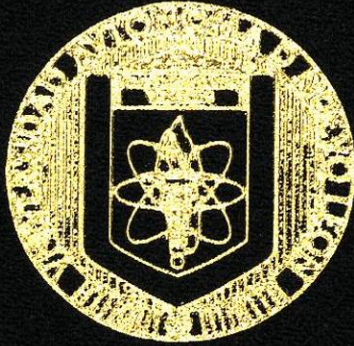


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TEMA: FUNDAMENTOS DE LA COMUNICACION
VIA SATELITE

GABRIEL ALEJANDRO LOPEZ VAZQUEZ

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA SALAZAR

CD. UNIVERSITARIA

ABRIL DE 1997

T

TK510

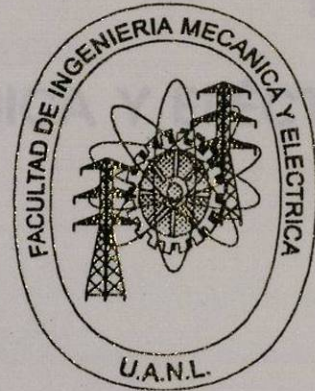
L6

C.1



1080072228

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TEMA: FUNDAMENTOS DE LA COMUNICACION VIA SATELITE

GABRIEL ALEJANDRO LOPEZ VAZQUEZ

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA SALAZAR

CD. UNIVERSITARIA

ABRIL DE 1997

T
TK5104
L6



U. A. N. L.

FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

TEMA:

FUNDAMENTOS DE LA COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

GABRIEL ALEJANDRO LÓPEZ VÁZQUEZ

CD. UNIVERSITARIA

ABRIL DE 1997.

ÍNDICE

	Pág.
I.-HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES POR SATÉLITE.....	3
a).-Origen	
b).-Breve historia de los satélites de comunicaciones	
II.-CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL DE SATÉLITES.....	5
a).-Satélite: Definición	
b).-Ventajas de la comunicación vía satélite	
c).-Clasificación de los satélites	
d).-Formas de llevar un satélite a órbita geoestacionaria	
III.-HOGAR DEL SATÉLITE (DISTANCIA DONDE UN SATÉLITE PUEDA OSCILAR UNA VEZ ENVIADO).....	12
IV.-PRINCIPALES SUBSISTEMAS DEL SATÉLITE Y SU FUNCIONES.....	13
V.-CONCEPTOS GENERALES DEL SISTEMA.....	14
VI.-DESCRIPCIÓN A CUADROS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SATÉLITE.....	15
VII.-CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE.....	19
a).-Satélites de gran altura, el satélite de comunicaciones	
b).-Período orbital	
c).-La órbita geoestacionaria	
d).-Área de cobertura	
e).-Pérdidas de transmisión y asignación de frecuencias	

VIII.-EL ENLACE: TIERRA-SATÉLITE-TIERRA.....	24
a).-Círculo hipotético de referencia	
b).-Estación terrena transmisora	
c).-Satélite de radiocomunicaciones	
d).-Estación terrena receptora	
IX.-TIPOS DE ACCESOS.....	27
a).-FDMA	
b).-TDMA	
c).-CDMA	
X.-TIPOS DE ANTENA.....	29
a).-Antena	
b).-Tipos de antena de microondas	
c).-Antenas de comunicación vía satélite: Parabólica y Corneta	
XI.-TABLAS DE SATÉLITES.....	35
a).-Primeros satélites experimentales y comerciales de comunicaciones	
b).-Satélites geostacionarios que operan en la Banda “C”	
c).-Satélites que operan en la Banda “Ku”	
XII.-CONCLUSIONES.....	43
XIII.-BIBLIOGRAFÍA.....	44

HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES POR SATÉLITE

ORIGEN

La mayoría de los expertos dan crédito a Artur C. Clarke, famoso escritor británico de ciencia ficción y autor de “*2001: Space Odyssey*”, por su original idea de los satélites de comunicaciones geoestacionarios. En 1945 Clarke concluyó que un satélite con órbita circular, ecuatorial y con un radio aproximado de 42242 Km. Debería tener una velocidad angular igual a la de la tierra. Esto haría “**ver**” al satélite como un punto fijo en el espacio con respecto a un observador en la tierra y el satélite podría recibir y retransmitir señales desde casi cualquier punto del hemisferio. Con tres satélites espaciados 120 grados entre sí, se podría cubrir prácticamente todo el globo, ya que Clarke consideró la posibilidad de que las señales pudieran ser retransmitidas entre satélites.

BREVE HISTORIA DE LOS SATÉLITES DE COMUNICACIONES

Las reflexiones en la luna aplicando las técnicas de radar fueron repetidamente demostradas en los finales de los 40's e inicios de los 50's. En Julio de 1954, el primer mensaje de voz fue transmitido por la Marina de Estados Unidos, mediante el trayecto tierra-luna. En 1956 un servicio relevador lunar de la Marina de E.U., fue establecido entre Washington D.C. Y Hawai. El circuito operó hasta 1962, ofreciendo una comunicación de larga distancia digna de confianza solamente por la “disponibilidad” de la Luna en los sitios de transmisión y recepción. La potencia usada fue de 100 Kw, con antenas de 26 mts. De diámetro a 430 MHz.

Un globo metalizado puesto en órbita por un cohete, puede ser usado por un reflector de ondas electromagnéticas generadas por un transmisor terrestre. Parte de energía puede ser recogida por estaciones receptoras en algún punto sobre la tierra, desde el cual el globo es visible, obteniendo de este modo un sistema pasivo de comunicación por satélite.

El satélite cuya forma era un globo, tenía un diámetro de 30 mts. y estaba cubierto de nylon con lámina de aluminio. Su órbita era circular inclinada y de altitud cerca de 1500 Km. En 1960 se logró la transmisión de telefonía, gracias al sistema de FM en la banda de radiofrecuencias de 960 MHz y 2290 MHz; mediante la cual se investigaron sus propiedades.

El proyecto "TELSTAR" es el más conocido, porque fue capaz de retransmitir programas de T.V. a través del Atlántico. El primer "TELSTAR", se lanzó desde al Cabo Cañaveral el 10 de Julio de 1962. Era una esfera de aprox. 87 cm. De diámetro pesando 80 Kg. El vehículo utilizado de lanzamiento fue un cohete Thor-Delta el cual situó al satélite en una órbita elíptica con un apogeo de 5,600 Km. Con un período de 2.5 horas.

El "TELSTAR II" se construyó con una mayor resistencia a la radiación, pero por lo demás fue idéntico a su predecesor. Se lanzó el 7 de Mayo de 1963.

El "TELSTAR" se diseñó como un experimento y no fue destinado para la operación comercial. Entre otras cosas, la órbita usada hizo al satélite "visible" solamente por períodos breves. Un proyecto con objetivos similares, el proyecto "RELAY" fue desarrollado por Radio-Corporation of America, bajo contrato con la NASA, siendo igualmente exitoso.

Los E.U. han desempeñado un papel muy importante desde el principio en cuanto se refiere al campo de la comunicación por satélite, pero la URSS también lanzó en Mayo de 1965 su primer satélite de comunicación: "MOLNIYA" de órbita elíptica con un apogeo de 39152 Km. Y un período de 11 horas con 38 minutos.

El primer satélite comercial geoestacionario fue el "INTELSAT I" desarrollado por Comsat para Intelsat. Lanzado en Abril 6 de 1965 permaneció activo hasta 1969. Su rutina de operación entre Estados Unidos y Europa empezó en Junio 28 de 1965. Operó con dos transponders de 25 MHz de ancho de banda con su portadora ascendente centrada en 6301 MHz para Europa y 6390 MHz para Estados Unidos. Las frecuencias descendentes eran 4081 MHz para Estados Unidos y 4161 MHz para Europa.

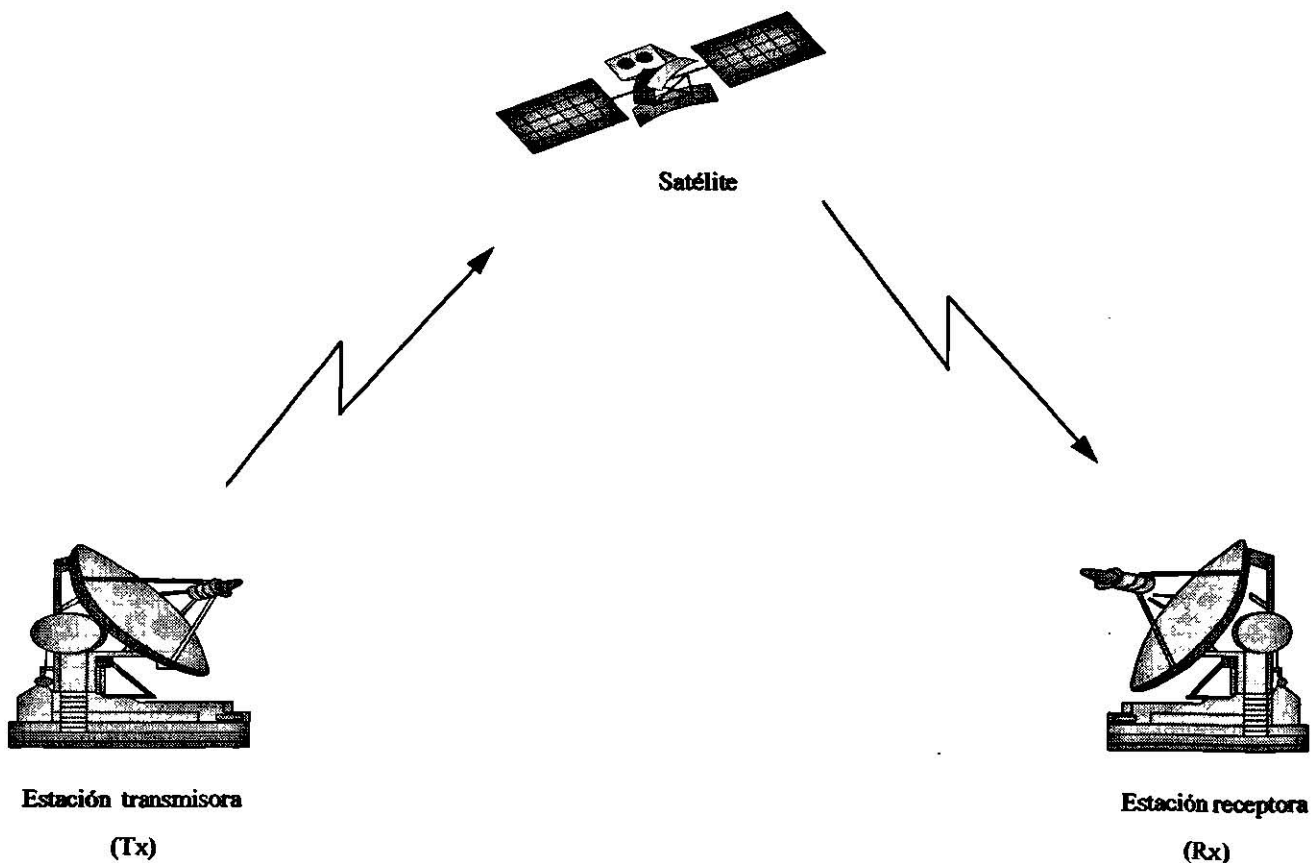
CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL DE SATÉLITE

SATÉLITE: Definición.

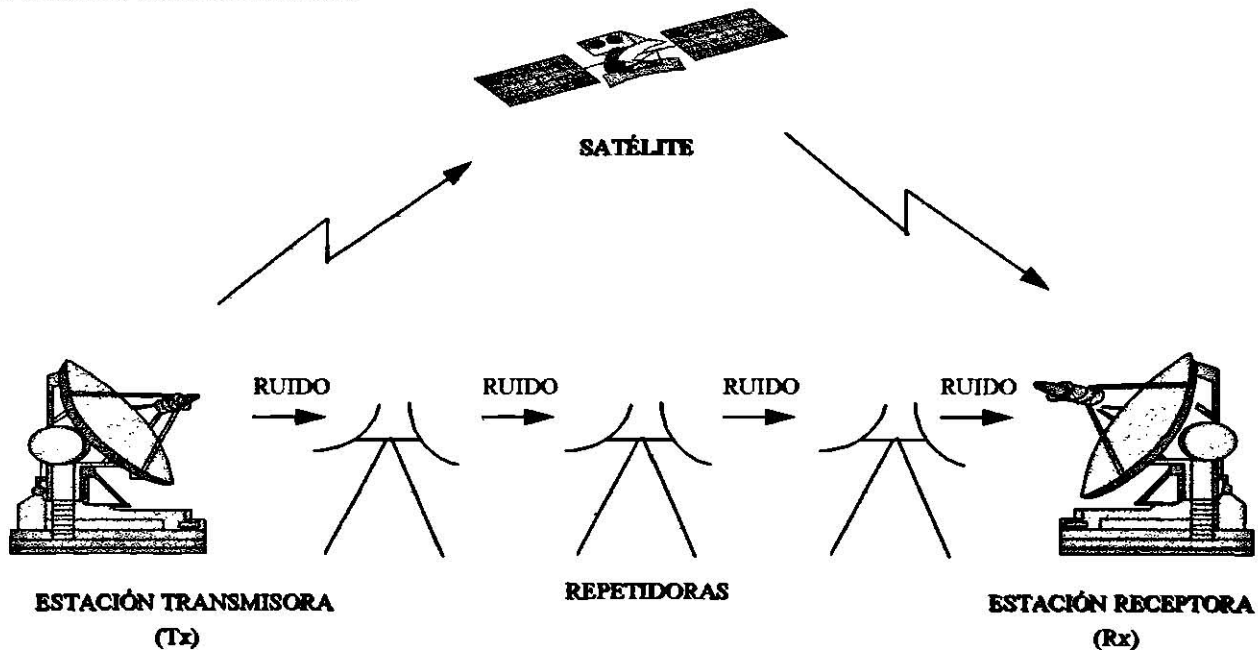
Un satélite no es más que una repetidora (en el rango de las microondas) puesta en el espacio. Un satélite no crea transmisiones por sí mismo, solo retransmite ó releva lo que recibe de la Tierra. El satélite recibe la señal proveniente de la Tierra en la banda llamada *up-link* y regresa en la banda *down-link* produciéndose un retardo de aproximadamente 0.26 segundos.

VENTAJAS DE LA COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

Simplificación del sistema. Debido a su gran altura aproximadamente de 36,000 Km. se tiene línea de vista entre el satélite y cualquier estación terrena que esté dentro de su área de cobertura la cual puede llegar a ser tal, que se cubriría prácticamente el 40% de la superficie de la Tierra con un solo satélite. Esto simplifica enormemente el sistema ya que el satélite sustituye a las redes de microondas con las consiguientes ventajas tanto técnicas como económicas.



Mayor calidad. Debido a que cualquier proceso electrónico degrada la señal al agregar algo de ruido (aunque sea en un mínimo grado), debemos considerar la gran ventaja de manejar un enlace a través de una sola repetidora (el satélite), y por lo tanto una sola fuente de ruido, comparado contra un enlace utilizando una red de microondas de 20 o más repetidoras, por lo tanto 20 o más fuentes de ruido. Definitivamente la calidad de la señal en un enlace vía satélite es mucho más alta que en un enlace a través de una red de microondas.



- a) A la salida de cada repetidora es amplificada la señal, la cual también amplificará el ruido al salir por cada una de ellas.
- b) La señal por lo contrario en un satélite sólo es amplificado el ruido una sola vez.

Mayor confiabilidad. Otra consecuencia del hecho de utilizar una sola repetidora, en vez de una red de ellas en los enlaces vía satélite es la reducción de las posibilidades de fallas a una sola (el satélite), lo cual da una gran confiabilidad al sistema. Además hay que considerar las normas más estrictas que controlan la fabricación del satélite, lo que permite la seguridad de su funcionamiento durante su tiempo de vida. Pero aun debemos agregar a esto, el hecho que los fabricantes de los satélites proveen a este de equipo redundante para las partes más susceptibles de daño lo que definitivamente garantiza su funcionamiento.

Alta capacidad. Aquí podríamos hacer énfasis en la ventaja de utilizar las microondas como frecuencias portadoras, lo que permite disponer de un ancho de banda amplio y por lo tanto el tener una gran capacidad de manejo de información. De hecho, los satélites actuales tienen la capacidad para manejar hasta 24 canales de T.V. simultáneamente o su equivalente en telefonía (aproximadamente 960 canales telefónicos por cada canal de T.V.) por cada banda que disponga (C y/o Ku).

CLASIFICACIÓN DE LOS SATÉLITES

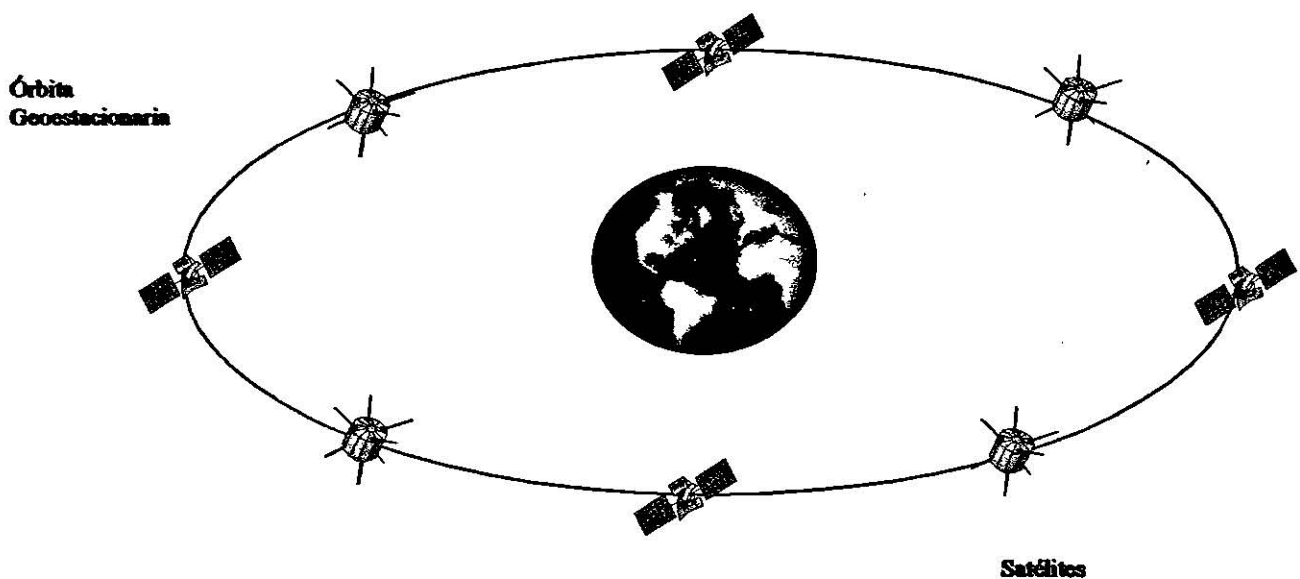
De acuerdo a su principio de operación. Podemos clasificar a los satélites en pasivos y activos, de acuerdo a su principio de operación.

- **Pasivo.** Consideremos a un satélite como pasivo si actúa solamente como superficie reflectora.
- **Activo.** Consideremos a un satélite activo si se involucra un proceso electrónico en el satélite (grabación, reproducción, amplificación, cambio de frecuencia, etc.).

De acuerdo a su aplicación. Podemos clasificar a los satélites en dos grupos: civiles y militares. Dentro de los civiles podemos incluir los de comunicaciones, los meteorológicos, los de investigación, etc.

De acuerdo a su órbita. Por su órbita los podemos clasificar en *GEOESTACIONARIOS Y NO GEOESTACIONARIOS*.

- **Geoestacionario.** Un satélite geoestacionario es aquel que permanece fijo con respecto a la Tierra, es decir, visto desde la Tierra aparecerá como un punto fijo en el cielo.
- **No geoestacionario.** Un satélite no geoestacionario aparecería siempre en movimiento con respecto a la Tierra, un ejemplo de esto es la Luna.



- a) Están en el mismo plano ecuatorial.
- b) Giran en el mismo sentido de la rotación de la Tierra.
- c) Que tengan una órbita circular.
- d) Periodo orbital (24 horas).
- e) Distancia aproximada de la superficie de la Tierra al Satélite de 36,000 kms.

En general podemos decir que los sistemas de comunicaciones vía satélite requieren de una órbita geostacionaria por las ventajas que esto implica:

a).- Al permanecer fijo el satélite con respecto a la tierra no es necesario rastrear el movimiento para orientar la antena, es decir, una vez que se localiza el satélite y se orienta la antena ésta permanece fija, factor que gravita preponderantemente en el costo de la estación terrena.

b).- Una vez orientada la antena se dispondrá del satélite todo el tiempo, ya que éste permanece fijo, lo que permite la continuidad del sistema las 24 horas del día, condición necesaria en un buen sistema de comunicaciones.

De acuerdo a su cobertura. Clasificaremos a los satélites de acuerdo a su cobertura en globales y domésticos. Un sistema será global cuando su transmisión cubra todo el espacio sobre la tierra, de acuerdo a la línea de vista desde el satélite. En la práctica un 40% de la superficie de la tierra es "vista" desde el satélite geostacionario. Un satélite será de cobertura su transmisión cubra solo un área específica que puede ser grande o pequeña según sean los requerimientos (por ejemplo un país). Aquí debemos incluir un tipo de satélite con cobertura intermedia entre global y la doméstica es decir los "regionales" cuyo objetivo es cubrir varias zonas específicas, por ejemplo varios países o alguna región de ellos pero sin intentar cubrir toda el área que cubre un global, un ejemplo de éstos son los Solidaridad I y II de México con cobertura en América Central y del Sur, así como Estados Unidos parcialmente.

Técnicamente la diferencia entre un satélite y otro es solamente la antena que es la que define el tipo de cobertura. En el caso de un satélite de cobertura global, por ejemplo: los INTELSAT de uso internacional, la antena comúnmente utilizada es del tipo corneta, mientras que en los de cobertura doméstica, los MORELOS por ejemplo, la antena es de tipo parábola. Los sistemas globales son para comunicaciones internacionales e intercontinentales, mientras que los domésticos son para comunicaciones locales, dentro del mismo país.

CONDICIONES PARA QUE UN SATÉLITE ENTRE EN ÓRBITA GEOESTACIONARIA

Se le da nombre de órbita geoestacionaria cuando la velocidad de avance del satélite se sincroniza a la velocidad de rotación de la tierra sobre su eje, en ese momento el satélite alcanza una órbita geoestacionaria, algunas condiciones para que esto se lleve a cabo son las siguientes:

- 1.-Tener órbita Ecuatorial.
- 2.-Que giren en el mismo sentido de rotación de la Tierra.
- 3.-Que tengan una órbita circular.
- 4.-Período orbital de 24 horas.
- 5.-Distancia aproximada de la superficie de la Tierra al satélite de 36,000 Kms.

Período orbital. En este sistema el satélite conserva una órbita ecuatorial de aproximadamente 24 horas de período orbital. Este período orbital, para el caso de una órbita circular, se encuentra definido por la ley de Keppler, que anuncia lo siguiente:

$$P_o^2 = \frac{4 (\pi)^2 (R+h)^3}{\mu}$$

Donde:

P_o = período orbital (seg.)

R = radio de la tierra (m)

h = altura del satélite (m)

μ = constante de Keppler ($3.99 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{seg}^2$)

Ecuación derivada de los criterios de equilibrio entre las fuerzas centrífugas y de atracción gravitacional, para un período orbital de aproximadamente de 24 horas; el satélite se encuentra a una altura aproximada de 35,890 Km. tomando automáticamente la condición estacionaria para un observador desde la Tierra.

Al cumplir con las condiciones antes mencionadas se logra un período de 24 horas lo cual aunado a la órbita ecuatorial alrededor del mismo eje de rotación de la Tierra permite la sincronización y por lo tanto la órbita geoestacionaria la cual es derivada de los

criterios de equilibrio entre las fuerzas centrífuga y de la atracción mecánica espacial la cual rige el movimiento de los planetas y de nuestros satélites artificiales. Una vez que el satélite se fije en su posición, es necesario estabilizarlo y corregir su posición constantemente ya que existen fuerzas externas que se encargan de moverlo. Los subsistemas de propulsión son los encargados de realizar estas “maniobras”. Los motores de maniobras y los motores de orientación son alimentados normalmente por combustibles que operan propulsores químicos, el más utilizado es la *Hidrazina Monopropelente* aunque la tendencia apunta hacia la utilización de sistemas bipropelentes, (con dos propelentes distintos: un combustible y un oxidante). De hecho, es este combustible el que determina la vida útil del satélite el cual en promedio es de 10 a 14 años.

Área de cobertura. Son tres los satélites requeridos para establecen un sistema de comunicación global a un nivel mundial con este tipo de satélites, con un ángulo de cobertura sobre el ecuador de la tierra de 162.6 grados visto desde el satélite. En el sistema de cobertura global; los tres satélites se encuentran con una separación aproximada de 120 grados entre ellos.

En el caso de los sistemas Intelsat para las comunicaciones internacionales, los puntos estratégicos donde se encuentran los satélites son: sobre el Océano Atlántico, sobre el Océano Pacífico y sobre el Océano Índico.

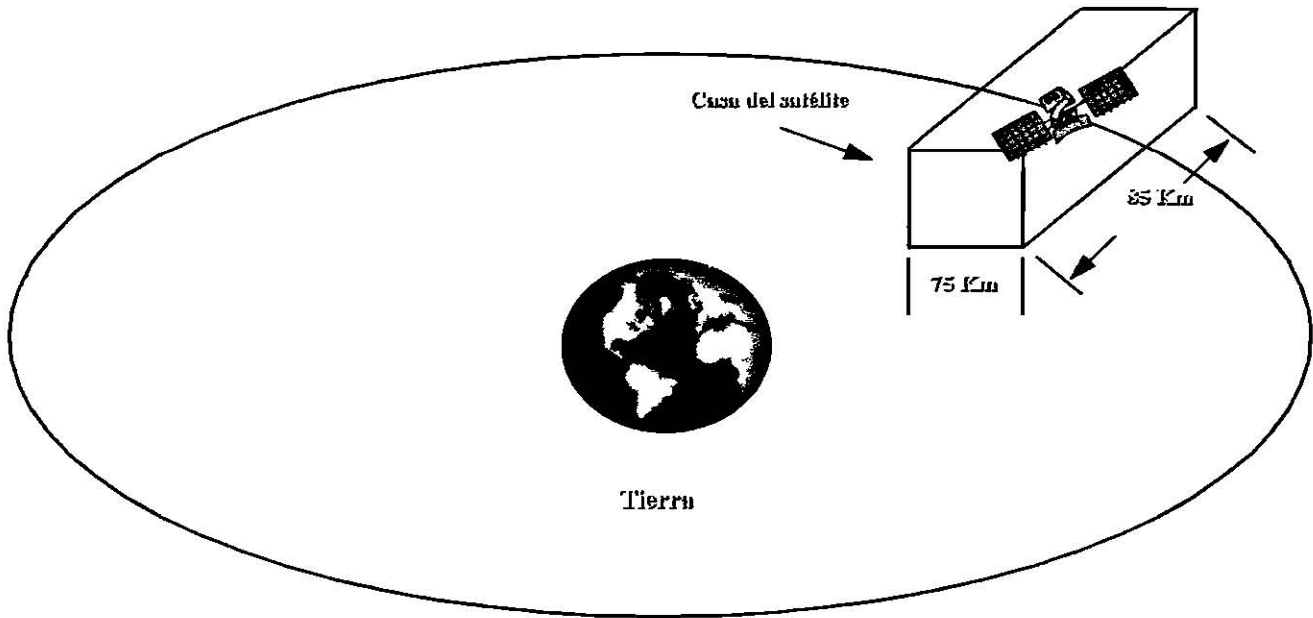
El mayor problema de un sistema de comunicación que opera con satélites geoestacionarios o fijos, es el retardo de la señal, alrededor de 0.26 segundos, para una comunicación de un solo salto, es decir, estación terrena-satélite-estación- terrena.

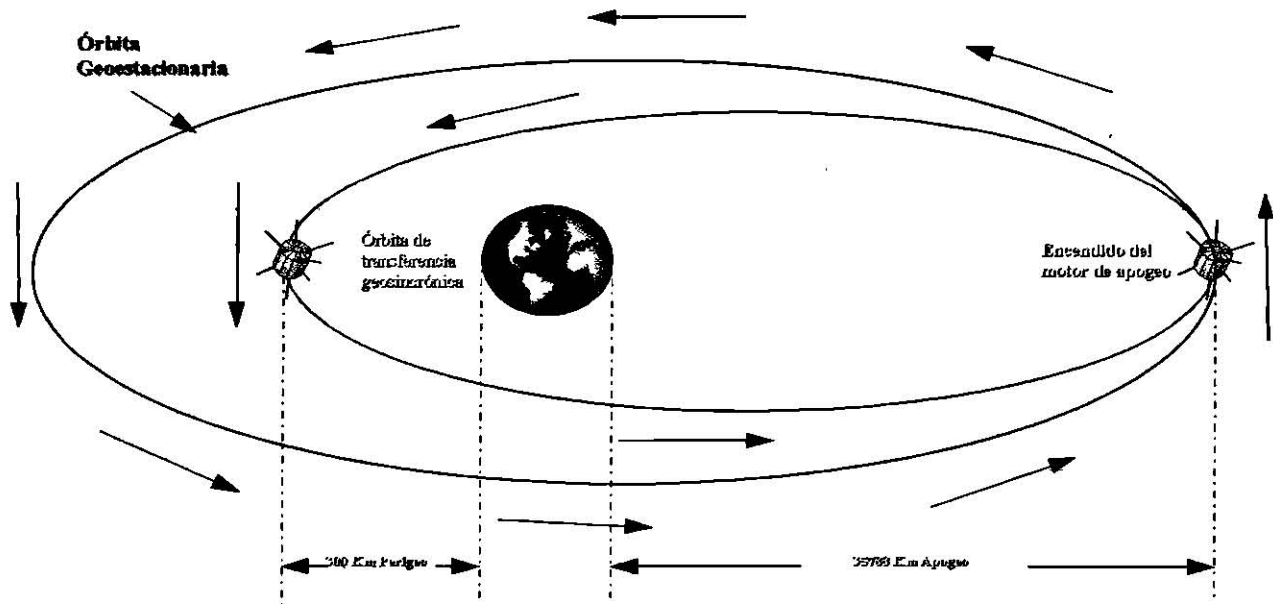
FORMAS DE LLEVAR UN SATÉLITE A ÓRBITA GEOESTACIONARIA

1.- Inyección directa en órbita geoestacionaria. El satélite no tiene motores que le ayuden a pasar de una órbita a otra, el satélite es transportado hasta su destino por un cohete, este método es muy costoso.

2.- Inyección inicial en órbita elíptica. Se coloca un satélite en órbita geoestacionaria a través de varias etapas, primero colocan con la ayuda de un cohete en una órbita elíptica muy larga (órbita de transferencia geosincrónica) donde el satélite da varias vueltas hasta que enciende el motor de apogeo en el instante que se encuentra en la órbita geoestacionaria.

HOGAR DEL SATÉLITE (DISTANCIA DONDE UN SATÉLITE PUEDE OSCILAR UNA VEZ ENVIADO)

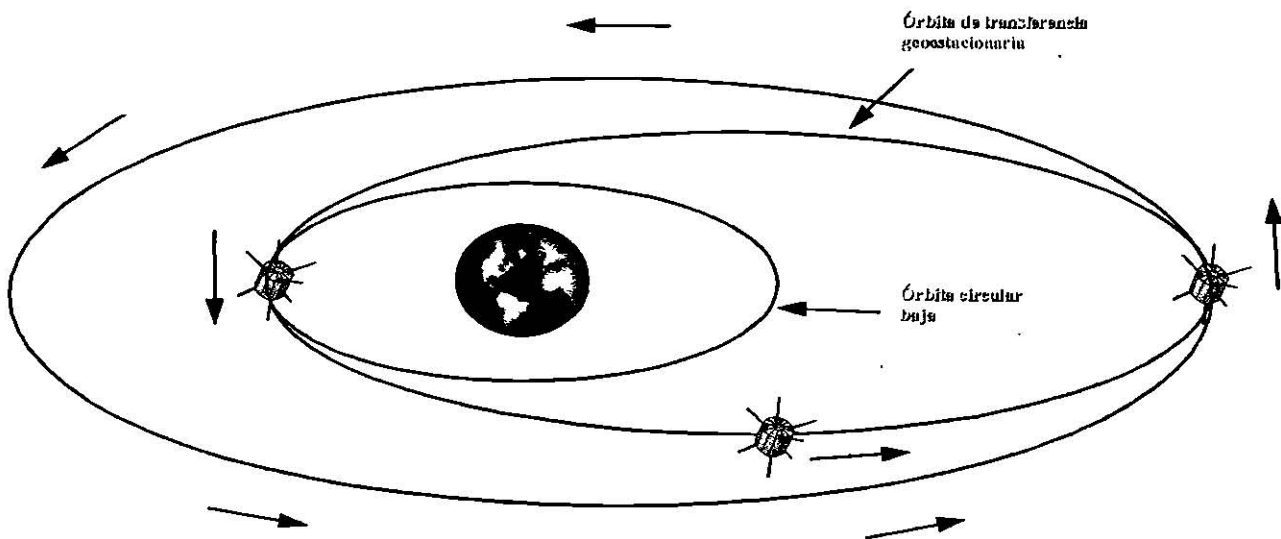




3.- Inyección inicial en órbita circular baja. Esta es la usada por el sistema de transportación espacial de la NASA de los E.U. mejor conocida como orbitador , y consiste en tres etapas donde las dos últimas son idénticas a los de la técnica anterior.

En el primer paso el orbitador despega llevando al satélite con su comportamiento de carga y entra en órbita alrededor de la tierra siguiendo una trayectoria circular a una altura aproximada de 300 Km. sobre nivel del mar, después de varias vueltas que da la nave el satélite es liberado quedando en órbita circular baja y a una velocidad casi igual a la de la nave, la separación se efectúa cuando la nave va cruzando el plano del ecuador y 45 minutos mas tarde cuando el satélite vuelve a cruzar el plano del ecuador su motor de perigeo se enciende, esto le da un empuje que lo cambia a una órbita elíptica.

Una vez que ha cumplido su misión el motor de perigeo se desprende del resto del satélite, después un motor de apogeo se enciende para circular la órbita con su altura final.



PRINCIPALES SUBSISTEMAS DE UN SATÉLITE Y SUS FUNCIONES

- 1.- **Antena.** Su función es recibir y transmitir señales de radio frecuencia.
- 2.- **Comunicaciones.** Su función es amplificar sus señales y cambiar su frecuencia.
- 3.- **Energía Eléctrica.** Su función es suministrar electricidad por los niveles adecuados de voltaje y corriente.
- 4.- **Control Térmico.** Su función es regular la temperatura de todo el circuito.
- 5.- **Posición y Orientación.** Determina la ubicación del satélite.
- 6.- **Propulsión.** Proporciona incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y orientación.
- 7.- **Rastreo, Telemetría y Comando.** Intercambia información con el centro de control en la Tierra para observar el funcionamiento del satélite.
- 8.- **Estructura.** Aloja todos los equipos y da rigidez al conjunto.

CONCEPTOS GENERALES DEL SISTEMA

El sistema en sí mismo es un sistema complejo que debe crear su propia potencia y fijarse o ajustarse por sí mismo cuando las fuerzas gravitacionales de la Luna, la Tierra y el Sol cambian. Los satélites modernos pesan entre 1800 y 4000 libras.

Contienen una serie de receptores de radio/televisión los cuales recogen las transmisiones enviadas desde la Tierra (*señales ascendentes o up-link*) una serie de convertidores de frecuencia que cambian las señales *up-link* a una nueva banda de frecuencias para su viaje de regreso a la Tierra (*señales descendentes o down-link*), una serie de transmisores lo que amplifican las potencias de las señales *down-link* y una serie de complejas antenas transmisoras y receptoras. Todo esto va colocado en una forma rectangular de aproximadamente 2 metros por lado. A bordo también hay paneles de celdas solares las que deben estar dirigidas hacia el sol para recibir los rayos solares los que serán convertidos a potencia eléctrica para operar el equipo electrónico que se encuentra a bordo; además, baterías para almacenar dicha potencia para los períodos ocasionales cuando la Tierra se “*atraviesa*” entre el Sol y el satélite. Cuando el satélite tiende a salirse de su punto en la órbita asignada, una serie de cohetes miniatura de empuje (12 normalmente) que son construidos normalmente en la superficie del satélite, mediante controles de mando son encendidos y suavemente desvían al satélite a su posición correcta en la órbita.

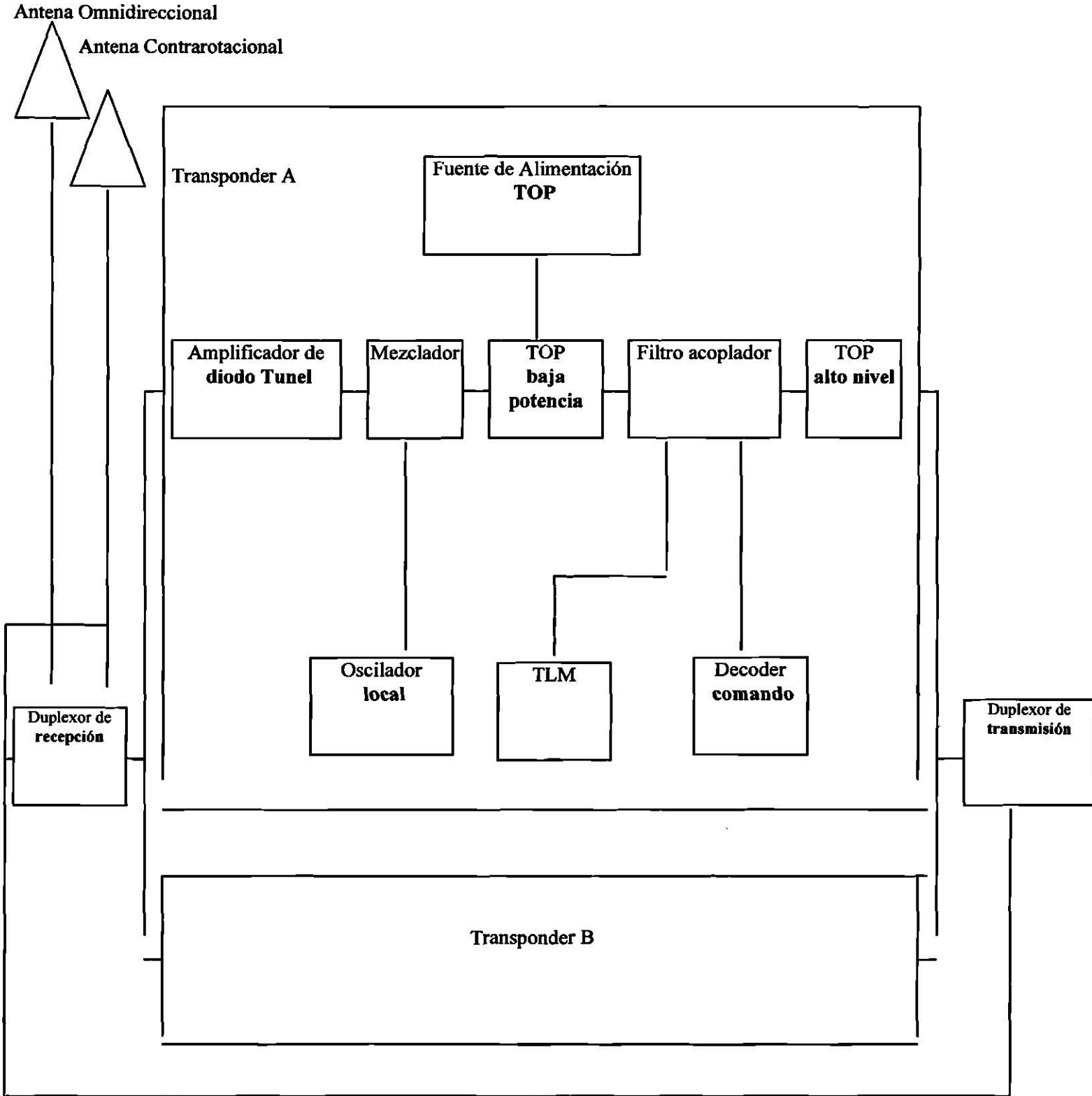
El satélite continuamente envía una serie de mensajes hacia la Tierra a su controlador de vuelo y una serie de computadoras constantemente analizan todo lo que está sucediendo a bordo desde las condiciones de los cohetes de empuje hasta la temperatura en la superficie del satélite y las condiciones de operación de los transmisores y receptores del satélite. Cuando algo se sale de los límites establecidos, el controlador transmite órdenes desde la Tierra al satélite para hacer los ajustes correspondientes en la operación del satélite.

DESCRIPCIÓN A CUADROS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SATÉLITE

A continuación se mostrará un diagrama a cuadros de un satélite donde la ruta de transmisión-recepción se conoce con el nombre de transponder el cual recibe las portadoras de radiofrecuencia (RF) en el orden de los 6 GHz y los convierte en el orden de los 4 GHz suponiendo banda "C" amplificadas antes de ser retransmitidas, con el objeto de aumentar la potencia de transmisión en el satélite por asignación a cada transponder de una fracción de la banda total.

La evaluación general de funcionamiento del equipo montado en el satélite, así como el control del mismo, son factores importantes para predecir su tiempo de vida útil. Estos datos son conocidos en la Tierra a través de una estación monitoreada denominada del telecomando y control cuya función es interpretar las señales del telecomando y control recibidas desde el satélite y transferir codificadas las instrucciones necesarias para corregir un desarrollo anormal imprevisto.

De acuerdo al dibujo las señales son recibidas por la antena omnidireccional del satélite (*antena de monitoreo*), pasa por el amplificador a diodo túnel, el convertidor de frecuencias (*formado por el mezclador y el oscilador local*) y el tubo de ondas progresivas de baja potencia, e insertadas al decodificador del telecomando, a través de un filtro acoplador. Ahí son procesadas antes de aplicarse al circuito de control que puede ser el encendido del motor de apogeo para corregir la órbita.



A continuación se dará una breve explicación de cada una de las partes montadas en un satélite:

- **Antena.-** Las señales de comunicaciones enviadas desde la estación terrena en frecuencia del orden de los 6 GHz son recibidas por la antena contrarotacional (*este tipo de antena permite mayor estabilidad al satélite*) y pasa al duplexor de recepción.
- **Duplexor de recepción.-** En el duplexor de recepción son separadas las diferentes bandas (o portadoras) de comunicaciones para ser alimentadas a su respectivo transponder o canal.
- **Amplificador a diodo túnel.-** Siguiendo la trayectoria de la señal a través de un transponder, observamos que esta es amplificada en el amplificador a diodo túnel que tiene aproximadamente 31 dB de ganancia y una figura de ruido de 4.3 dB. Debemos considerar que en la mayoría de los satélites modernos se utilizan como dispositivos activos los transistores de efecto de campo de arsenurio de galio o GaAsFET.
- **Mezclador.-** En esta parte son mezcladas las señales de 6 GHz, para convertirlas en señales de orden de los 4 GHz (*abatidas o transpuestas 2225 MHz en banda "C"*), en esta misma parte se cuentan con filtros que eliminan las señales espurias indeseables, producto de la mezcla, permitiendo el acceso al amplificador de tubos de ondas progresivas (TWT) a las señales útiles de comunicaciones. En el caso de que la banda utilizada fuera la banda *Ku* el cambio de frecuencia en el mezclador es de 2300 MHz. En ambos casos se observa que la frecuencia de bajada siempre será menor que la de subida. Esto se debe a que la señal de bajada esta limitada en cuanto a su potencia por la capacidad de las celdas solares que son la única forma de energía eléctrica disponible en el satélite y considerando que a mayor frecuencia existen mas pérdidas de propagación es preferible seleccionar la que tenga menor pérdida (la de menor frecuencia) para la bajada y lograr que llegue a la Tierra con un mayor nivel de potencia que si se escogiera la de mayor frecuencia. En el caso de la señal de subida, el problema no es tan crítico ya que en la Tierra se dispone de otras fuentes de energía para compensar las posibles pérdidas.
- **Tubo de ondas progresivas de baja potencia.-** Las señales son amplificadas en esta parte del equipo.
- **Tubo de ondas progresivas de alta potencia.-** En esta parte las señales de comunicación son finalmente amplificadas al nivel adecuado de transmisión. Ambos tubos de ondas progresivas pueden ser agrupados en un solo cuadro designado como "*HPA*" (*Amplificador de Alta Potencia*).

- **Duplexor de transmisión.-** Las señales de todos los transponders son combinadas para ser alimentadas a la antena de comunicaciones que se encargará de transmitir la información hacia la Tierra.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE

SATÉLITES DE GRAN ALTURA, EL SATÉLITE DE COMUNICACIONES

Conviene resaltar, que los satélites de comunicaciones actuales son satélites activos, geoestacionarios con cobertura tanto global como doméstica o regional. En base a esto, ubiquemos primero la posición que debe guardar el satélite en el espacio para luego pasar a la explicación de la forma en que se establece la comunicación por satélite, el proceso que sufre la señal, las bandas de frecuencia utilizadas, etc.

De acuerdo con las definiciones, *sistemas de gran altura* son aquellos en que los satélites están colocados en órbitas cuyas distancias desde la superficie de la tierra superan los 20,000 Km.

Como un caso particular tomaremos el proyecto "Syncom" por ser este sistema típico, además de pertenecer a los llamados satélites de gran altura (36,000 Km. aproximadamente). Se le llamó "Syncom" porque tiene una velocidad angular igual a la de rotación de la Tierra, en consecuencia se mantiene casi estacionario en un determinado punto del espacio elegido convenientemente a fin de satisfacer los objetivos planteados. Las dos ventajas fundamentales que ofrece este sistema, son:

- a).-Permite el uso de antenas terrestres estacionarias.
- b).-El satélite es visible desde casi la mitad de la superficie terrestre.

Así como por ejemplo, el "Syncom II" que estuvo colocado a 22 grados de longitud Oeste, pudo "verse" desde un gran número de países correspondientes a los continentes de América del Norte, América Central, Europa y África.

El experimento Syncom colocó un satélite aproximadamente a 36,000 Km. arriba del ecuador de la Tierra y apuntó la dirección de avance del satélite a lo largo de una línea idéntica a la de rotación de la Tierra sobre su eje. Controlando cuidadosamente (desde la Tierra a través de sistemas de mando por radio) la velocidad de avance del satélite y sincronizándola a la velocidad de rotación de la Tierra sobre su eje, el satélite alcanzó lo que se conoce como *órbita geoestacionaria*. Esto es, el satélite se mueve al frente con la misma velocidad que la Tierra sobre su eje, y esto significa que para una estación transmitiendo o recibiendo localizada en la Tierra, el satélite siempre estará situado en el mismo punto relativo en el cielo. Se requiere de un sistema muy cuidadosamente diseñado para el lanzamiento y puesta en órbita del satélite.

PERÍODO ORBITAL

En este sistema el satélite conserva una órbita ecuatorial de aproximadamente 24 horas, de período orbital. Este período orbital, para el caso de una órbita circular, se encuentra definido por la ley de Kepler, que enuncia lo siguiente:

$$P_o^2 = \frac{4 (\pi)^2 (R + h)^3}{\mu}$$

donde:

P_o=período orbital (seg)

R=radio de la Tierra (m)

h=altura del satélite (m)

μ=constante de Kepler

El valor de la constante de Kepler es: (3.99 X 10¹⁴ m³/seg²)

Ecuación derivada de los criterios de equilibrio entre las fuerzas centrífugas y de atracción gravitacional. Para un período orbital aproximadamente de 24 horas, el satélite se encuentra en una altura aproximada de 35,890 Km., tomando automáticamente la condición estacionaria, para un observador desde la Tierra. El período relativo se determina por la relación siguiente:

$$P = \frac{24 P_o}{24 - P_o}$$

Donde P esta definido como período relativo. Se observa en esta ecuación que el período relativo de un satélite de período orbital de 24 horas es infinito.

LA ÓRBITA GEOESTACIONARIA

En resumen, las condiciones para que el satélite guarde una órbita geoestacionaria son las siguientes:

- 1.- La órbita debe ser circular.
- 2.- La órbita debe ser ecuatorial.
- 3.- La altura sobre el nivel del mar debe ser 35,890 Km.
- 4.- El satélite debe desplazarse en el mismo sentido de rotación de la Tierra.

ÁREA DE COBERTURA

Son tres los satélites requeridos para establecer un sistema de comunicación global a nivel mundial con este tipos de satélites, con un ángulo de cobertura sobre el ecuador de la Tierra de 162.6 grados visto desde el satélite. En el sistema de cobertura global, los tres satélites se encuentran con una separación aproximada de 120 grados entre ellos.

En el caso de los sistemas Intelsat para comunicaciones internacionales, los puntos estratégicos donde se encuentran los satélites son: sobre el Océano Atlántico, sobre el Océano Pacífico y sobre el Océano Índico.

El mayor problema de un sistema de comunicación que opera con satélites geoestacionarios o fijos, es el retardo de la señal, alrededor de 0.26 segundos, para una comunicación de un solo salto, es decir, estación terrena-satélite-estación terrena.

PERDIDAS DE TRANSMISIÓN Y ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS

Los satélites en general, como parte de un sistema de comunicaciones, tienen como finalidad retransmitir las señales enviadas desde la Tierra. Para el caso de los satélites geoestacionarios, por la distancia que conservan respecto a la Tierra (35,890 Km.), requieren de dispositivos adicionales que permitan compensar las pérdidas ocasionadas en el espacio libre.

Se puede observar en la ecuación siguiente que la potencia recibida desde una estación espacial (satélite), es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia o inversamente proporcional a las pérdidas en el espacio libre.

$$P_r = P_t G_t G_r \left[\frac{\lambda}{4\pi d} \right]^2$$

donde:

P_t = Potencia de Transmisión.

G_t = Ganancia de antena de Transmisión.

G_r = Ganancia de antena de Recepción.

λ = Longitud de onda.

d = distancia entre el satélite y estación terrena.

y

$$\left[\frac{4\pi d}{\lambda} \right]^2$$

determina las pérdidas en el espacio libre.

Dispositivos activos, como amplificadores a diodo túnel, GaAsFET, y tubos de onda progresiva de alto y bajo nivel, permiten compensar las pérdidas en el espacio libre mencionadas. Se incluyen, además de este tipo de dispositivos, osciladores y mezcladores para transponder o abatir las frecuencias recibidas de las transmitidas, con objeto de evitar interferencias sufridas en el satélite por el uso de una misma frecuencia para transmisión y recepción. De esta forma un satélite geoestacionario, como parte integral de un sistema de comunicaciones, tiene la siguiente característica:

$$F_t \neq F_r$$

donde:

F_t = Frecuencia de transmisión

F_r = Frecuencia de recepción

La designación de las *primeras bandas* de frecuencias, dadas a conocer en la Conferencia Extraordinaria Radioadministrativa, celebrada en Génova, en 1963, después de considerar que en frecuencias menores de 1 GHz el ruido estático y cósmico aumenta y que a frecuencias mayores de 10 GHz las ondas son absorbidas por el oxígeno o el vapor existente en el aire cuando pasan a través de la zona atmosférica y considerando que el ruido es un coeficiente que depende de la elevación sobre un plano horizontal, acordó finalmente apta la gama de frecuencias comprendidas entre 1 y 10 GHz (referidas como radioventana); para ser utilizadas en comunicaciones vía satélite, quedando designadas para usarse en el sistema de comunicaciones por satélite las frecuencias de 5,925 – 6,425 MHz para la transmisión de Tierra a satélite y de 3,700 – 4,200 MHz para la transmisión de satélite a Tierra (Hoy conocida como banda “C”). Posteriormente con el desarrollo de una nueva tecnología algunos de los problemas existentes fuera el rango de 1 a 10 GHz han sido debidamente compensados (sobre todo con el desarrollo de dispositivos de bajo nivel de ruido) de modo que actualmente se manejan adicionalmente otras bandas.

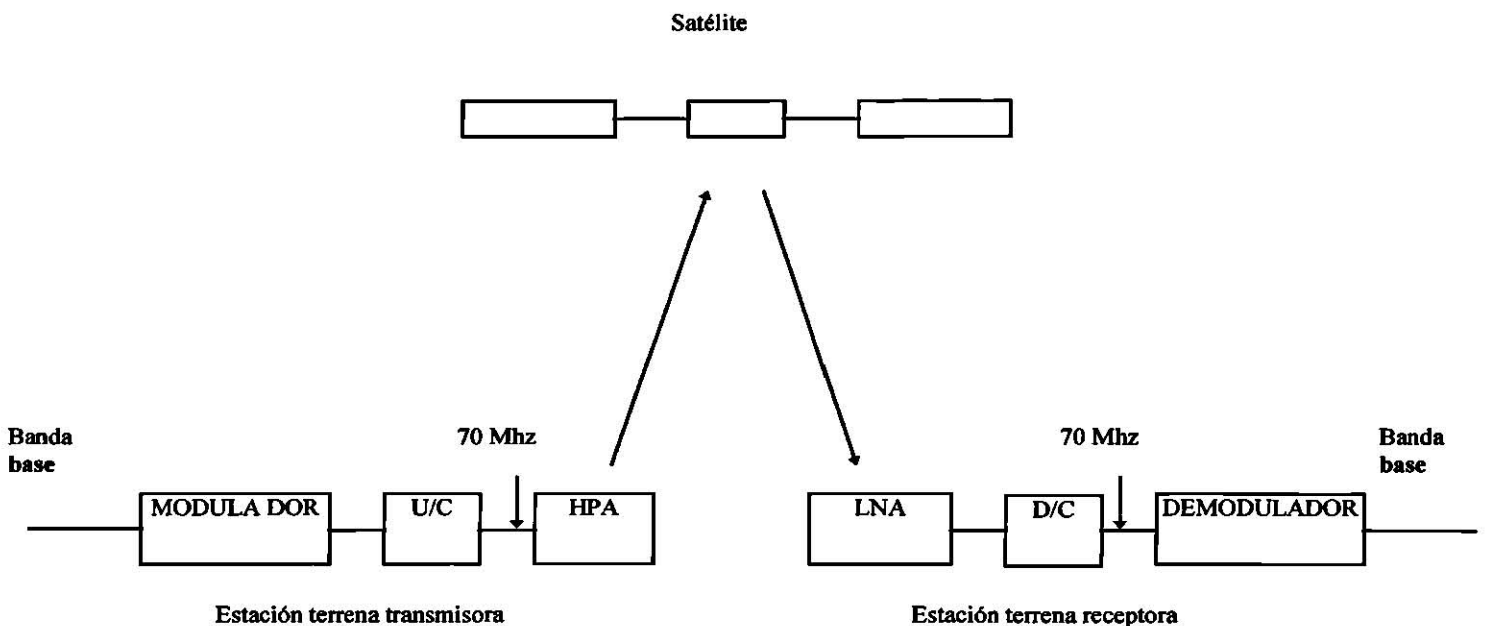
En conclusión, los satélites, en general, tienen como finalidad retransmitir las señales enviadas desde la Tierra (señal up-link), para retornarlas en otra banda de frecuencias (down-link). Las bandas mas utilizadas son las siguientes:

	BANDA “C” MHz	BANDA “Ku” MHz	BANDA “Ka” MHz
ascendente (up-link)	5,925 a 6,425	14,000 a 14,500	27,500 a 31,000
descendente (down-link)	3,700 a 4,200	11,700 a 12,200	17,700 a 21,200

EL ENLACE: TIERRA-SATÉLITE-TIERRA

CIRCUITO HIPOTÉTICO DE REFERENCIA

Para establecer un sistema de comunicaciones vía satélite, se requiere contar con una estación terrena transmisora, un satélite de radiocomunicaciones y una estación terrena receptora, integrados según la recomendación de CCIR (Rec-352-1), del “circuito hipotético de referencia” como a continuación se describe:



CIRCUITO HIPOTÉTICO DE REFERENCIA

ESTACIÓN TERRENA TRANSMISORA

- Acometida e la señal a transmitir (Entrada en banda base).**
- Modulador.**
- Convertidor de subida (U/C, Up-converter).**
- Amplificador de potencia (HPA, High Power Amp.).**
- Antena, lado de transmisión.**

La señal de información (telefonía, televisión, información digital, etc.), es recibida por el equipo transmisor de satélite en Tierra una vez que, previamente es agrupada adecuadamente mediante la multiplexión en la forma de señal de Banda Base (BB), para ser alimentada al modulador. Este modulador opera a una frecuencia estándar de 70 MHz llamada frecuencia intermedia (F.I.) la cual es modulada en frecuencia por la banda base. La señal de FI (modulada), es posteriormente elevada al rango de microondas (Ejemplo: 6 GHz en banda C), en el convertidor de subida para luego ser amplificada en el HPA con la finalidad de conseguir el suficiente nivel para que la señal llegue al satélite con la potencia suficiente.

La señal de microondas es alimentada a la antena que concentra la energía dirigiéndola hacia el satélite.

SATÉLITE DE RADIOCOMUNICACIONES

- Antena lado de recepción.**
- Amplificadores de bajo nivel de ruido (LNA).**
- Convertidor de frecuencia (Traslador de banda).**
- Amplificador de potencia (HPA).**
- Antena lado de transmisión.**

Al llegar la señal al satélite, es captada por la antena de recepción la cual la alimenta a un amplificador de bajo nivel de ruido (LNA) el cual amplifica la microonda para luego, en el convertidor, bajar su frecuencia al rango de la banda "Down-link" (Ejemplo: al rango de 4 GHz en banda C). Una vez trasladada la frecuencia, la señal será amplificada en el HPA y enviada de nuevo hacia la Tierra por la antena de transmisión. Esta antena, en ocasiones, es la misma que la de recepción.

ESTACIÓN TERRENA RECEPTORA

- Antena lado recepción.**
- Amplificador de Bajo Nivel de Ruido (LNA).**
- Convertidor de bajada (D/C, Down-converter).**
- Demodulador.**
- Entrega de la señal Banda Base.**

En la estación terrena receptora la señal es recogida por la antena, alimentada al LNA donde se amplifica con un bajo nivel de ruido, alimentada al convertidor de bajada donde la señal es convertida del rango de microondas a frecuencia intermedia (70 MHz), para luego ser recuperada la información en el demodulador. La señal a la salida del demodulador es la información en la forma de Banda Base.

TIPOS DE ACCESOS

El acceso múltiple se define como la capacidad para un gran número de estaciones terrenas transmisoras “conecten” sus enlaces de comunicación correspondientes a través de un satélite común. Los tres tipos de enlaces mas comunes son: Acceso múltiple por división de frecuencia, Acceso múltiple por división de tiempo y Acceso múltiple por división de código.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA)

Este enlace tiene la característica de que todos los usuarios (*transmisores en Tierra*) tienen acceso al satélite al mismo tiempo pero cada uno transmite en su propia y única banda de frecuencias. Esta es la forma de acceso múltiple mas utilizada con la modulación analógica, donde las señales están presentes todo el tiempo.

Este tipo de acceso permite al mismo tiempo señales diferentes, utilizando para ello distintas frecuencias portadoras para que no haya interferencia. Si las sumas de los anchos de banda de estas señales dan un total de 36 MHz, entonces dichas señales pueden ocupar el mismo transponder del satélite.

Ventajas:

- No se requiere de sincronización, es decir, cada estación transmite independientemente de las otras.
- La asignación de cada canal es simple y directa.

Desventajas:

- Los niveles de potencia de los enlaces ascendentes deben de ser estrechamente coordinados para ser un uso eficaz de la potencia de salida de microondas de los transponders.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDMA)

Aquí todos los usuarios transmiten por *turno* en su propia y única *ranura* de tiempo. Mientras está transmitiendo, cada ocupante tiene el uso exclusivo de uno o mas transponders. La naturaleza intermitente del TDMA lo hace particularmente atractivo para la modulación digital.

Es una técnica totalmente digital mediante cual varias estaciones terrenas accedan o ocupar un transponder o parte de él, todo un grupo de estaciones tiene asignada la misma ranura con cierto ancho de banda fijo y se comparte entre ellos secuencialmente en el tiempo, es decir, cada estación tiene asignada un tiempo para transmitir lo que guste dentro de la ranura y cuando su tiempo se agote debe dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le sigue en frecuencia hasta que le toquen nuevamente su turno. No hay división de potencia ni producto de intermodulación en las estaciones transmisoras o receptoras, por lo tanto, el transponder puede operar a su potencia completa sin distorsión.

La forma en que este sistema trabaja es que cada estación tiene un circuito que almacena su información de salida y mediante un control de una estación maestra, los circuitos de almacenamiento individuales (BUFFER) de cada transmisor en el sistema liberan todas sus señales almacenadas a muy alta velocidad hacia el satélite.

Ventajas:

- No se comparte la potencia y no se presentan problemas de intermodulación.
- El sistema es flexible en cuanto a la *PIRE* que cada usuario transmite en cada enlace ascendente.

Desventajas:

- Se requiere una sincronía perfecta en la red.
- Se requiere de una gran capacidad de almacenamiento.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGOS (CDMA)

También se le denomina acceso múltiple con espectro expandido, no es usado tan extensamente a nivel comercial, pero sí en los campos de seguridad y militares. En este sistema todas las estaciones transmiten en la misma frecuencia y al mismo instante, solo que cada transmisor tiene su propio y único código. Presenta el inconveniente de que ocupa mucho ancho de banda, es decir, un transponder completo, pues cada bit de información como la que se transmite en la modalidad TDMA se transforma en un nuevo tren de bits y muy largo de acuerdo a un código determinado permanente.

Cada estación transmisora utiliza una secuencia diferente de bits para codificar cada uno de los bits de información de las estaciones terrenas receptoras, solo la destinataria de cierta información determinada conoce el código que transmite y es capaz de reconstruir el mensaje original, las señales codificadas llegan superpuestas con otras señales que son todas como ruido tolerable.

TIPOS DE ANTENA

ANTENA:

En un sistema radiotransmisor, elemento que tiene la misión de lanzar al espacio la energía electromagnética suministrada por un generador y conducida por una línea de transmisión apropiada. En un sistema receptor está destinada a recoger la energía de las ondas que proceden del espacio circundante y enviarla, siempre a través de una línea conveniente, al aparato adecuado. En ambos casos la antena funciona como un enlace entre dos medios, el espacio y la línea de transmisión, en los cuales las ondas electromagnéticas se propagan siguiendo leyes diferentes. Es decir, la antena constituye el adaptador entre dos sistemas línea-espacio.

Físicamente, en su forma más característica, la antena se presenta como una estructura metálica dotada dos terminales de entrada, a través de los cuales se alimenta. Para una antena cualquiera pueden definirse las magnitudes que caracterizan su manera de funcionar. Son de especial importancia los diagramas de radiación, la directividad, la ganancia, la impedancia, la anchura o amplitud de banda (es decir, el intervalo de frecuencias para la cual se obtiene el mejor funcionamiento) y la polarización.

Se dice que una antena es de polarización rectilínea cuando el vector eléctrico de la onda irradiada se mantiene siempre orientado en una misma dirección. Este es el caso de una antena dipolar, que es el tipo más sencillo y fundamental de antenas.

Por el contrario, cuando los vectores eléctrico y magnético de la onda irradiada por la antena giran, cambiando de dirección continuamente, la polarización es elíptica o circular. En la recepción, cuando la dirección de la componente eléctrica del campo incidente no es paralela a la dirección de polarización de la antena, la potencia absorbida disminuye, y se anula cuando ambas direcciones son ortogonales.

Para lograr una buena eficiencia eléctrica, las dimensiones de una antena han de ser del orden de la longitud de las ondas irradiadas o recibidas. Por ello, dado el amplio campo de las longitudes de onda utilizadas para las comunicaciones, desde las kilométricas hasta las centimétricas y milimétricas, los tipos de antenas empleados son muy diferentes.

Para las longitudes de ondas kilométricas y aún más largas, la antena es un semidipolo vertical, la otra mitad está constituida por el suelo que, para los efectos de irradiación, se comporta como un espejo reflectante. Para las longitudes de onda hectométricas, utilizadas en las radiocomunicaciones locales, el terreno no es ya lo bastante reflectante y, por ello, alrededor de la antena suele disponerse un retículo de hilos metálicos a fin de aumentar la conductividad del terreno; mientras que para la

recepción se utilizan las antenas llamadas de bastidor o de cuadro, formadas por espiras de conductores que actúan como un dipolo magnético.

TIPOS DE ANTENAS DE MICROONDAS:

- DIPOLO
- RANURA
- CORNETA
- ESPIRAL
- HELIAX
- ARREGLOS
- ARREGLOS DE FASE
- PARABÓLICA

ANTENAS DE COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE: PARABÓLICA Y CORNETA

Las antenas reciben las señales de radiofrecuencias proveniente de las estaciones terrenas, y después de que son procesadas en el satélite las transmiten de nuevo hacia la tierra, concentradas en un haz de potencia. Cuando más grande sean las antenas, tienen la propiedad de mayor capacidad de concentración de energía en un haz electromagnético muy angosto con niveles muy altos de densidad de potencia, por otra parte, cuando mas alta sea la frecuencia a la que trabajan, mayores su capacidad de energía, característica de las antenas de “apertura”, cuya capacidad de concentrar energía eléctrica está en función de sus dimensiones eléctricas y no 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 ese número de longitud de onda que cabrían alineadas en su apertura o boca.

Los satélites tienen varias antenas de diferentes características, pueden tener antenas globales, hemisféricas, de zona y puntuales. Además de estas antenas existe otra antena muy importante, la antena de telemetría y comando, que es la encargada de recibir las señales que contienen ordenes emitidas por el centro de control en la tierra, para efectuar alguna conexión a bordo, también se encarga de enviar información a la tierra sobre el estado de operación de todo el satélite.

Una antena parabólica consiste en un manantial de ondas electromagnéticas (iluminador) situado en el foco de una superficie parabólica conductora.

En virtud de las propiedades de la parábola, la totalidad de los rayos emergentes

del foco se refleja en forma de haz paralelo al eje de la misma, y los planes normales a dicho eje son equifásicos. Esta clase de antenas tiene que actuar en dos direcciones angulares distintas, debido a lo cual están compuestas por diversos tipos de reflectores agrupados.

Teóricamente, el diagrama de radiación de una antena parabólica debería extenderse tan solo en la dirección del eje de la parábola (directividad infinita), pero esto solamente ocurriría si el manantial radiante fuese perfectamente puntiforme y la parábola se prolongase indefinidamente. En las condiciones reales, tanto la antena como el iluminador poseen dimensiones finitas y el diagrama de radiación dependerá del reflector y del tipo de iluminador elegido.

Según sea su frecuencia de régimen, los reflectores pueden ser de plancha o de tela metálica e incluso de material plástico metalizado. Sus dimensiones dependen de la directividad deseada, en relación con la frecuencia de régimen. El iluminador se proyecta de tal modo que la energía radiada se concentre, casi totalmente, sobre el reflector. El empleo de las antenas parabólicas es frecuente en el campo de aplicación de las microondas cuando interesa una buena directividad.

Las características más importantes de una antena son, su ganancia y su patrón de radiación. La ganancia se mide en decibeles (dB), está asociada con la dirección de máxima radiación que es el lóbulo principal de su patrón de radiación, su valor depende de varios factores como son el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentador con que es iluminado, así como la posición y orientación geométrica del alimentador.

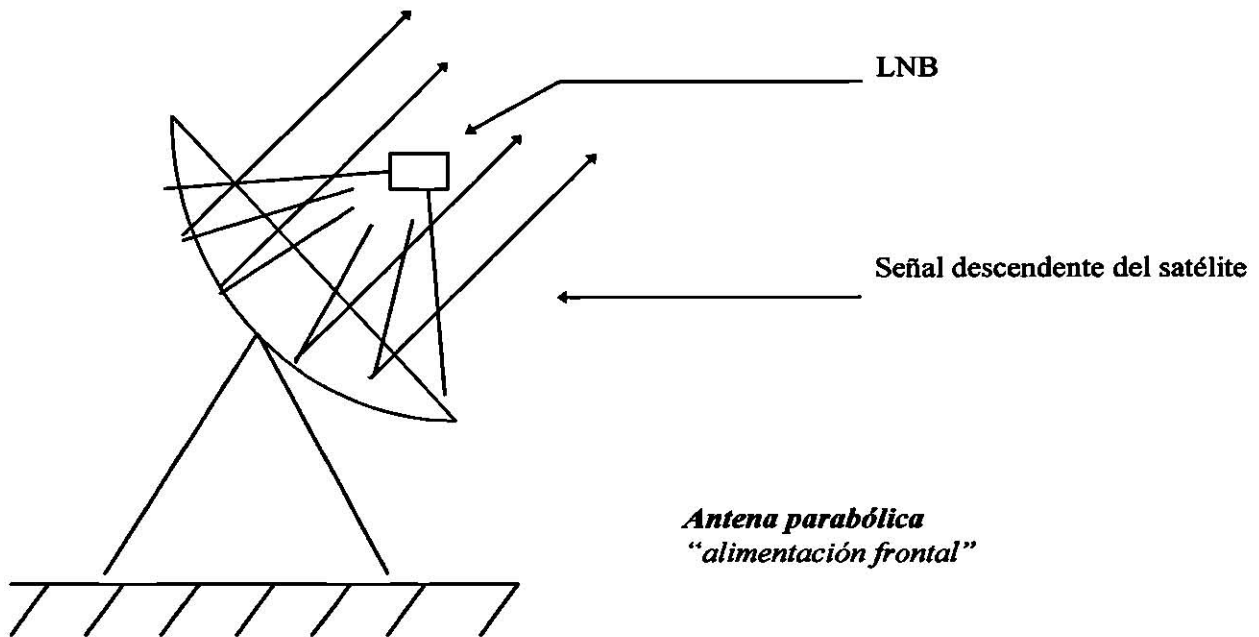
Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas en un punto común llamado cono; así mismo las señales que provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación.

Existen tres tipos de alimentación en una antena parabólica, las cuales son:

- **Alimentador frontal**
- **Descentrada**
- **Casse grain**

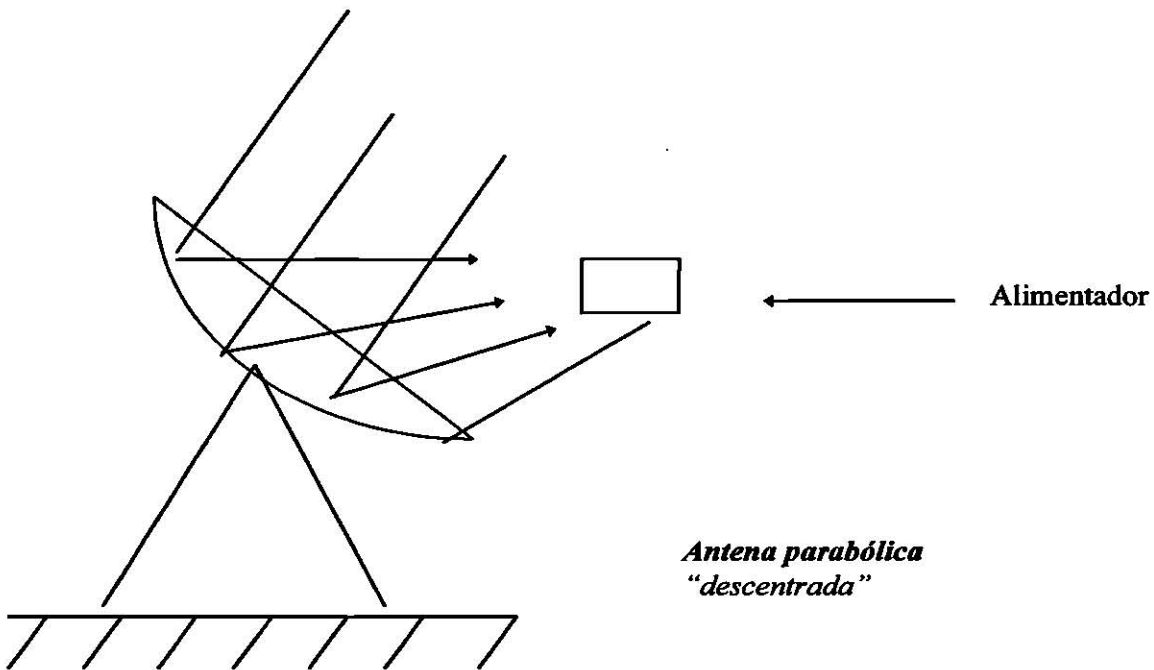
Alimentación Frontal

1. El eje del alimentador coincide con el eje de la antena.
2. La apertura con la que radia está orientada hacia el suelo.
3. La energía radiada por el alimentador se desperdicia por desborde.
4. Es la más usada en estaciones caseras.



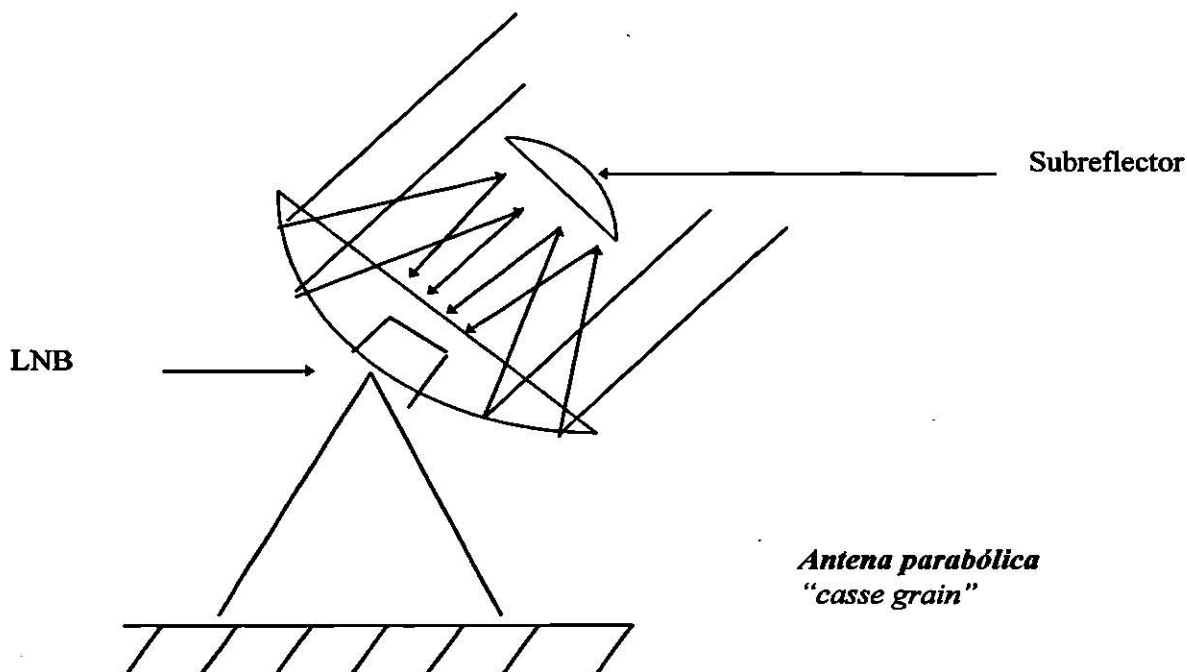
Alimentación Descentrada.

1. Emplea una sección del plato y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella.
2. Es más costosa que la de Alimentación Frontal.
3. No resuelve el problema de desborde.
4. Se utiliza en estaciones transmisoras y receptoras de T.V., telefonía y datos.



Casse Grain

1. Es más eficiente que las otras dos.
2. Su ganancia es mayor.
3. Su configuración geométrica se involucra a un segundo reflector con superficie hiperbólica llamado subreflector.
4. El alimentador apunta hacia arriba, eliminando el ruido por reflexión de la tierra.



Orientación de Elevación y de Azimút

1. *Ángulo de elevación.*- Es aquel formado entre el eje de simetría del plato dirigido hacia el satélite y el suelo.
2. *Azimút.*- Cantidad de grados a girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj (con relación al norte) para que el eje de simetría pase por la posición en longitud del satélite.

TABLAS DE SATÉLITES

PRIMEROS SATÉLITES EXPERIMENTALES Y COMERCIALES DE COMUNICACIONES.

NOMBRE	Fecha de Lanzamiento	Altitud de la órbita inicial (Km)	Servicios
Score	Diciembre 18, 1958	182 a 1048	Voz y telegrafía, repetición de señales con demora y Tx de mensajes grabados
Courier I-A	Agosto 18,1960	No entró en órbita explotó el vehículo	
Courier I-B	Octubre 4,1960	943 a 1234	Voz, telégrafo y telefoto,inclusive la Tx de voz a Puerto Rico
Telstar I	Julio 10,1962	954 a 5638	T.V., voz, telégrafo, datos y Telefoto, inclusive Tx entre Los E.U. y Europa Occ. y Sud América y entre E.U. y Japón
Relay I	Diciembre 3,1963	1318 a 7422	Similar al Telstar I
Syncom I	Febrero 13,1963	34227 a 36973	Similar al Telstar I
Telstar II	Mayo 7,1963	972 a 10803	Similar al Telstar I
Syncom II	Julio 26,1963	35792 a 35804	Voz, telégrafo, datos y telefoto , inclusive Tx entre E.U., Europa Occ. y África
Relay II	Enero 21,1964	2132 a 7403	Similar al Relay I
Syncom III	Agosto 19,1964	35781 a 35798	Voz, televisión
Early Bird	Abril 6,1965	35787 a 35796	Similar al Syncom III comercial entre E.U. y Europa
Molniya I	Abril 23,1965	497 a 39380	T.V., voz, telegrafía

El número de sistemas de comunicaciones operando y proyectados a futuro crece tan rápidamente que es difícil resumirlos en un listado, de hecho en la actualidad hay gran diversidad de satélites orbitando la tierra presentando diferentes servicios, por ejemplo, comunicaciones, observaciones meteorológicas, experimentación, vigilancia, etc.

En las siguientes tablas se proporciona una relación de los satélites *GEOESTACIONARIOS* de COMUNICASEN LAS LLAMADAS Banda C y Banda Ku en 1989. (Tomada de la obra "Satélites de Comunicaciones" del Ing. RODOLFO NERI VELA).

TABLA 1

SATÉLITES GEOESTACIONARIOS QUE OPERAN EN BANDA "C"

NOMBRE	POSICIÓN (LONGITUD GEOGRÁFICA)		PROPIETARIO
F-Sat I	7°	E	Francia
Statsionar-18	8°	E	URSS
Nat-Sat 3	14°	E	Nigeria
AMS-1	15°	E	Israel
Nat-Sat 2	16°	E	Nigeria
Arabsat-1A	19°	E	Liga de Países Arabes
Nat-Sat 1	20°	E	Nigeria
Arabsat-1B	26°	E	Liga de Países Arabes
Raduga-17	35°	E	URSS
Raduga-19	45°	E	URSS
More 53	53°	E	URSS
Intelsat VI	57°	E	Intelsat
Intelsat VA-F2	60°	E	Intelsat
Intelsat V-F5	63°	E	Intelsat
Intelsat VI-2	63°	E	Intelsat
Inmarsat-2 F3	64.5°	E	Inmarsat
Intelsat V-F3	66°	E	Intelsat
STW-2	70°	E	China
Marisat-F2	72.5°	E	Inmarsat
Insat-1B	74°	E	India
Gorizont-9	75.7°	E	URSS
Statsionar-13	80°	E	URSS

Potok-2	80°	E	URSS
Insat-IIA	83°	E	India
Raduga 20	85°	E	URSS
Chinasat-1	87.5°	E	China
More-90	90°	E	URSS
Gorizont-13	90°	E	URSS
Insat-IC	93.5°	E	India
Insat-IIB	93.5°	E	India
Statsionar-14	95°	E	URSS
Chinasat-3	98°	E	China
Ekrán 16 y 17	99°	E	URSS
Palapa B1	108°	E	Indonesia
Chinasat-2	110.5°	E	China
Palapa B2P	113°	E	Indonesia
Palapa B3	118°	E	Indonesia
STW-1	125°	E	China
Statsionar-15	128°	E	URSS
Raduga-21	128°	E	URSS
CS-2A	132°	E	Japón
CS-2B	136°	E	Japón
More-140	140°	E	URSS
Gorizont-14	140°	E	URSS
Statsionar-16	145°	E	URSS
Pacstar-1	167.5°	E	Papúa-Nueva Guinea
Intelsat V-F1	174°	E	Intelsat
Marisat-F3	176.5°	E	Inmarsat
Intelsat IVA-F3	177°	E	Intelsat
Marecs A	178°	E	Inmarsat
Intelsat V-F8	180°	E	Intelsat
Intelsat V-F2	1°	W	Intelsat
Telecom IC	3°	W	Francia
Telecom IB	5°	W	Francia
Telecom IIA	8°	W	Francia
Telecom IA	8°	W	Francia
Statsionar-11	11°	W	URSS
Potok-1	13.5°	W	URSS
Gorizont-12	14°	W	URSS
More-14	14°	W	URSS
Marisat F1	15°	W	Inmarsat
Inmarsat-2 F1	15°	W	Inmarsat
Intelsat V-F6	18°	W	Intelsat
Intelsat IVA-F4	21.5°	W	Intelsat
Avsat 1	22°	W	E.U/Aeron. Radio
Intelsat VA-F10	24.5°	W	Intelsat
Raduga-18	25°	W	URSS

Inmarsat-2 F2	26° W	Inmarsat
Marecs B2	26° W	Inmarsat
Statsionar-17	26.5° W	URSS
Intesat VA-F11	27.5° W	Intelsat
Intelsat V-F4	34.5 W	Intelsat
TDRS A	41° W	E.U/NASA
PAS 1	45° W	E.U/PamAm Sat
Finansat 2	48° W	E.U/Financial Sat
Intelsat V-F3	53° W	Intelsat
PAS	57° W	E.U/PamAm Sat
Avsat	58° W	E.U/Aeron Radio
Satcom 6	62° W	E.U/GE Americom
ASC-3	64° W	E.U/American Sat
ASC-4	64° W	E.U/American Sat
Brasilsat-1	65° W	Brasil
Spacenet-II	69° W	E.U/GTE-Spacenet
Brasilsat-2	70° W	Brasil
Satcom 2R	72° W	E.U/RCA Americom
Galaxy 2	74° W	E.U/Hughes Com
Satcol 1	75° W	Colombia
Comstar D4	76° W	E.U/Comsat General
TDRS C	79° W	E.U/NASA
Nahuel A	80° W	Argentina
Satcom 4	83° W	E.U/RCA Americom
STSC 1	83° W	Cuba
ASC 2	83° W	E.U/American Sat
Nahuel B	85° W	Argentina
Telstar 302	85° W	E.U/AT&T
Spacenet III	87° W	E.U/GTE-Spacenet
Cóndor	89° W	Pacto Andino
Westar VI S	91° W	E.U/Wstern Union
Galaxy 3	93.5° W	E.U/Hughes Com
Telstar 301	96° W	E.U/AT&T
STSC 2	97° W	Cuba
Westar IV	99° W	E.U/Western Union
Anik D1	104.5° W	Canadá
Anik D2	111.5° W	Canadá
Morelos 1	113.5° W	México
AVSAT 3	114° W	E.U/Aeron Radio
Morelos 2	116.5° W	México
Spacenet I	120° W	E.U/GTE-Spacenet
Galaxy 4	122° W	E.U/Hughes Com
Westar V	122.5° W	E.U/Western Union
Telstar 303	125° W	E.U/AT&T
ASC-1	128° W	E.U/American Sat

Satcom 3	131° W	E.U/RCA Americom
Galaxy 1	134° W	E.U/Hughes Com
Satcom 1R	139° W	E.U/RCA Americom
Aurora 1	143° W	E.U/Alascom
Westar VII	144° W	E.U/Western Union
Potok-3	168° W	URSS
TDRS B	171° W	E.U/NASA
Pacstar-2	175° W	Papúa Nueva Guinea
Finansat 1	178° W	E.U/Financial Sat

TABLA 2

SATELITES GEOESTACIONARIOS QUE OPERAN EN LA BANDA "Ku"

NOMBRE	POSICION (LONGITUD GEOGRAFICA)	PROPIETARIO
Eutelsat II-2	3° E	Eutelsat
Telecom 1C	3° E	Francia
Tele -X	5° E	Naciones Nórdicas
Eutelsat I-4	7° E	Eutelsat
Telecom IB	8.5° E	Francia
Eutelsat II-4	10° E	Eutelsat
Eutelsat I-1	13° E	Eutelsat
Zenon-B	15° E	Francia
AMS-1	15° E	Israel
Sicral 1A	16° E	Italia
Eutelsat I-5	16° E	Eutelsat
SABS	17° E	Arabia Saudita
Zenon-C	19° E	Francia
SES-Astra 1	19° E	Luxemburgo
Eutelsat II-3	19° E	Eutelsat
DFS-1	23.5° E	Alemania Occidental
DFS-2	28.5° E	Alemania Occidental
Videosat	32° E	Francia
Eutelsat II-1	36° E	Eutelsat
Paksat 1	38° E	Pakistán
Paksat 2	41° E	Pakistán
Loutch 2	53° E	URSS

Intelsat VI	57°	E	Intelsat
Intelsat VI-1	60°	E	Intelsat
Intelsat VA-F12	60°	E	Intelsat
Intelsat V-F5	63°	E	Intelsat
Intelsat VI-2	63°	E	Intelsat
CBSS-1	65°	E	China
Intelsat V-F7	66°	E	Intelsat
Celestar-2	70°	E	E.U/McCaw
Gorizont-9	75.7°	E	URSS
CBSS-2	80°	E	China
Loutch 3	90°	E	URSS
Gorizont-13	90°	E	URSS
CBSS-3	92°	E	China
BS-3	110°	E	Japón
SCC 1	124°	E	Japón
SCC 2	128°	E	Japón
Gorizont-14	140°	E	URSS
JCS-1	150°	E	Japón
JCS-2	154°	E	Japón
Aussat-1	156°	E	Australia
Aussat-2	160°	E	Australia
Aussat-3	164°	E	Australia
Pacsat-1	167.5°	E	Papúa-Nueva Guinea
Celestar-1	170°	E	E.U/McCaw
Intelsat V-F1	174°	E	Intelsat
Intelsat V-F8	180°	E	Intelsat
Intelsat V-F2	1°	W	Intelsat
Telecom 1C	3°	W	Francia
Telecom 1B	5°	W	Francia
Zenon-A	8°	W	Francia
Telecom 1A	8°	W	Francia
Telecom 2A	8°	W	Francia
F-Sat-2	11°	W	Francia
Loutch 1	14°	W	URSS
Gorizont-12	14°	W	URSS
Intelsat V-F6	18°	W	Intelsat
TV-Sat 1	19°	W	Alemania Occidental
Helvesat	19°	W	Suiza
TDF-1	19°	W	Francia
Olympus 1	19°	W	A. Europea Espacial
Sarit	19°	W	Italia
Intelsat VA-F10	24.5°	W	Intelsat
Intelsat VA-F11	27.5°	W	Intelsat
Eiresat-1 (Atlantic Satellite)	31°	W	Irlanda
BSB	31°	W	Reino Unido

Hispasat	31°	W	España
Intelsat V-F4	34.5°	W	Intelsat
Orion-1	37.5°	W	E.U./Orion Sat. Corp.
PAS 1	45°	W	E.U./PanAmSat
Brasil-Sat C	45°	W	Brasil
Intelsat V-F3	53°	W	Intelsat
ISI-1	56°	W	E.U./Int. Sat. Inc.
SBS-6	62°	W	E.U/IBM
Brasil-Sat B	64°	W	Brasil
ASC-3	64°	W	E.U/American Sat
Spacenet II	69°	W	E.U/GTE-Spacenet
Canada BSS1	70.5°	W	Canadá
Galaxy K1	71°	W	E.U/Hughes Com Inc.
Uruguay-Sat	71.5°	W	Uruguay
Westar A	73°	W	E.U/Western Union
Sat Mobile 2	75°	W	E.U/Sat Mobile Co.
Expresstar B	77°	W	E.U/Federal Express
Nahuel A	80°	W	Argentina
Satcom K1	81°	W	E.U/GE Americom
Brasil-Sat A	81°	W	Brasil
ASC-2	83°	W	E.U/Am. Sat. Corp.
Satcon K1	85°	W	E.U/GE Americom
Nahuel B	85°	W	Argentina
Perú-Sat	86°	W	Perú
Spacenet III	87°	W	E.U/GTE-Spacenet
Cuba-Sat	89°	W	Cuba
SBS-4	91°	W	E.U/IBM
Canadá-BSS2	91°	W	Canadá
Caribe-Sat	92.5°	W	Países del Caribe
Ecuador-Sat	95°	W	Ecuador
SBS-3	95°	W	E.U/MCI
Bermudas-Sat	96°	W	Bermudas
SBS-2	97°	W	E.U/Comsat General
SBS-1	99°	W	E.U/Comsat General
Gstar IV	99°	W	E.U/GTE Spacenet
Paraguay-Sat	99°	W	Paraguay
Galaxy BSS1	101°	W	E.U/Hughes Com.
Gstar I	103°	W	E.U/GTE Spacenet
Colombia-Sat	103°	W	Colombia
Venezuela-Sat	104°	W	Venezuela
Gstar II	105°	W	E.U/GTE Spacenet
Chile-Sat	106°	W	Chile
M-Sat	106.5°	W	Canadá
Anik E1	107.5°	W	Canadá
Anik C1	107.5°	W	Canadá

Anik C2	110° W	Canadá
Anik E2	110.5° W	Canadá
Morelos I	113.5° W	México
Andes-Sat	115° W	Ven./Col./Bol./Ecu.
Morelos 2	116.5° W	México
Anik C3	117.5° W	Canadá
Sat-Mobile I	120° W	E.U/Sat Mobile Co.
Spacenet I	120° W	E.U/GTE Spacenet
SBS-5	122° W	E.U/IBM
Expresstar A	124° W	E.U/Federal Express
Gstar III	124° W	E.U/GTE Spacenet
Mex-Sat	127° W	México
ASC 1	128° W	E.U/American Sat C.
Galaxy K2	130° W	E.U/Hughes Comm Ir
Westar B	132° W	E.U/Western Union
Hughes MSS 1	135° W	E.U/Hughes Comm.
Mex-Sat	136° W	México
Canadá-BSS3	138° W	Canadá
USA-BBS 1	148° W	E.U/Western
USA-BSS 2	166° W	E.U/Western
Pacstar-2	175° W	Papúa-Nueva Guinea

NOTA: En lo que respecta a México debemos agregar los satélites Solidaridad I y II en 109.2° y 113° W respectivamente operando en la banda "C", "Ku".

CONCLUSIONES

Después de haber analizado los diferentes tipos de satélites, su diseño y estructura interna, se puede tener un panorama más profundo y detallado sobre las comunicaciones de vía satélite, así como se puede desarrollar un diseño más elaborado sobre un enlace involucrado, además de estas bases la alta tecnología que día con día se va acrecentando.

BIBLIOGRAFÍA

DISEÑO DE ENLACES DE COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

Memoria de la F.I.M.E.

Ing. Fernando EstradaSalazar

TESIS DE COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

Jesús Tinajero

SATÉLITES DE COMUNICACIONES

Rodolfo Neri Vela

Ed McGraw-Hill

ENCICLOPEDIA BRITÁNICA

Ed. Océano

APUNTES DE DISPOSITIVOS Y SISTEMAS DE MICROONDAS

INTERNET

