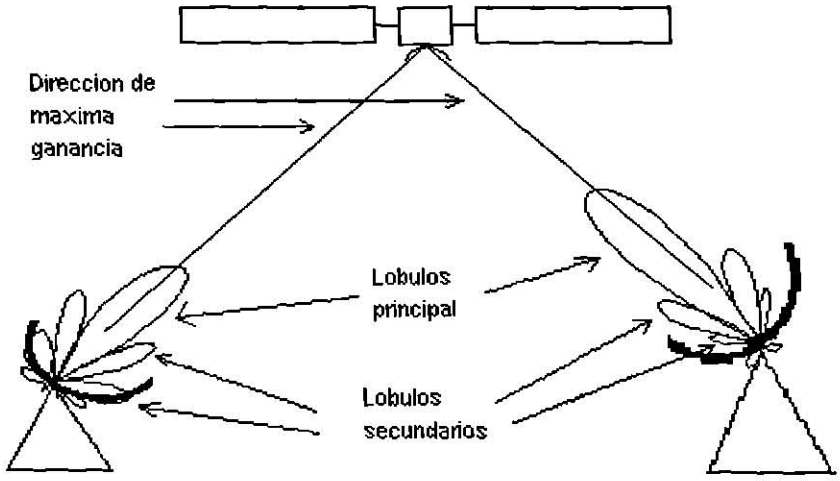


Esta figura muestra un diagrama a bloques generalizado de una estació terrena.

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.

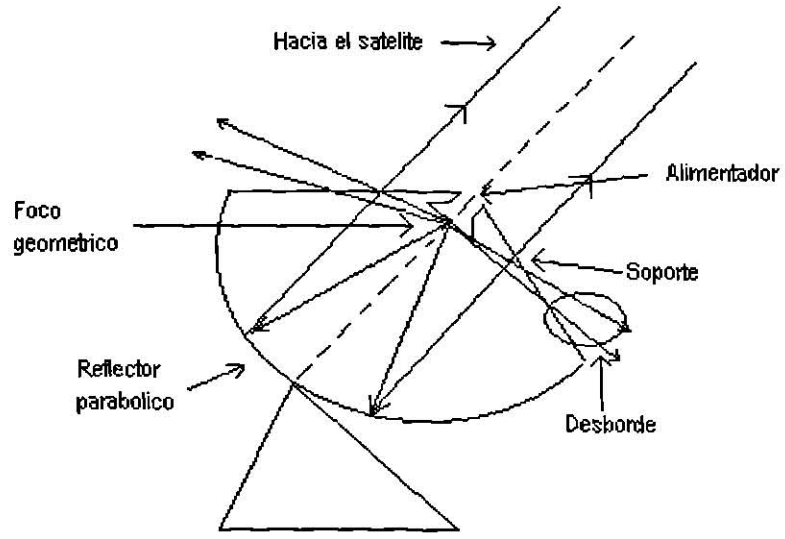
FUNCIONAMIENTO DE UNA ANTENA

Las características mas importantes de una antena son su ganancia y s patrón de radiación. La ganancia es la capacidad de la antena para amplifica las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibele en relación con la potencia radiada o recibida por una antena isotrópica. Po lo tanto, siempre se desea tener la mayor ganancia posible en la dirección e la que vienen las señales que se quieren recibir, o en la que se va a transmiti 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 debe ser los mas pequeños que sea posible, para que no capten señales indeseable provenientes de otros satélites o de sistemas terrestres de microondas, o bie para que no transmitan en direcciones no autorizadas o innecesarias Estrictamente la ganancia de una antena tiene siempre un valor definido e cualquier dirección a su alrededor, pero por convención se acostumbr asociarla a la dirección de máxima radiación, que es el eje del lóbulo principa de su patrón de radiación; su valore depende de varios factores, entre ellos e diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo d alimentación con el que es iluminada, así como la posición y orientació geométrica del mismo. Cuanto mayor sea el diámetro de una anten parabólica, mayor será su ganancia, su haz o lóbulo principal de radiación e mas angosto, y los lóbulos secundarios se reducen; así mismo, su diámetro s conserva fijo, el mismo efecto anterior se obtiene mientras mayor sea l frecuencia de operación, pues eléctricamente hablando, la antena es ma grande en términos de longitudes de onda.



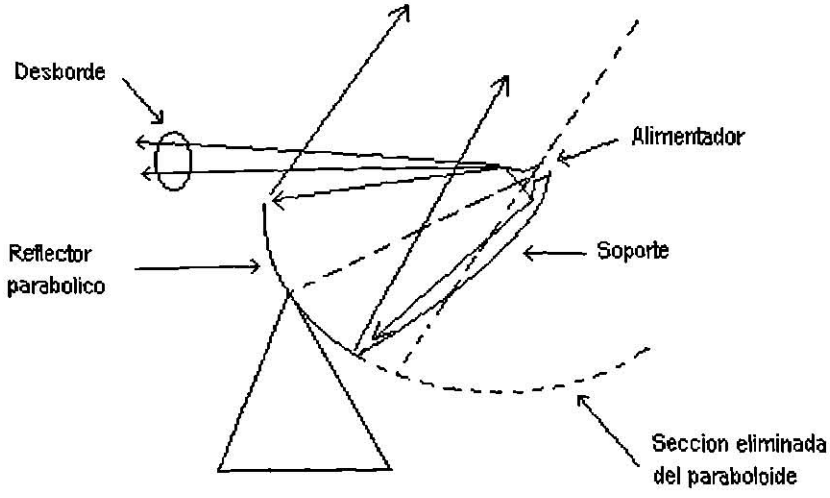
Patrón de radiación de la antena parabólica de dos estaciones terrenas, una pequeña y una grande

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 corneta; 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.



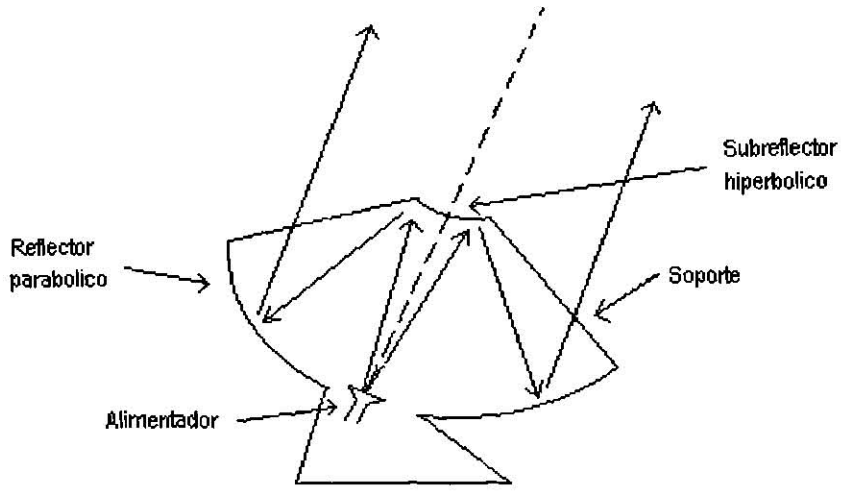
Antena parabólica con alimentación frontal

En una antena parabólica con alimentación frontal como se muestra e 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 ultimo 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 esta 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 mas el paso libre de las señales con la consecuencia 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 mas eficiente que cualquiera de los dos tipos de antenas descritas y su ganancia es mayor, pero su precio es mas 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 publico domestico e internacional. Su configuración geométrica involucra a un segundo reflector con superficie hiperbólico, 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 mas 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 perdidas por cableado.

RASTREO DEL SATÉLITE

Dependiendo de cuanto se mueva el satélite geostacionario en relació 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, e 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 la el diagrama de bloques generalizado de una estación terrena, y las que conducen gran cantidad o diversidad de señales tienen varios bloque 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 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 mas 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 co la señal portadora, modificando el ancho de banda de frecuencias y la posición de la información dentro del espectro radioelectrico, la cual es transferida a frecuencias mas 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 mas alta del espectro radioelectrico, la frecuencia intermedia no es adecuada todavía para radiarla eficientemente a través de la atmósfera. Por lo tanto, es necesario subirla mas 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 radioelectrico en donde las nuevas frecuencias que la integran son mucho mas altas que cuando salieron del modulador. Las señal tiene ahora las frecuencias apropiadas para poder ser radiada hacia el satélite, pero su nivel de potencia es aun mas 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 frecuencia s mas bajas en el espectro radioelectrico 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 separa solo aquella parte que le corresponda para procesarla. Hay que tomar encuenta 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 d comunicaciones por satélite; el sistema consiste en dos satélites híbridos. E Morelos 1 fue lanzado en Junio de 1985 y colocado en 113.5° O; el Morelos se lanzo en Noviembre del mismo año y se coloco en órbita en una órbita d almacenamiento, de la cual paso, después de deslizamientos graduales, través de los años. a su posición geostacionaria asignada de 116.5° O e 1989. La Secretaria de Comunicaciones y Transporte de México, propietari del sistema, lo opera y controla desde su propio centro en Iztapalapa, ciuda de México, a través del Morelos 1 y aproximadamente 400 estaciones terrena publicas y privadas se transmiten programas de radio y televisión, telefoní SCPC y multicanal, y datos a diferentes velocidades. La cobertura de territorio nacional es total tanto con los haces de polarización ortogonal d banda C como con el haz de banda Ku, y varios de los enlaces ha beneficiado a muchos miles de habitantes de zonas rurales. Los satélite Morelos pertenecen a la familia HS 376 fabricada por la compañía Hughes 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 Banda Ku	 12 de 36 MHz 6 de 72 MHz 4 de 108 MHz
Potencia del amplificador de cada transpondedor Banda C Banda Ku	 7W (36 MHz) 10.5 W (72 MHz) 19 W

Principales características de los satélites Morelos.

SATELITES SOLIDARIDAD 1 y 2:

La segunda generación de satélites mexicanos fué resultado directo de una demanda increíble de capacidad satelital por parte de usuarios privados mexicanos, principalmente para aplicaciones de redes corporativas de voz y datos.

En 1992 se encargó a la compañía Hughes Aircraft la construcción de dos satélites nuevos, de mayor potencia que los satélites Morelos, y que a su vez fueron lanzados por la Agencia Espacial Europea (ESA) desde el Centro Espacial de Kourou, Guyana Francesa, mediante cohetes ARIANNE 44LP en noviembre de 1993 (Solidaridad 1) y octubre 1994 (Solidaridad 2), respectivamente.

Los satélites Solidaridad 1 y 2 fueron diseñados a partir de la plataforma HS-601 de satélites de estabilización triaxial de Hughes. Tienen un período de vida estimado de 14 años, por lo que se espera estén en operación hasta 2007 y 2008, respectivamente. Ambos satélites cuentan con transpondedores en bandas C y Ku para aplicaciones genéricas de comunicaciones de TV, voz y datos, así como en banda L para aplicaciones de comunicaciones móviles.

Los satélites Solidaridad fueron diseñados alrededor de la plataforma HS-601 de satélites de estabilización triaxial de Hughes. Su tiempo de vida estimado es de 14 años en uso normal.

Debido a su arquitectura triaxial, la plataforma HS-601 de los Solidaridad permite generar casi cinco veces más potencia que los Morelos, por lo que se le añadieron más repetidores, mayor ancho de banda y una nueva banda de operación. Aún así, tiene más potencia radiada que los Morelos, lo que permite recibir señales con mayor calidad y potencia.

En el caso del Solidaridad 1 su período de operación se espera de 1993 hasta 2007, en que necesitará ser sustituido por un nuevo satélite y mantener la posición orbital geostacionaria. El Solidaridad 2 estará en órbita de 1994 a 2008, cuando se espera termine su vida útil.

El Solidaridad 1 se lanzó en noviembre de 1993 a bordo de un cohete Ariane 44LP. La posición orbital geosíncrona del Solidaridad 1 es 109.3 W.

El Solidaridad 2 se lanzó en octubre de 1994 a bordo de otro cohete Ariane 44LP, en el Vuelo 68. La posición orbital geosíncrona del Solidaridad 2 es 113.5 W.