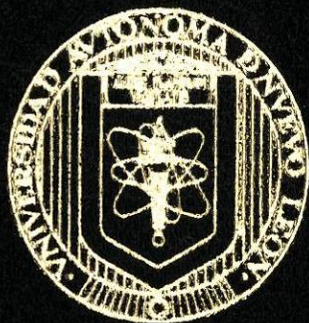


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA:

JAVIER MURPHY GUAJARDO

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1996

T

TK51

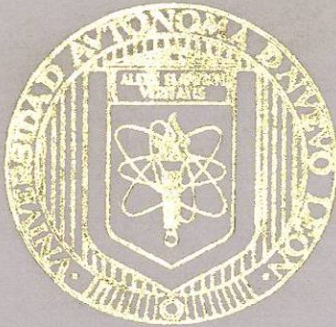
M8

C. 1



1080064307

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA:

JAVIER MURPHY GUAJARDO

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1996

7
TKSLO4
M8



***A mis padres y a mis hermanos por haberme
apoyado en todo momento durante toda mi
carrera.***

***Y a mis maestros, por todas las enseñanzas
que me han dejado .***

COMUNICACION VIA SATELITE

INDICE

o SATÉLITES :	1
Ventajas de la Comunicación Vía Satélite.	1
Clasificación :	2
De Acuerdo a su Principio de Operación.	2
De Acuerdo a su Aplicación.	3
De Acuerdo a su Órbita.	3
De Acuerdo a su Cobertura.	4
o COLOCACIÓN EN ÓRBITA GEOESTACIONARIA :	
Inyección Directa en Órbita Geoestacionaria.	5
Inyección Directa en Órbita Elíptica.	5
Inyección Directa en Órbita Circular Baja.	7
o BANDAS UTILIZADAS EN MICROONDAS.	8
Reutilización de Frecuencias.	8

o ACCESO MÚLTIPLE :	
Acceso Múltiple por División de Frecuencia	(FDMA). 10
Acceso Múltiple por División en el Tiempo	(TDMA). 11
Acceso Múltiple por Diferenciación de Código	(CDMA). 11
Acceso Múltiple de Asignación por Demanda	(DAMA). 12
o CIRCUITO HIPOTÉTICO DE REFERENCIA	
Estación Terrena Transmisora.	14
Satélite de Comunicaciones.	15
Estación Terrena Receptora.	16
o ESTRUCTURA DE UN SATÉLITE.	18
Subsistemas:	
De Antenas.	19
De Comunicaciones :	20
De Energía Eléctrica.	22
De Control Térmico.	23
De Posición y Orientación.	
De Propulsión.	26
De Rastreo Telemetría y Comandos.	27
Estructural.	28

SATÉLITE

Un satélite es una estación repetidora en el rango de las microondas, pero colocada en el espacio. Es decir, el satélite no realiza transmisiones solo recibe la señal, la procesa y la transmite hacia la Tierra. La señal que se envía hacia el satélite se dice que esta en la banda *up-link* y la que es enviada hacia la Tierra esta en la banda *Down link*.

Ventajas de la comunicación vía satélite :

- 1).- **Mejor calidad de la señal .-** Cualquier proceso electrónico degrada la señal al agregarle ruido, por lo tanto, si se desea hacer una transmisión de una ciudad a otra la señal debe de pasar por varias repetidoras. Así que como cada proceso le induce ruido a la señal en el receptor tendremos una sumatoria de ruido con la señal. En un satélite no tenemos ese problema debido a que solo es una repetidora y por lo tanto un proceso.
- 2).- **Menor cantidad de repetidoras .-** Debido a que en un enlace vía satélite solo se presenta una repetidora, en comparación en un enlace terrestre, no se ahorra una red sino varias redes de repetidoras.
- 3) .- **Mayor confiabilidad .-** Cuando se habla de confiabilidad se refiere a que la señal llegue a su destino (buena o mala). Si tenemos X repetidoras en una red, existen X posibilidades de que existan fallas en el trayecto, en un enlace satelital solo existe una posibilidad. Además de que las normas de fabricación de un satélite son muy estrictas, lo cual garantiza su buen funcionamiento durante el tiempo de vida útil; y también se debe de tomar en cuenta de que las partes más susceptibles a daño van dobles para si en caso de que exista una falla se cuenta con un respaldo.
- 4).- **Mayor capacidad de manejo de información .-** Debido al uso de las microondas como frecuencias portadoras, se dispone de un amplio ancho de banda para el manejo de la información. Otra de las ventajas en la que podríamos hacer énfasis es que gracias al satélite se puede llegar a lugares

muy remotos que por medio de otros medios de comunicación no era posible o era demasiado costoso como por ejemplo islas, regiones pantanosas, boscosas, etc.

CLASIFICACIÓN DE LOS SATÉLITES

I).- De acuerdo a su principio de operación.

1).- Pasivos : Se puede considerar un satélite como pasivo cuando este actúa solo como una superficie reflectora, actualmente este tipo de satélites ya no existen. Este tipo de satélites existieron en los 50's pero solo como experimentación pero resultaron ser muy ineficientes en cuanto al uso de la potencia transmitida. La ventaja de estos era que no llevaban equipo sofisticado a bordo y su infinita capacidad para comunicaciones de acceso múltiple.

2).- Activos : Es considerado activo si se involucra un proceso electrónico en el satélite, (como amplificación, cambio de frecuencia, grabación, reproducción, etc.).

II).- De acuerdo a su aplicación.

- 1).- **Civiles** : se pueden incluir los de comunicaciones, meteorológicos, los de investigación, etc.
- 2).- **Militares** : satélites de uso bélico o de espionaje.

III).- De acuerdo a su órbita.

- 1).- **Geoestacionario** : Es aquel que permanece fijo con respecto a un punto en la tierra, y visto desde la tierra aparecería como un punto fijo en el cielo. Para que un satélite sea considerado geoestacionario debe de cumplir con las cuatro reglas siguientes :
 - Órbita circular.
 - Órbita ecuatorial.
 - Desplazamiento en el mismo sentido del giro que la tierra.
 - Altura de 35, 870 Km sobre el nivel del mar. Esta altura esta calculada para que el periodo orbital del satélite sea de 24 horas, entre más alto más tiempo dura su periodo.

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

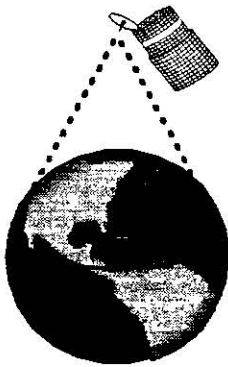
Al permanecer fijo el satélite con respecto a la tierra, no es necesario estar rastreando el satélite para orientar la antena. Una vez que se localiza el satélite y se logra orientar la antena, esta permanece fija las 24 horas del día, factor que repercute directamente en el costo de la estación terrena.

Una vez orientada la antena, se dispondrá del satélite todo el tiempo.

- 2).- **No Geoestacionario** : Un satélite se considera no geoestacionario cuando no cumple con alguna de las reglas establecidas para un satélite geoestacionario.

IV).- De acuerdo a su cobertura.

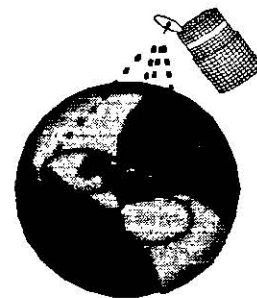
- 1).- **Globales** : un satélite es considerado de cobertura global cuando su transmisión cubra todo el espacio sobre la tierra, de acuerdo a la línea de vista desde el satélite. En la practica un satélite de cobertura global cubre aproximadamente un 40 % de la superficie total de la tierra. Un ejemplo de este tipo son los satélites INTELSAT.
- 2).- **Doméstico** : caen en esta clasificación aquellos satélites cuya transmisión solo cubre un área específica que puede ser grande o pequeña, por ejemplo un país.
- 3).- **Regional** : en esta clasificación se consideran aquellos satélites con una cobertura intermedia entre la global y la doméstica. El objetivo de los satélites regionales es cubrir varias zonas específicas, por ejemplo cubrir varios países o varias regiones de un mismo país sin intentar cubrir toda el área que cubre el global. Un ejemplo de estos son los satélites mexicanos Solidaridad I y II



Cobertura Global



Cobertura Doméstica



Cobertura Regional

Prácticamente la diferencia entre un satélite y otro es el tipo de antena con la cual están equipados, por ejemplo para una cobertura global se usa comúnmente las antenas de tipo corneta, mientras que para una cobertura domestica se utilizan antenas de tipo parábola. Otra característica que se debe señalar es que

los satélites de cobertura global son para comunicaciones intercontinentales e internacionales y los domésticos son para comunicaciones locales, es decir dentro de un mismo país

COLOCACION EN ÓRBITA GEOESTACIONARIA

Todos los sistemas satelitales hacen uso de las leyes fundamentales de Isaac Newton y de muchos otros como las leyes de Kepler, que hablan de el movimiento de los planetas alrededor del sol, pues bien, podemos imaginar que los satélites son pequeños planetas que giran alrededor de un sol en este caso la tierra. Teóricamente, el numero de tipos de órbita en que se puede colocar un satélite alrededor de la tierra es infinito, pero la mas codiciada es la órbita geoestacionaria por las ventajas que esta implica. Para llevar un satélite a la órbita antes mencionada existen tres métodos :

Inyección directa en órbita geoestacionaria.

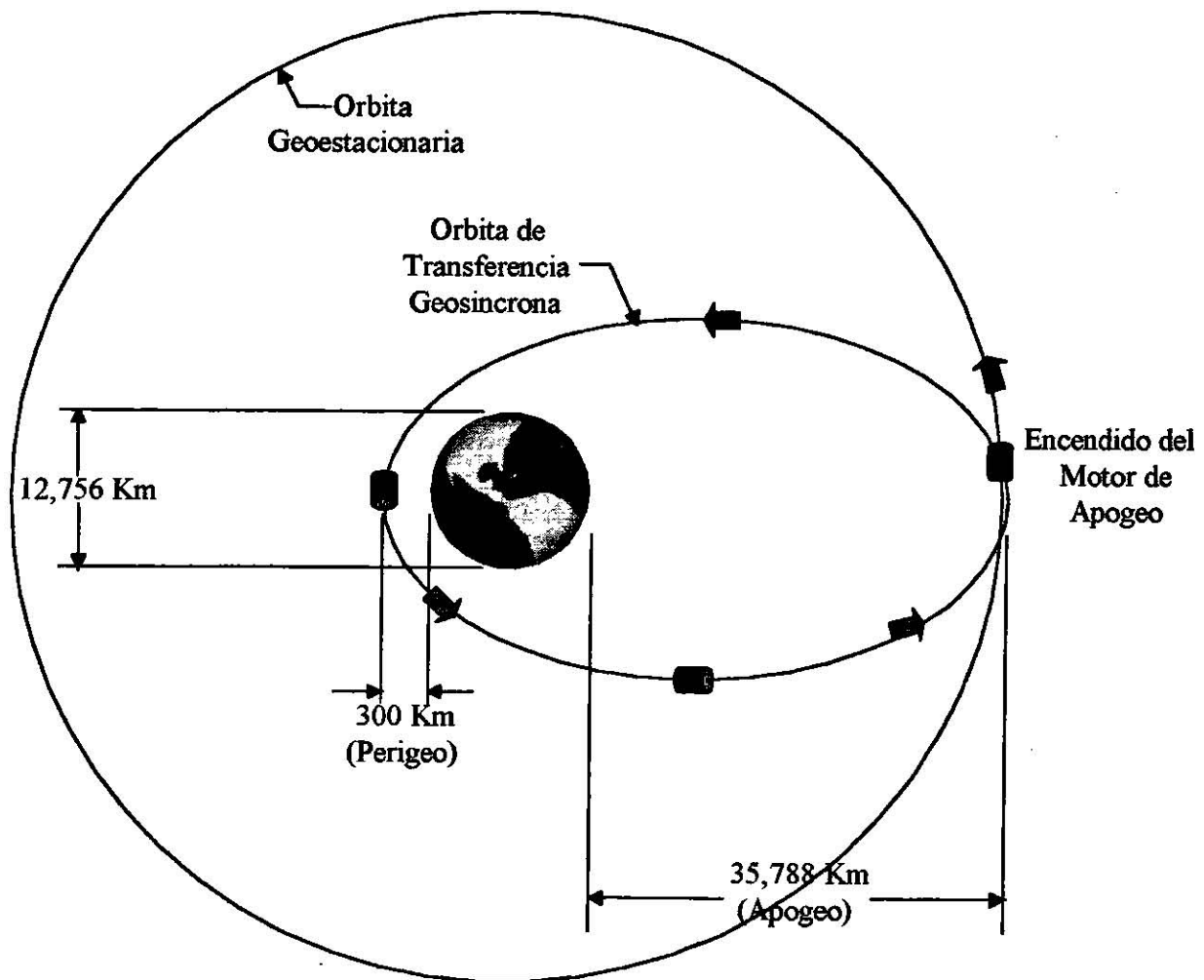
El satélite es transportado directamente hasta el cinturón de Clarke, sin que tenga que realizar esfuerzos, ni llevar motores acoplados a el. Este tipo de puesta en órbita es muy costosa y solo se utiliza para lanzar satélites militares; debido a que es llevado directamente a su órbita final la probabilidad de que llegue a su destino en buenas condiciones aumenta.

Inyección inicial en órbita elíptica.

En este método las etapas de lanzamiento colocan al satélite en una órbita elíptica de gran excentricidad, es decir, muy alargada en la cual uno de los focos es el centro de la tierra. Una vez ahí, el satélite se separa del cohete y da varias vueltas en esa órbita, llamada órbita de transferencia geosincrónica hasta que se lleva a cabo el siguiente paso. El perigeo de esa órbita se encuentra a unos 300 Km sobre

el nivel del mar y su apogeo cerca de los 35,87 Km, que es la altura final hasta la que llega el satélite.

El siguiente paso es circularizar la órbita, lo cual se lleva a cabo mediante un motor que se enciende en el punto de apogeo de la última vuelta elíptica que se haya programado. Para que el empuje del motor de apogeo resulte en la posición correcta, el satélite es orientado a control remoto. Al encender el motor de apogeo, el satélite recibe un incremento en su velocidad que hace que su órbita cambie, pasando de la órbita de transferencia a la órbita circular geoestacionaria.

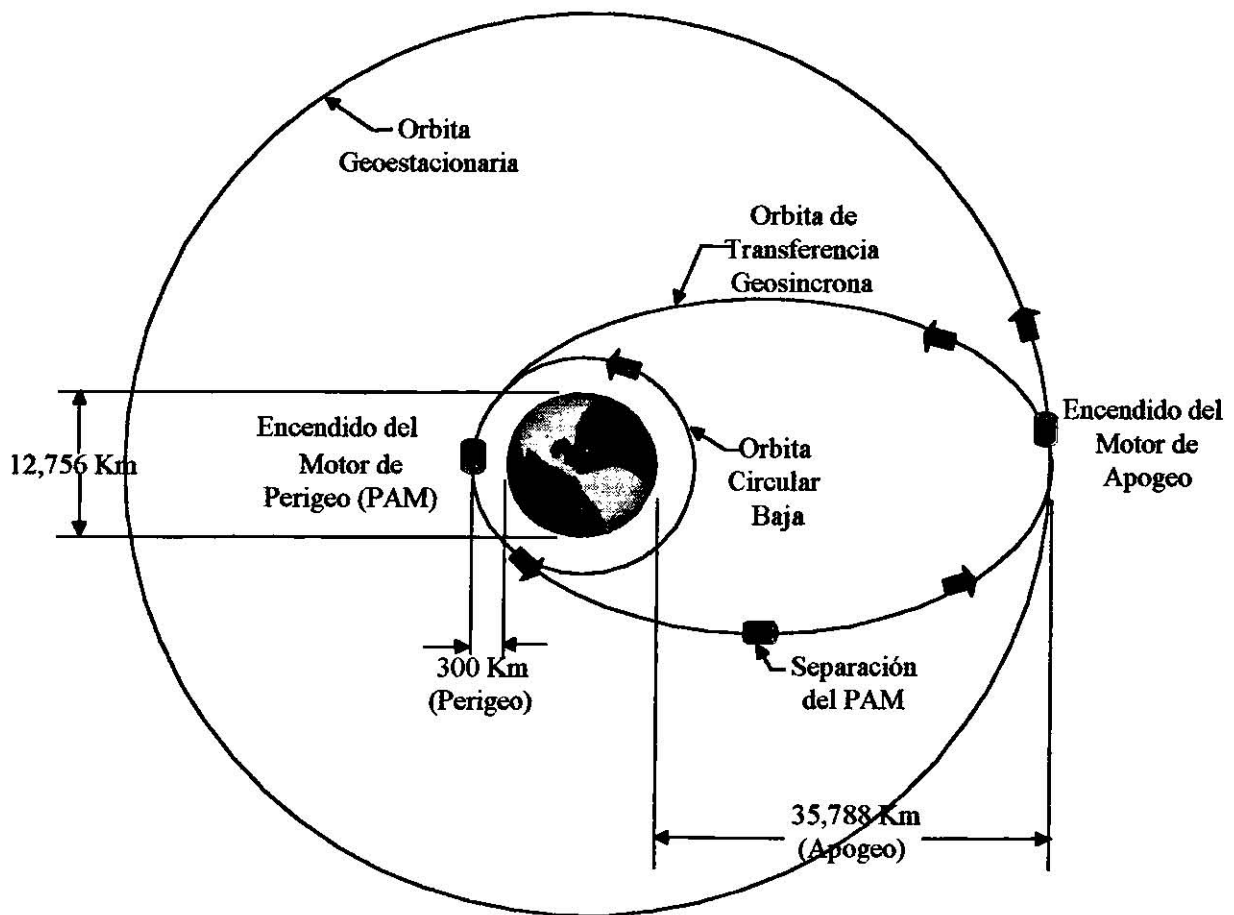


Inyección Directa en Órbita Elíptica

Inyección inicial en órbita circular baja

Este método es el utilizado por el Sistema de Transportación Espacial de la NASA, y es conocido como orbitador, consiste en tres pasos y los dos últimos son idénticos a los pasos de el método anterior.

En el primer paso, el orbitador entra en órbita alrededor de la tierra siguiendo una trayectoria circular baja llevando a el satélite. La separación de el satélite se efectúa cuando la nave va cruzando el plano del ecuador y 45 minutos mas tarde cuando el satélite vuelve a pasar por el plano del ecuador, se enciende el motor de perigeo cambiando su órbita de circular baja a una órbita elíptica similar a la del paso anterior. Una vez que ha cumplido su función el motor de perigeo se desprende del cuerpo del satélite, quedando este en posición para que se encienda su motor de apogeo para así cambiar su órbita de la elíptica a la circular geoestacionaria.



Inyección Directa en Órbita Circular Baja

BANDAS UTILIZADAS EN MICROONDAS

Los satélites tienen como finalidad retransmitir las señales enviadas desde la tierra (enlace ascendente o de *up-link*), para retransmitirlas hacia la tierra en otra frecuencia mas baja (enlace descendente o de *Down-link*). Las bandas más utilizadas actualmente son las de la siguiente tabla :

Bandas Utilizadas		
Bandas (GHz)	Down link (MHz)	Up-link (MHz)
Ku (14/12)	11,700 a 12,200	14,000 a 14,500
C (6/4)	3,700 a 4,200	5,925 a 6,425
X (8/7)	7250 a 7750	7925 a 8425
Ka (30/20)	17,700 a 21,200	27,500 a 31,000

Se elige la menor frecuencia en la retransmisión hacia la tierra debido a la potencia que puede suministrar el satélite. Aquí también cabe mencionar que a mayor frecuencia más pérdidas de propagación.

Reutilización de Frecuencias

Debido a que son pocas las bandas utilizadas para los enlaces en comunicación vía satélite, esas podrían ser una limitante que afectaría la capacidad de un satélite. Con el fin de aumentar la capacidad de este, se han diseñado dos técnicas que casi la duplican: Reutilización de frecuencias con aislamiento espacial y Reutilización con discriminación de polarización.

La reutilización de frecuencias con discriminación por polarización se efectúa mediante la transmisión simultánea en un mismo haz, a la misma frecuencia, con señales de polarización ortogonales; (es decir, cuando los vectores de campo eléctrico de las dos señales forman 90° en todo momento) estas pueden ser lineales (horizontal y vertical) o circulares (derecha e izquierda).

La reutilización de frecuencias con aislamiento espacial se utiliza con un subsistema de antenas que produzca varios haces dirigidos hacia zonas diferentes; si algunos haces están lo suficientemente separados entre sí para no producir interferencia, entonces estos haces pueden utilizar las mismas frecuencias.

Para que no exista ningún tipo de interferencia entre las señales que maneja el satélite y con el fin de optimizar la capacidad del mismo, es utilizada una técnica denominada de acceso múltiple.

ACCESO MÚLTIPLE

El acceso múltiple se conoce como la capacidad o posibilidad técnica de que varias estaciones transmisoras tengan acceso simultáneamente a un mismo satélite. Los principales tipos de acceso múltiple son :

TDMA .- Acceso Múltiple por División de Tiempo.

FDMA .- Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

CDMA .- Acceso Múltiple por Diferenciación de Código.

DAMA.- Acceso Múltiple por División de Frecuencia con Asignación por Demanda.

FDMA

En este tipo de acceso, todos los usuarios tienen acceso al satélite al mismo tiempo pero tienen asignada una frecuencia portadora y un determinado ancho de banda.

Ventajas :

- No se requiere de sincronización, cada estación transmite independiente de las demás.
- La asignación de cada canal es simple y directa.

Desventajas :

- Los niveles de potencia ascendente deben de estar estrechamente coordinados para hacer un uso eficaz de la potencia de salida de los transponders.
- Esta propensa a sufrir intermodulación.

Ruido de intermodulación .- debido a la característica no lineal de el TWT (tubo de ondas progresivas) del transponder del satélite, cuando se presentan varias portadoras, se producen productos de intermodulación entre estas, afectando la calidad de la transmisión. Cuando se presentan dos o mas portadoras en un mismo transponder, estos productos de intermodulación pueden aparecer como traslapes en el espectro original de frecuencias asignado a cada portadora.

La única forma de reducir estos traslapes es reduciendo el nivel de potencia de las señales de entrada al transponder para que el TWT opere en su región lineal.

TDMA

Es un tipo de acceso totalmente digital donde cada estación terrena tiene acceso al satélite solo en el tiempo asignado para su transmisión. Mientras se esta transmitiendo cada estación hace uso exclusivo de uno o mas transponders.

Ventajas :

- Esta libre de Intermodulación.

Desventajas :

- Requiere de una sincronía perfecta en la red.
- Requiere de gran capacidad de almacenamiento si la trama es larga.

CDMA

En esta técnica, un transponder completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo. Es totalmente digital, pero presenta el inconveniente de que ocupa mucho ancho de banda (el transponder completo), pues cada bit de información se transforma en un tren de bits muy largo de acuerdo a un código determinado previamente.

Ventajas :

- Utiliza antenas transmisoras y receptoras muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación muy amplios.
- Cada estación transmite a un código diferente, permitiendo que solo la estación destinataria pueda acceder a la información determinada.

Desventajas :

- Debido a el código insertado en la información, ocupa mucho ancho de banda (un transponder completo).

DAMA

Esta técnica de acceso permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico. Como su nombre lo indica, las ranuras son utilizadas conforme la demanda de las estaciones lo requiera, cuando una estación deja de transmitir esa ranura queda libre y disponible para cualquier otra estación del sistema que lo solicite temporalmente. Una estación que esta transmitiendo con determinada frecuencia puede no transmitir con la misma frecuencia la próxima vez que la haga, debido a que puede estar ocupada la ranura.

Ventajas :

- Este sistema es ideal para comunicaciones entre países en los cuales exista un tráfico esporádico y no necesiten tener una ranura con asignación fija.

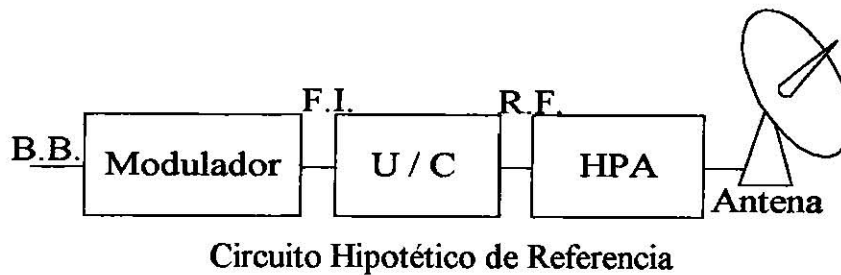
Desventajas :

- Necesita una estación central que coordine el banco de frecuencias disponible.

CIRCUITO HIPOTÉTICO DE REFERENCIA

Para establecer un sistema de comunicación vía satélite, se requiere contar con una estación terrena transmisora, un satélite y una estación terrena receptora; integrado según la recomendación de la CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radio) del circuito hipotético de referencia que a continuación se describe :

ESTACIÓN TERRENA TRANSMISORA.



Circuito Hipotético de Referencia

La señal de información 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. La señal de FI (modulada), es posteriormente elevada al rango de microondas, en el convertidor de subida para luego ser amplificada en el HPA con la finalidad de conseguir el nivel adecuado para que la señal llegue al satélite con la potencia suficiente.

Banda base (B.B.) .- Es la señal de información producida por alguna fuente (canales de T.V., de telefonía, de datos, etc.), una vez que se ha agrupado con alguna de las técnicas de multiplexión existentes.

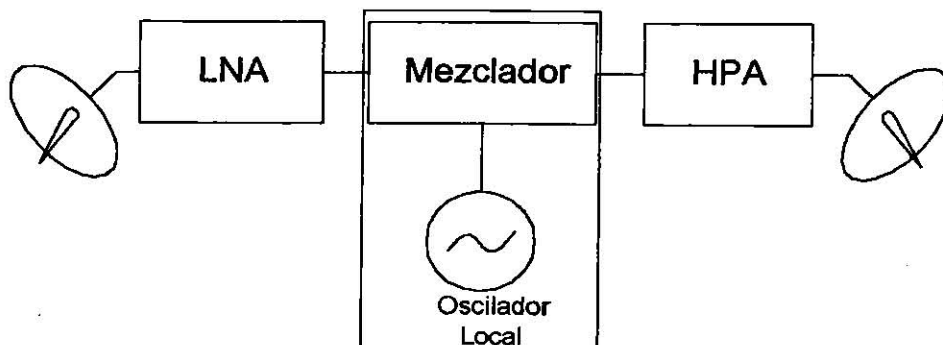
Modulador .- La señal de banda base modula en frecuencia a una portadora estándar de 70 MHz (Frecuencia Intermedia o FI). La razón por la cual la es modulada a 70 MHz es que a esta frecuencia los circuitos son mas simples, ademas que es mas fácil modular 70 MHz que microondas.

Up Converter (U/C) .- La función del convertidor ascendente es elevar la señal modulada de 70 MHz al rango de las microondas

High Power Amplifier (HPA).- Antes de este paso, la señal ya se encuentra en el rango frecuencias adecuado para su transmisión pero su nivel de potencia aún es muy bajo por lo que es preciso amplificarlas para poder entregar la señal a las antenas con la potencia adecuada; para esto se utiliza un amplificador de potencia. Existen dos tipos de HPA : el amplificador que utiliza el tubo de ondas progresivas y el de klinstón.

La señal de microondas es alimentada a la antena, la cual concentra la señal dirigiéndola al satélite

SATÉLITE DE COMUNICACIONES.



Circuito Hipotético de Referencia

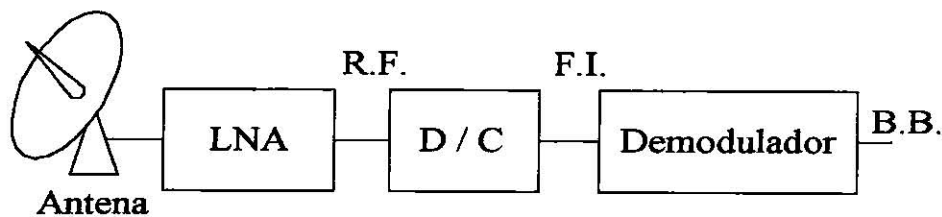
Al llegar la señal al satélite, es captada por la antena de recepción la cual es alimentada a un amplificador de bajo ruido LNA el cual amplifica la señal, luego a

través del mezclador y el oscilador local se baja su frecuencia; 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 algunas veces es la misma que la de recepción.

Low Noise Amplifier (LNA) .- Debido a que el nivel de potencia de la señal proveniente de la tierra es muy bajo, es muy importante que este dispositivo genere el menor ruido posible.

Mezclador .- Como su nombre lo dice, este dispositivo mezcla las dos señales de entrada (el oscilador local y la señal de RF) obteniéndose una señal de menor frecuencia a la salida del mismo.

ESTACIÓN TERRENA RECEPTORA.



Circuito Hipotético de Referencia

En la estación terrena receptora la señal es recogida por la antena, alimentada al LNA se amplifica con un bajo nivel de ruido, alimentada al convertidor de bajada donde la señal es convertida al 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.

LNA .- Al igual que en el satélite este dispositivo debe de tener una excelente calidad debido a que la señal llega debilitada. El amplificador de bajo ruido debe ser altamente sensible, y de muy bajo ruido térmico. La mayor parte de estos amplificadores son paramétricos (su circuito de microondas emplea un diodo varactor) aunque últimamente se ha fomentado la fabricación de estos

dispositivos con FET's (transistores de efecto de campo) de arseniuro de galio (GaAs).

Algunos fabricantes producen el amplificador de bajo ruido integrado al convertidor de bajada en un solo bloque; ambos van contenidos dentro de la misma caja blindada y el producto se conoce como "convertidor de bajo ruido" o LNC, o como "convertidor reductor de bajada de bloque de bajo ruido" o LNB. Tanto el LNC como el LNB se utilizan principalmente para la recepción de T.V. Los LNC tienen la desventaja que solo pueden alimentar un receptor a la vez, pero son sencillos y económicos mientras que el LNB puede alimentar simultáneamente a varios receptores con señales distintas.

Down Converter (D/C) .- La función del convertidor de bajada es la de trasladar la frecuencia de la señal del rango de las microondas a la frecuencia intermedia la cual es 70 Mhz.

Demodulador .- En este dispositivo recuperamos la información, por medio de un oscilador dentro del demodulador obtenemos a la salida la señal de banda base.

ESTRUCTURA DE UN SATÉLITE

Un satélite es un sistema muy complejo, el cual es integrado por varios subsistemas. Cada uno de ellos es igual de importante pues la falla en cualesquiera de los mismos podría causar la inutilidad de todo el satélite.

El satélite necesita energía eléctrica, disipar calor, corregir sus movimientos en el espacio, procesar y retransmitir las señales y ser resistente al medio en que vive, todo ello lo logra gracias a sus subsistemas:

Subsistema	Función
Antenas	Recibir y retransmitir señales de radiofrecuencia.
Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar 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.
Propulsión	Proporciona incrementos de velocidad para corregir la orientación
Rastreo Telemetría y Comandos	Intercambiar información con el centro de control en tierra para conservar el buen funcionamiento del satélite.
Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto.

SUBSISTEMA DE ANTENAS

Las antenas reciben las señales de RF provenientes de las estaciones terrenas transmisores y después de que son procesadas en el satélite las transmiten de regreso a la tierra, concentradas en un haz de frecuencia. Las antenas receptora y transmisora en algunas ocasiones suelen ser la misma. Si existiera una falla en este subsistema, por ejemplo una mala orientación hacia la tierra, no sería factible transmitir o recibir señales correctamente.

Las antenas son al mismo tiempo el puerto de entrada y de salida de ese mundo electrónico que es el interior del satélite; son la interfase o etapa de transformación entre las señales que viajan por el espacio y las que circulan dentro del satélite.

Una antena parabólica pequeña puede transmitir y recibir dentro de una extensión territorial muy grande, mientras una antena de mayor tamaño, que opera a la misma frecuencia, puede hacerlo dentro de una zona geográfica muy pequeña. La ventaja de las antenas de mayor tamaño, es que mientras más grande sean, tienen la propiedad de una mayor capacidad para concentrar la energía en un haz muy angosto pero que lo irradia con muy alta densidad de potencia haciendo que se reduzca el costo y se facilite el diseño de las estaciones terrenas receptoras.

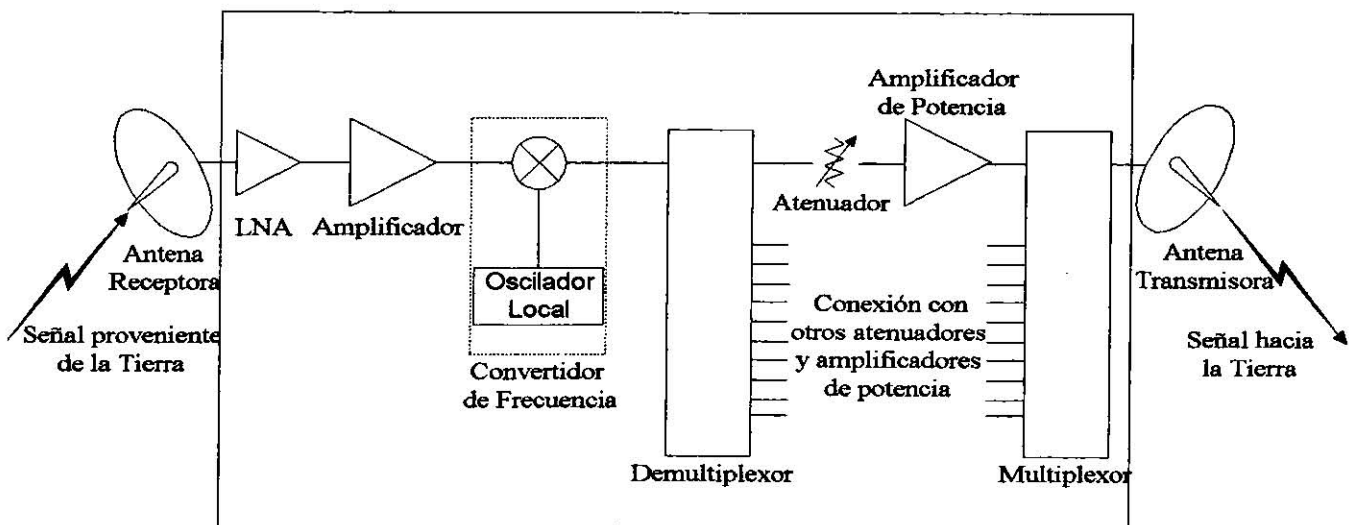
Una característica importante de las antenas parabólicas de dimensiones constantes es que cuanto más alta sea la frecuencia a la que trabaje mayor es su capacidad de concentración de energía.

Hasta ahora solo hemos hecho referencia a las antenas del satélite cuya función es intercomunicar distintos puntos geográficos, es decir recibir y transmitir las señales de canales de T.V, conversaciones telefónicas o información digital pero también existe otro tipo de antena igual de importante pero que nada tiene que ver

con la recepción de estas señales descritas. Se trata de la antena de telemetría y comando, encargada de recibir las señales que contiene ordenes emitidas por el centro de control en la tierra, para que se efectúe un algún corrección a bordo; también se encarga de transmitir al centro señales que contienen información vital sobre el estado de operación del satélite.

La antena de telemetría y comando no es parabólica ni de corneta, porque estas son altamente direccionales. Utiliza una antena del tipo biconica, cuya radiación es omnidireccional, esto con el fin de que si el satélite cambia bruscamente de posición no se pierda el contacto con el centro de control.

SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES



Subsistemas de antenas y de comunicaciones

Este subsistema se encarga de retransmitir la información hacia la tierra después de procesarla. En este proceso se amplifican las señales a un cierto nivel de potencia, para que puedan ser recibidas con buena calidad, así como el cambio de frecuencia.

En la figura se muestra la relación entre las antenas y el equipo de comunicaciones. Para simplificar, en la figura solo se muestra una de las posibles trayectorias o cadenas de los equipos que hay en el subsistema, es normal que estos equipos se instalen redundantes, para que en caso de que uno falle, exista la posibilidad de tener una trayectoria ininterrumpida entre las antenas de transmisión y de recepción. A la trayectoria completa de cada repetidor, desde la antena de entrada hasta la antena transmisora se le llama transponder.

Usualmente un satélite tiene 500 MHz de ancho de banda total. Cuando un canal de televisión se transmite, este ocupa solo 36 MHz de los 500 disponibles, y puede ocupar un espacio en cualquier parte de ese rango. Normalmente este ancho de banda se divide en ranuras de 36 MHz, lo que nos da un total de 12 transponders por satélite. Aunque en cada transponder no solo se van a transmitir canales de televisión, sino también pueden ir cientos de canales telefónicos, de datos, etc.

Considérese ahora una trayectoria completa del subsistema de comunicaciones, el primer dispositivo electrónico importante que se encuentra es el LNA (amplificador de bajo ruido), esta primera etapa de amplificación es muy importante porque como la señal recibida en la antena es muy débil y su nivel de potencia muy bajo es necesario que el ruido generado por este dispositivo sea lo mas bajo posible, y de ninguna manera comparable en magnitud a ninguna de las débiles señales que se reciben.

Las siguientes etapas de amplificación son necesarias para que la señal alcance un nivel adecuado para pasar a un dispositivo llamado convertidor de frecuencia, el cual no es mas que un oscilador local que multiplica las señales que entran por otra generada internamente, las señales que salen son idénticas a las señales que entraron en lo que respecta al contenido pero han sido desplazadas en el espectro radioeléctrico a frecuencias mas bajas. Después de lo anterior, el siguiente

paso es separarlas en grupos, la separación se realiza con un demultiplexor; a este le entran los 500 MHz, y en su interior, mediante filtros se separa en bloques de 36 MHz cada uno. Cada bloque pasa por una etapa muy fuerte de amplificación, proporcionada por el HPA, y después todos los bloques son reunidos nuevamente en un solo conjunto de 500 MHz, a través de un multiplexor conectado a la antena transmisora.

El atenuador que se presenta en la figura es usado para regular la intensidad del bloque de señales que entra a cada HPA, esto para regular la salida de potencia de las señales transmitidas, evitando también que se presente ruido de intermodulación.

SUBSISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Para funcionar adecuadamente un satélite necesita de un suministro de energía eléctrica sin interrupción y sin variaciones significativas en los niveles de voltaje y corriente. El subsistema consiste de tres elementos fundamentales: una fuente primaria, una fuente secundaria y un acondicionador de potencia; este último está integrado por reguladores, convertidores y circuitos de protección que permiten regular y distribuir la energía en los niveles adecuados.

La fuente primaria de energía está constituido por las celdas solares y entran en operación cuando el satélite está expuesto al sol. La fuente secundaria de energía está constituida por un conjunto de baterías, que se cargan cuando las celdas solares están trabajando y se descargan durante los eclipses o en las horas pico de mayor demanda de energía. En el momento en que ocurre un eclipse, ya sea de la tierra o de la luna, unos relevadores detectan la disminución en el nivel de energía suministrada por las celdas a los equipos y conectan las baterías automáticamente.

Las baterías que mas se utilizan son las llamadas de níquel-cadmio, su eficiencia de potencia/peso es baja, pero se prefieren porque son muy confiables y de larga duración. Algunos satélites utilizan baterías de níquel-hidrogeno, que poseen importantes ventajas tecnológicas sobre las anteriores. Existen algunos tipos de baterías que se encuentran en etapa de investigación, por ejemplo de plata-hidrógeno, litio y sodio.

SUBSISTEMA DE CONTROL TÉRMICO

Distintas partes del satélite necesitan de diferentes rangos de temperatura para operar eficientemente, y es necesario mantener un equilibrio térmico del conjunto para que dicho rango se conserve. Son varios los factores que intervienen para romper dicho equilibrio: el calor producido internamente por el satélite (principalmente por los HPA), el calor generado por el sol y el generado por la tierra el cual esta constituido por el que genera ella misma y el que se refleja del sol por la superficie de la misma.

El control de este balance térmico es también muy importante en las ocasiones en que ocurre un eclipse, pues el satélite se enfría bruscamente al quedar en la obscuridad, y cuando esta expuesto de nueva cuenta a los rayos del sol sufre un cambio brusco de temperatura.

Para contrarrestar los factores anteriores, el satélite utiliza materiales para reflejar el calor o absorber el menos posible, como los siguientes: reflector óptico de cuarzo, que sirven para reflejar el calor; kapton, este material sirve para cubrir las antenas parabólicas; mylar y kapton aluminizados para proteger las antenas de corneta.

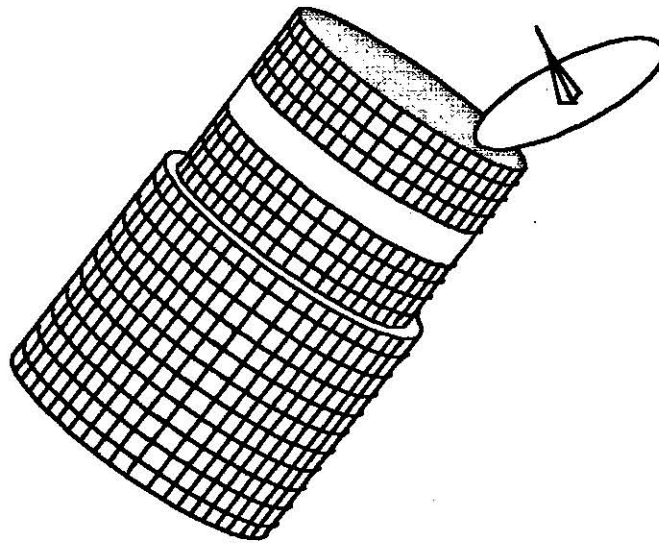
Uno de los elementos más sensibles al frío son las baterías, por lo tanto es preciso contar con un sistema de calefacción que se encienda cuando la

temperatura comience a bajar en forma significativa. Para tal efecto, se utilizan caloductos que distribuyen en el interior el calor emitido por los HPA, así como calentadores eléctricos activados por termostatos o a control remoto.

SUBSISTEMA DE POSICIÓN Y ORIENTACIÓN

El objetivo principal de un satélite de comunicaciones es recibir las señales y retransmitirlas hacia la tierra, los enlaces los efectúa por medio de antenas direccionales que deben de estar permanentemente orientadas hacia la zona geográfica que se requiera. Para que esto se logre necesitamos mantener la correcta orientación del satélite para verlo como un punto fijo desde la tierra, lo cual se logra mediante la técnica de estabilización por giro o de estabilización triaxial.

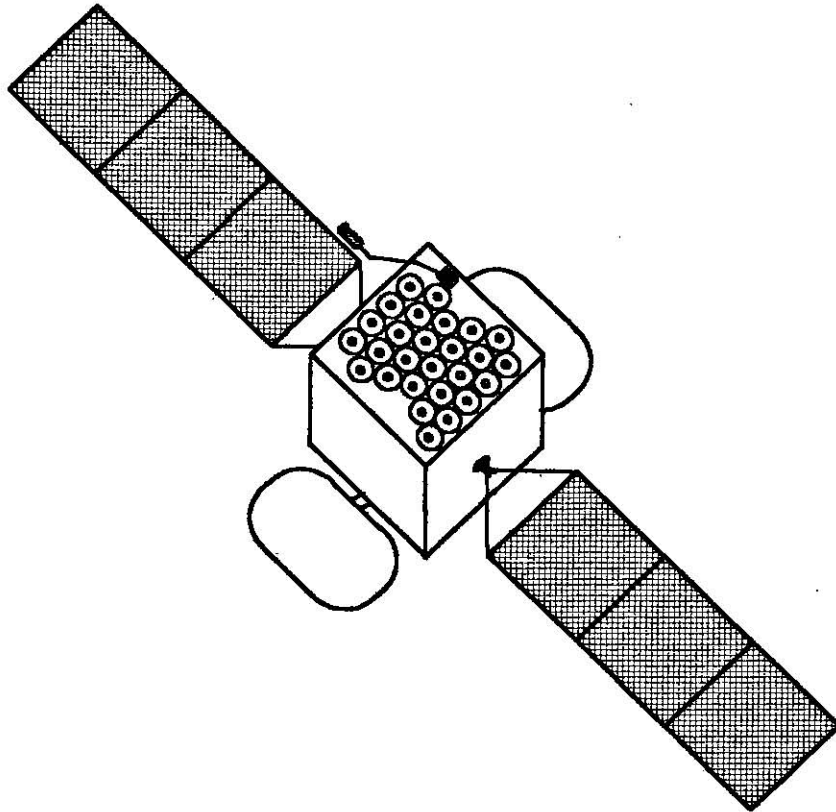
En la técnica de estabilización por giro, una parte del satélite (en algunos casos toda su estructura) gira para conservar el equilibrio de todo el conjunto, al mismo tiempo que las antenas quedan orientadas hacia la tierra.



Satélite con estabilización por giro

Los satélites con estabilización triaxial, no giran, aparentemente permanecen estáticos con sus largos paneles extendidos en el vacío y sus antenas orientadas hacia la tierra. En este caso, la estabilización del satélite se conserva mediante volantes giratorios que están localizados en su interior, sobre cada uno de los tres ejes utilizados como referencia para definir la orientación del satélite.

Independientemente de el tipo de estabilización utilizado, las fuerzas perturbadoras en el espacio no dejan de provocar cambios en la posición del satélite sobre su órbita y en su orientación con respecto a la superficie de la tierra. Por lo tanto, es preciso determinar, de alguna forma y en todo momento la posición y orientación del satélite. Para conocer la posición, se requiere medir la distancia a la que se encuentra y en que dirección o ángulo con relación a algún punto de referencia sobre la tierra. La distancia se mide transmitiendo una señal piloto hacia el satélite que este retransmite después y la diferencia que se detecta en el centro de control entre las fases de la señal transmitida y la recibida indica la posición.



Satélite con estabilización triaxial

SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN

Este subsistema se encarga de mantener al satélite dentro del llamado hogar del satélite, el cual es el espacio asignado por los organismos internacionales de comunicaciones para su libre movimiento. Dicho espacio es un cubo de dimensiones aproximadas 75 km. de lado x 85 de profundidad.

Mediante la expulsión de materia a gran velocidad y alta temperatura a través de toveras o conductos de escape se obtienen fuerzas de empuje en sentido contrario. Existen propulsores químicos y eléctricos, pero los primeros son los de

mayor uso porque proporcionan niveles de empuje cientos o miles de veces mas grandes que los eléctricos.

La eficacia de un propulsor se caracteriza por su empuje y el impulso especifico del propelente que utilizan. Cada tipo de propelente proporciona un incremento de velocidad diferente con cierta cantidad de masa consumida; cuanto menor sea la masa necesaria para producir un incremento de velocidad determinado mayor es el impulso especifico del propelente . El impulso especifico se puede definir como el empuje aplicado o producido por cada unidad de peso del propelente que se consume cada segundo; en consecuencia tiene dimensiones de tiempo y se expresa en segundos.

Los primeros sistemas de control a reacción utilizaban gases fríos como el nitrógeno y el peróxido de hidrogeno; sin embargo, su impulso especifico era muy bajo, del orden de los 70 segundos y muy pronto fueron sustituidos por la hidrazina monopropelente que en la actualidad goza de mucha popularidad y su impulso especifico es del orden de los 225 segundos.

SUBSISTEMA DE RASTREO, TELEMETRIA Y COMANDO.

Este subsistema permite conocer a control remoto la operación y posición del satélite, así como para enviarle ordenes para que algún cambio deseable se ejecute. El equipo de telemetría cuenta con diversos tipos de sensores instalados en varios cientos de puntos de prueba, que realizan mediciones tales como voltajes, corrientes, presiones, posición de interruptores, temperaturas, etc. Los datos obtenidos son enviados hacia la tierra en una señal digital, la cual es enviada con una velocidad entre 200 y 1000 bits por segundo. Esta información permite conocer el

estado del satélite junto con la información de rastreo; además, estas señales van codificadas por razones de seguridad.

El rastreo se efectúa mediante la transmisión de varias señales piloto, desde la estación terrena de control hacia el satélite y el satélite las retransmite con la información de rastreo. Las señales recibidas son comparadas en fase con las señales originales y las diferencias permiten calcular la posición del satélite.

Las señales de comando son las que permiten efectuar las correcciones en la operación y funcionamiento del satélite como las ganancias de los amplificadores, control de interruptores, cambiar de transpondedor, orientación de la estructura, etc. o en los pasos de la colocación en órbita, como extender los paneles solares, encendido de motores, etc.

SUBSISTEMA ESTRUCTURAL.

Este subsistema es el que le debe brindar al satélite la rigidez necesaria para soportar las fuerzas y aceleraciones a las que está sujeto durante las etapas del lanzamiento y la puesta en órbita, además, cuando se encuentra ya en órbita se puede ver afectado por impactos de meteoritos, fuerzas de atracción de la tierra, la luna y el sol, presión de radiación, etc.

La estructura debe ser diseñada de tal forma que soporte todas las fuerzas antes mencionadas, para esto el satélite se construye de diferentes tipos de materiales tales como el aluminio, magnesio, titanio, berilio, acero, y varios plásticos reforzados con fibra de carbón. La masa de la estructura puede variar entre el 10 % y el 20% del total de la masa del satélite.

