

CAPITULO

I

Introducción



- 1. Historia de las Comunicaciones Satelitales**
- 2. Satélites de Comunicación**
- 3. Notas Bibliográficas**

1.1 HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES SATELITALES

La idea de los Satélites de Telecomunicaciones apareció poco después de la II Guerra Mundial; en el año 1945, luego de terminar la guerra no existían medios para colocar satélites en órbita terrestre baja, ni mucho menos geoestacionaria.

El primer satélite espacial el **Sputnik 1** llevaba a bordo un radiofaro, el cual emitía una señal en las frecuencias de 20 y 40 Mhz, esta señal podía ser recibida por simples receptores y así lo hicieron muchos radioaficionados a lo largo del mundo.

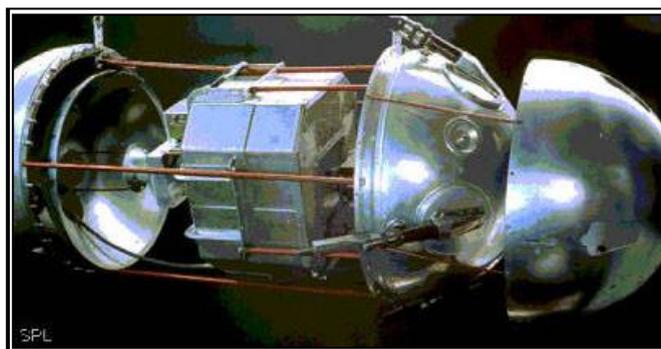


Figura 1.1 Sputnik 1

En 1958 en el contexto del proyecto **SCORE** se puso en órbita un misil **ICBM Atlas** liberado de su cohete acelerador con un mensaje de Navidad, quien opinaba que el espacio tenía poca utilidad práctica. Un Satélite posterior de este tipo fue el Courier 1B, lanzado el 4 de Octubre de 1960, éste era un satélite militar que podía almacenar y retransmitir hasta 68.000 palabras por minuto, y empleaba células solares en lugar de los acumuladores limitados del SCORE.

Seguidamente aparecieron los **Echo 1 y 2**, eran grandes globos reflectores de mylar iluminado. Su uso se limitaba a parejas de estaciones terrestres desde las cuales podía verse el globo al mismo tiempo. Durante algún tiempo discutieron la conveniencia de colocar varios satélites en órbita geoestacionaria o bien una multitud de satélites en órbitas más bajas.

El primer satélite de comunicaciones verdadero, fue el **Telstar 1**, fue lanzado a una órbita terrestre baja, de 952 x 5632 Km, fue el primer satélite de financiación comercial, se lanzó el 10 de julio de 1962, y casi un año después se lanzó el **Telstar 2**. Las estaciones terrestres estaban situadas en Estados Unidos, Reino Unido y Francia.

La primera retransmisión mostraba la bandera norteamericana ondeando en la brisa de Nueva Inglaterra, con la estación de Andover al fondo. Esta imagen se retransmitió a Gran Bretaña, Francia y a una estación norteamericana de New Jersey, casi quince horas después del lanzamiento. Dos semanas más tarde millones de europeos y americanos seguían por televisión una conversación entre interlocutores de ambos lados del Atlántico. No sólo podían conversar, sino también verse en directo vía satélite.

A estos le siguieron el **Relay 1**, lanzado el 13 de diciembre de 1962, y el **Relay 2**, el 21 de enero de 1964. Eran de tipo experimental como el Telstar, y su misión era descubrir las limitaciones de actuación de los satélites. El 26 de julio de 1963 el **Syncom 2** se colocó en órbita sincrónica sobre el Atlántico. El **Syncom 1** se había situado en el mismo lugar en febrero, pero su equipo de radio falló. La órbita del Syncom 2 tenía una inclinación de 28°, sin embargo se utilizó el 13 de septiembre, con el Relay 1, para enlazar otras ciudades como Río de Janeiro (Brasil), Lagos (Nigeria) y New Jersey (Estados Unidos) en una breve conversación entre tres continentes.

El **Syncom 3** se situó directamente sobre el Ecuador el 19 de agosto de 1964, y se retransmitieron en directo las ceremonias de apertura de los juegos olímpicos en Japón. "En directo vía satélite": el mundo se sobrecogió al conocer las posibilidades de los satélites de comunicaciones. Luego apareció el **Syncom 4**, el cual se muestra en la figura 1.2.

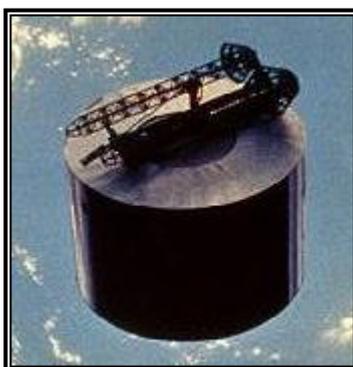


Figura 1.2 Syncom 4

En agosto de 1964 se formó el consorcio **INTELSAT** (International Telecommunications Satellite Organization, *Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite*). El sistema es propiedad de los estados miembros, a prorrata según su participación en el tráfico anual. La rama operativa del consorcio es la **COMSAT** (Communications Satellite Corporation, *Corporación de satélites de comunicaciones*).

El primer satélite lanzado por INTELSAT fue el **Intelsat 1**, el 28 de junio de 1965 entró en servicio regular, con 240 circuitos telefónicos; era un cilindro de 0.72 metros de anchura por 0.59 metros de altura, y su peso era de 39 kg. Luego se lanzaron sucesivos satélites Intelsat que fueron aumentando su capacidad de retransmisión de canales telefónicos y televisivos; actualmente INTELSAT consta de 32 satélites cubriendo toda la Tierra. A medida que avanzaba la tecnología y descendían los precios, la conveniencia de los satélites de comunicaciones dedicados crecía; el primer país que contó con un sistema interior (sólo en el país) fue Canadá que lanzó el **Anik 1** en noviembre de 1972. España cuenta con su propio sistema de satélites el sistema **Hispasat**.

La red nacional más extensa de satélites fue desarrollada por la Unión Soviética en abril de 1965, con una serie de satélites **Molniya** situados en órbita muy elíptica con el cenit sobre el hemisferio norte. Cada una de las dos primeras series **Molniya 1 y 2** comprende cuatro pares de cada tipo de satélite, colocados a intervalos de 90° alrededor de la órbita. La serie **Molniya 3** es más completa, pues incorpora televisión en color además de telecomunicaciones. Los satélites Molniya tuvieron un impacto social, político y económico considerable en el desarrollo del estado soviético. En diciembre de 1975, a la familia de satélites de comunicaciones soviético se añadió el **Raduga**, cuya designación internacional es **Statsionar 1** cuya misión es la misma que en la serie Molniya, ya que describe una órbita geoestacionaria. Le siguió el **Ekran**, cuyo nombre internacional es **Statsionar T**, su función específica fue la retransmisión de programas de televisión desde los estudios centrales de Moscú a zonas con estaciones terrestres más sencillas.

La función de los satélites de comunicación ha sido y será muy importante, durante estos años, principalmente en áreas como: Internet, Educación a distancia, Radiodifusión (Televisión comercial, Televisión corporativa, Televisión Directa al Hogar, y Televisión por cable), Telefonía (Internacional, rural), y Telemedicina. Por ejemplo, en el caso del sector educativo, desde hace pocos años atrás **EDUSAT** (*Educación por Satélite*) desarrolla programas de alfabetización a distancia en todo el país de México, cubriendo todos los niveles. Además gracias a la transmisión vía satélite, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey ha desarrollado el concepto de "**Universidad Virtual**"¹, consolidándose así como líder en Latinoamérica en el área de educación a distancia.

¹ **Universidad Virtual**: Educación interactiva virtual a distancia y presencial mediante la integración y aplicación de tecnologías de la información y comunicación, sustentada en modelos educativos innovadores, para apoyar la investigación, docencia y extensión en las Universidades.

1.2 SATÉLITES DE COMUNICACIÓN

1.2.1 Descripción General de los Satélites

Actualmente las comunicaciones por satélite son de extrema importancia y se les ha dado una infinidad de conceptos y definiciones, los cuales han permitido hacer un análisis exhaustivo y demostrar la razón por la cual fueron creados; pero sobre todo el beneficio que brindan si existe una correcta funcionalidad.

El satélite de comunicaciones es un dispositivo que actúa principalmente como **reflector** de las emisiones terrenas.

Según el diccionario de la Universidad de la Herencia Americano, un satélite es un objeto lanzado a la órbita de los planetas. Hay satélites naturales como la luna, y satélites artificiales que hacen ciertos trabajos tales como enviar y recibir señales de televisión, de teléfono, de fax entre otros.

Un satélite es descrito como "*vehículo espacial que puede describir órbitas alrededor de cualquier cuerpo del espacio*"².

Los modernos satélites de comunicaciones "*reciben, amplifican y retransmiten la información a la Tierra, y proporcionan enlaces de televisión, telefax, teléfono, radio y datos digitales alrededor del mundo*"³.

Un Satélite de Comunicaciones es conocido como "*un repetidor radioeléctrico ubicado en el espacio, recibe señales generadas en la tierra, las amplifica y las vuelve a enviar a la tierra*"⁴, es decir es un centro de comunicaciones que procesa datos recibidos desde nuestro planeta y los envía de regreso, bien al punto que envió la señal, o a otro distinto. Los satélites pueden manipular datos, complementándolos con información del espacio exterior, o pueden servir sólo como un espejo que rebota la señal. Muchos funcionan a partir de celdas solares, que alimentan sus centros de energía al convertir los rayos solares en energía eléctrica. No obstante, dicha tecnología va siendo sustituida por turbogeneradores que producen energía a partir del calor solar y de las reacciones nucleares, que son más pequeños y livianos que las celdas.

² Ref: **Diccionario de la Lengua Española**: Ediciones Nauta S.A., Barcelona - España

³ Ref: **Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta 2004**: Microsoft Corporation, versión 13.0.0.0531

⁴ Ref: <http://fuente.8m.com/Investigaciones.htm>

La velocidad con que un satélite gira alrededor de la tierra está dada por la distancia entre ambos, ya que el mismo se ubicará en aquellos puntos en los que la fuerza de gravedad se equilibre con las de fuerza centrífuga; cuanto mayor es esa distancia, menor es la velocidad que necesita el mismo para mantenerse en órbita. Es importante señalar que todo aparato debe quedar por encima de los 160900 Km. de altitud respecto a la superficie de la Tierra, para que no sean derrumbados por la fuerza de gravedad terrestre.

Los satélites son controlados desde estaciones terrestres que reciben su información y la procesan, pero que también monitorean el comportamiento y órbita de los aparatos. Por lo general, los centros terrenos no son grandes instalaciones, sino más bien pequeños tableros con poco personal que sin embargo controlan funciones geoespaciales especializadas.

1.2.2 Ventajas y Desventajas de los satélites

Los satélites artificiales llegaron a cubrir regiones donde la comunicación por redes terrestres es prácticamente imposible y sumamente costosa, con la presencia de los satélites se vencieron las barreras físicas que aislaban zonas enteras de los cinco continentes, como desiertos, montañas, océanos, selvas y polos glaciares, además se incorporaron a las comunicaciones localidades de Asia, África y América que si esperaban a tender redes alámbricas todavía no lo hubieran logrado.

La ventaja de utilizar satélites de comunicaciones radica en los siguientes puntos:

- Eluden las barreras naturales.
- Permiten planear su uso a requerimientos reales.
- Acortan los tiempos de instalación.
- Complementan las redes terrestres para transmisiones internacionales, posibilitando el cubrimiento total de la tierra.

Mediante los satélites se puede establecer transmisiones con equipo móvil desde puntos geográficos donde no existe infraestructura para telecomunicaciones. Todos los enlaces se hacen aproximadamente a 71.800 kilómetros donde quiera que se ubiquen los artefactos emisores y receptores. Se necesitan unas cuantas estaciones terrestres movibles de acuerdo a las necesidades, y la señal las sigue.

De esta manera se tiene que cuando ocurre un acontecimiento relevante en cualquier parte del mundo, inmediatamente se desplazan plataformas móviles llevando antenas parabólicas y equipo de transmisión, que envían señales para televisión de determinado fenómeno en vivo a todos los rincones de la tierra.

Desde el **SPUTNIK 1** hasta la fecha, alrededor de la tierra, tenemos orbitando miles de satélites en funcionamiento y también **inoperativos**, con multitud de fragmentos que pueden poner en peligro misiones espaciales en caso de que alguno de ellos hiciera impacto sobre algún otro satélite; es lo que se le llama hoy "**basura espacial**"⁵. Los países ya tienen que estar pensando en desarrollar programas para ir retirando esta basura que constituye un peligro potencial.

Entre las muchas definiciones podemos decir que se trata de unos artefactos que, inventados por el hombre y con la ayuda de potentes cohetes, son puestos en órbita alrededor de nuestro planeta, estos artefactos *"no poseen luz propia, por lo tanto, el fenómeno de su brillo, se produce al reflejarse la luz del sol sobre sus paneles solares"*⁶. Al estar fuera de la estratósfera, aunque el sol se encuentre bajo el horizonte, cuando la luz solar ya no se refleja en los paneles solares, se observa que su luz va disminuyendo en intensidad hasta su desaparición.

Existen algunos de ellos que por su forma, al mismo tiempo que siguen orbitando alrededor de la tierra, van rotando sobre sí mismos, dando lugar a una luz destellante hasta su desaparición. Además se tiene los geostacionarios, que pueden ser observados mediante telescopios o con fotografía, siempre que sepamos su posición.

A continuación se detalla algunas ventajas y desventajas en forma general de estos satélites:

▪ **Ventajas**

- ✓ Cobertura inmediata y total de grandes zonas geográficas.
- ✓ Posibilidad de independizarse de las distancias y de los obstáculos naturales como las montañas.
- ✓ En el plano nacional, un proyecto de tal importancia daría sin duda alguna impulso a la economía del país mejorando la producción y promoviendo nuevas actividades industriales, también en aspectos relacionados con lo militar y la defensa nacional, estos últimos no son brindados por el sistema Intelsat.

⁵ **Basura espacial:** Se refiere a los elementos inservibles que se encuentran en el espacio.

⁶ **Ref: Revista Antenatel:** Fascículo 4

- ✓ Para la educación ya que puede permitir la educación virtual y a distancia permitiendo que la tecnología llegue a los estudiantes para que puedan recibir clases en forma virtual.
- ✓ Permiten tener acceso a fotografías y tomas de distintas partes del planeta para poder estar prevenidos en caso de erupciones, ciclones, o desastres naturales.

- **Desventajas**
 - ✓ Si no se emplean técnicas de cifrado, pueden aparecer problemas de seguridad.
 - ✓ Las condiciones climatológicas adversas, por ejemplo las tormentas fuertes, pueden causar interferencias en las señales de los canales de comunicación ascendente y descendente.
 - ✓ La señal debe recorrer un camino muy largo, aproximadamente 36 000 Km. de ida y otros tantos de vuelta, lo que causa un retardo en la recepción de las señales en las estaciones de tierra. En algunos casos, este retardo puede causar problemas a los protocolos de línea y complicaciones con el tiempo de respuesta.
 - ✓ Periódicamente, el Sol, la estación de tierra y el satélite se encontrarán alineados. Esto causará que la antena de la estación de tierra reciba los rayos solares, creándose lo que se denomina un transitorio solar ya que el nivel de ruido térmico se hará sensiblemente superior a la señal recibida. Por el contrario, el denominado eclipse solar se produce durante al primavera y el otoño cuando la Tierra se sitúa entre el Sol y el satélite durante algunos minutos en un período de 23 días. Durante esos minutos, las células solares del satélite no reciben energía, lo que crea pérdidas de potencia en los componentes electrónicos del satélite.
 - ✓ La señal de comunicaciones del satélite puede interferir con otras señales de radio de sistemas basados en tierra. Para evitar que esto suceda, es necesaria una asignación muy cuidadosa del espectro de frecuencia.

1.2.3 Componentes de un satélite

Los satélites pueden dividirse de manera conveniente en dos elementos principales, la carga útil y la plataforma. La carga útil es la razón de ser del satélite, es aquella parte del satélite que recibe, amplifica y retransmite las señales con información útil; pero para que la carga útil realice su función, la plataforma debe proporcionar ciertos recursos:

- La carga útil debe estar orientada en la dirección correcta.

- La carga útil debe ser operable y confiable sobre cierto periodo de tiempo especificado.
- Los datos y estados de la carga útil y elementos que conforman la plataforma deben ser enviados a la estación terrestre para su análisis y mantenimiento.
- La órbita del satélite debe ser controlada en sus parámetros.
- La carga útil debe de mantenerse fija a la plataforma en la cual está montada.
- Una fuente de energía debe estar disponible, para permitir la realización de las funciones programadas.

Cada uno de estos requerimientos es proporcionado por los siguientes conglomerados de elementos conocidos como subsistemas:

- ✓ **Subsistema de Estructura**, misma que puede tener muy distintas formas, pero que siempre se construye con metales muy ligeros que a la vez tienen gran resistencia.
- ✓ **Subsistema de Propulsión**, compuesto por múltiples motores o impulsores de bajo empuje, que sirven al satélite para realizar pequeñas correcciones y cambios de velocidad para controlar su orientación en el espacio y proporcionar el control adecuado de los parámetros de la órbita. Últimamente, se están usando en estos motores otros métodos de "**propulsión**"⁷ como la eléctrica o iónica, cuyo bajo empuje, pero elevado impulso específico, los hace más eficientes y muy económicos en cuanto al consumo de combustible.
- ✓ **Subsistema de control de orientación**, que trabaja contra las perturbaciones a las que está sometido el aparato, como el viento solar. Este sistema permite al satélite saber constantemente donde está y hacia donde debe orientarse para que las emisiones lleguen a la zona deseada, considerando su natural movimiento Norte-Sur y Este-Oeste alrededor de un punto. Además, orienta los paneles solares hacia el Sol, sin importar cómo esté posicionado el satélite. La computadora a bordo, lleva una serie de programas capaces de reaccionar ante una variada gama de problemas: si algo grave o inesperado ocurre, desconectará automáticamente todos los sistemas no esenciales, se orientará hacia el Sol para garantizar una adecuada iluminación de las celdas solares e intentará comunicarse con la Tierra o esperar órdenes procedentes de

⁷ **Propulsión:** Referente al Procedimiento empleado para que un avión, proyectil, cohete, etc., avance en el espacio, por efecto de la reacción producida por la descarga de un fluido que es expulsado a gran velocidad por la parte posterior.

ella. Esta fase se denomina modo seguro y puede salvar la vida a muchos satélites dando tiempo a la intervención humana.

- ✓ **Subsistema de potencia**, como fuente de energía secundaria, las baterías proveen energía suficiente para alimentar a los sistemas e instrumentos cuando la energía proveniente del Sol no puede ser aprovechada, esto ocurre por ejemplo, durante eclipses; éstas son cargadas poco antes del lanzamiento y de ellas depende la vida del satélite. La fuente primaria de energía para el satélite lo constituyen las celdas solares que son colocadas en grupos para conformar lo que se conoce como panel solar, los paneles, por sus grandes dimensiones y su relativa fragilidad, deben permanecer plegados durante el despegue.

Su apertura añade otro factor de incertidumbre durante la puesta en órbita del satélite. Una vez en posición y perfectamente orientados, empiezan a proporcionar energía a los sistemas, que hasta entonces han debido usar baterías. Esta energía es administrada por un sistema especial que regula el voltaje y la distribuye de forma adecuada al resto de componentes. Cuanto mayor es el número de celdas agrupadas, más potencia puede generarse. Aunque es verdad que éstas suelen deteriorarse con el paso del tiempo, ahora los constructores de satélites colocan un número suplementario de ellas para garantizar que proporcionarán suficiente electricidad, incluso, durante el último periodo de su vida útil.

- ✓ **Subsistema de telemetría, seguimiento y órdenes**, es el encargado de hacer contacto con las estaciones terrenas con el fin de recibir órdenes de ellas y darles seguimiento. Esto permite el correcto mantenimiento de los subsistemas del satélite.

El módulo de carga útil es aquel en que están instalados los instrumentos que justifican la misión espacial. Algunos de ellos son muy sofisticados: podemos encontrar desde cámaras hasta telescopios, pasando por detectores sensibles a fenómenos atmosféricos, antenas y amplificadores para comunicaciones, entre otros. Para los satélites de comunicaciones, la carga útil esta conformada por los transponders.

- ✓ El **Transponder**, está formado por un filtro de entrada que selecciona la frecuencia a amplificar, un controlador de ganancia para el amplificador y su respectiva fuente de alimentación, estos transponders reciben la señal desde la

Tierra a través de antenas y receptores, la amplifican y la envían a su destinatario; si el satélite no hace esto, la señal llegará tan débil que no se percibirá en las estaciones receptoras.

Los satélites de comunicaciones emplean antenas en la frecuencia de microondas para recibir señales de radio procedentes de las estaciones transmisoras; esas señales son repetidas de vuelta a otras estaciones en tierra. El satélite actúa como una estación repetidora. La estación A transmite señales de una frecuencia específica de enlace ascendente al satélite. El satélite, a su vez, recibe las señales y las retransmite hacia la estación terrestre B a la frecuencia del enlace descendente. La señal transmitida por el enlace descendente puede ser recibida por cualquier estación que esté dentro de la zona de cobertura.

Las señales pueden ser: voz, imágenes, transmisiones de datos o señales de televisión. La capacidad de los satélites para transmitir y recibir se consigue gracias a un transponder. Los transponders de los satélites operan a frecuencias muy altas, generalmente del orden de Ghz. La mayoría de los satélites actuales emplean frecuencias en el rango de 6/4 Ghz.

Otros satélites utilizan un ancho de banda mayor, y sus transponders operan en el rango de 14/12 Ghz. La que se utiliza para la transmisión de la estación terrestre al satélite es diferente de la que se utiliza para retransmitir desde el satélite a la tierra. Al operar con frecuencias diferentes, se evita que ambas señales se interfieran.

Los satélites se encuentran equipados con múltiples antenas y receptores–transmisores, de modo que se puedan efectuar varias transmisiones simultáneamente hacia el satélite. Sin embargo a pesar de que las señales que van o vienen de los satélites viajan a velocidades extremas, existe un retardo el momento que realiza su recorrido en una distancia total, debido al tiempo que se tarda la información en ir y volver. Existen varios canales dentro de la comunicación por satélite: canal de enlace ascendente y descendente tanto desde la estación terrena como desde el satélite.

1.2.3.1. Estaciones Terrenas

Las estaciones terrenas son las que se encargan de recibir la señal enviada por el satélite. Generalmente se utilizan dos estaciones terrenas por cada satélite. Una de ellas es la emisora que representa el origen de la señal enviada al satélite, y la otra es

la receptora de dicha señal, sin embargo cada una de las estaciones terrenas toma el nombre de "**transreceptores**"⁸.



Figura 1.3 Estación Terrena

Estas estaciones reciben los datos correspondientes al estado del satélite como posición, altura, alarmas por mal funcionamiento de algún circuito electrónico o de potencia, entre otras.

Las indicaciones recibidas, conjuntamente con la posición determinada por "**telemetría**"⁹, y la estación terrestre, permiten, mediante el uso de computadoras, el cálculo de la posición correcta y el envío hacia el satélite de los comandos necesarios para ajustar los motores-cohetes.

La activación de estos motores permite corregir la posición del satélite y poner en funcionamiento los circuitos de control que actúan sobre los diferentes módulos del sistema de comunicaciones.

Las estaciones terrenas deberán obtener aprobación para tener acceso al segmento espacial de los sistemas de comunicación por satélite, además es responsabilidad de cada usuario de las estaciones terrenas asegurar la compatibilidad de las mismas con las demás estaciones de la red a la que pertenecen y así cumplir las normas establecidas en cuanto a la interferencia entre las estaciones terrenas y otros sistemas de satélites.

⁸ **Transreceptores:** Tienen la capacidad de enviar y recibir señales.

⁹ **Telemetría:** Se refiere medir indirectamente la distancia a que se encuentran objetos lejanos.

De la misma manera se deberán cumplir las normas establecidas por la Administración de Telecomunicaciones respecto a la compatibilidad entre estaciones terrenas y terrenales.

Existen varios tipos de estaciones terrenas que suelen ser utilizadas para comunicación por satélite, a continuación se indica algunas de éstas:

- ✓ **Estación Terrena de la NASA.** - Estas estaciones son de tamaño muy grande y se encargan de la recepción de las señales más importantes para controlar el satélite, es decir con estas señales recibidas pueden corregir su rumbo y supervisar que esté funcionando correctamente, además poseen interfaces con las estaciones terrenas experimentales más pequeñas. Además se encargan del monitoreo del satélite y de operaciones de telemetría y comando de señales.
- ✓ **Estación Terrena T-1 VSAT.** - Las estaciones de este tipo se componen de dos parte básicas: La unidad **"indoor"**¹⁰ que está formada por un rack, el mismo que contiene los equipos básicos como son los multiplexores y buffers, equipos para codificación y decodificación de señales, modulador y demodulador y un procesador que se encargará de controlar la estación terrena; y, la unidad **"outdoor"**¹¹ la misma que está conformada por la antena, el equipo transmisor/receptor y la plataforma de montaje. La forma de comunicarse con el usuario es mediante interfaces como por ejemplo los teléfonos.
- ✓ **Estaciones Terrenas en banda C (6/4 Ghz).** - Este tipo de estaciones tienen un amplio rango de tamaños de antena. Inicialmente se usaban las antenas más grandes que se podían construir, siendo comunes las antenas antiguas de Intelsat de hasta 35 m.

A medida que fue pasando el tiempo y conforme la potencia de los satélites se fue incrementando, las antenas fueron cada vez menores; actualmente existen diámetros de 3 metros y son cada vez más frecuentes, generalmente para aplicaciones de recepción.

¹⁰ **Indoor:** Referente a la unidad interior.

¹¹ **Outdoor:** Se refiere a la unidad exterior.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS

PARAMETRO	TIPO DE COBERTURA		
	GLOBAL	REGIONAL	NACIONAL
Tamaño de antena en metros	4.5 a 32 m.	4.5 a 25m.	3 a 30 m.
Ganancia de Transmisión	47 a 64 dBi	47 a 62 dBi	43 a 63 dBi
Ganancia de Recepción	43 a 61 dBi	43 a 59 dBi	40 a 60 dBi
Temperatura de ruido del receptor K	50 a 150 °K	50 a 150 °K	50 a 200 °K
G/T, dB/K	23 a 41 dB/°K	23 a 38 dB/°K	17 a 41 dB/°K
Potencia de transmisión en Kw.	1 a 12 Kw	0.3 a 3 Kw	0.005 a 1 Kw.
PIRE, dBw	46 a 95 dBw	46 a 74 dBw	45 a 84 dBw

Tabla 1.1 Características de las estaciones terrenas de Banda C

Las estaciones terrenas son muy importantes en los sistemas de comunicación satelital de tal forma que se debe tomar en cuenta muchos aspectos el momento de adquirirlas, a continuación se presenta un grupo de recomendaciones referentes a este tema:

- Se recomienda que el sistema de movimiento para la orientación de la antena permita, al menos, un movimiento de $\pm 10^\circ$ en elevación y de $\pm 45^\circ$ en acimut. Ya que los usuarios desean que se pueda variar el apuntamiento del haz principal a fin de cubrir una porción del arco orbital visible desde la estación.
- Las estaciones terrenas deben estar diseñadas de tal forma que la frecuencia y la polarización de las portadoras de RF transmitidas y recibidas, se puedan cambiar fácilmente sin causar interrupciones inaceptables de los servicios, además, que las estaciones terrenas se diseñen de tal manera que sea posible ampliarlas sin dificultad.
- El equipamiento de las estaciones terrenas deberá ser fiable, de manera que no se ponga en peligro la explotación del segmento espacial con emisiones erróneas en cuanto al nivel, la frecuencia, el ancho de banda, el sincronismo o la polarización de la portadora.
- La determinación del nivel deseado de fiabilidad de la estación terrena y de la cantidad de equipamiento de reserva disponible incumbirá a cada usuario, teniendo en cuenta las circunstancias particulares de cada caso. Sin embargo,

cabe destacar que las averías pueden afectar a un gran número de enlaces. Por esta razón se considera deseable que, en interés de los mismos usuarios, el equipo esté diseñado de manera tal que alcance un nivel muy elevado de fiabilidad.

- El tipo y número de equipos de medida asociados a una estación terrena deben ser los adecuados para poder verificar el cumplimiento de las características técnicas correspondientes.
- Es responsabilidad del usuario de la estación terrena el definir las condiciones ambientales (temperatura, velocidad de viento, etc.) que deberán soportar las estaciones terrenas en condiciones de operación y de supervivencia.
- Las condiciones de operación dependerán de parámetros meteorológicos locales. El usuario, considerando estadísticas de estos parámetros, podrá determinar si es necesario mejorar las características técnicas de sus estaciones terrenas.

La función principal de la estación terrena transmisora es la adecuación de las señales para su transmisión hacia el satélite, la misma que se encargará de la difusión de éstas, de esta manera la estación debe estar formada por un subsistema de antena, un subsistema de seguimiento para apuntar el haz hacia el satélite deseado, un subsistema de transmisión - recepción en radiofrecuencia, una etapa de conversión de frecuencia, modulación y demodulación y un sistema de conexión con las redes terrenales, así como lógicamente el suministro de energía para toda la estación.

El dimensionado, la configuración y la interconexión de los diferentes subsistemas de la estación dependerán fundamentalmente del número de canales a transmitir, así como del sistema de redundancia que se adopte. En el canal de transmisión, la señal una vez modulada en frecuencia o en fase, se traslada a la frecuencia de transmisión pasando luego por el amplificador de alta potencia. Esta cadena constará de tantas vías como canales se vayan a utilizar en un satélite.

A continuación se muestra las partes de una estación terrena:

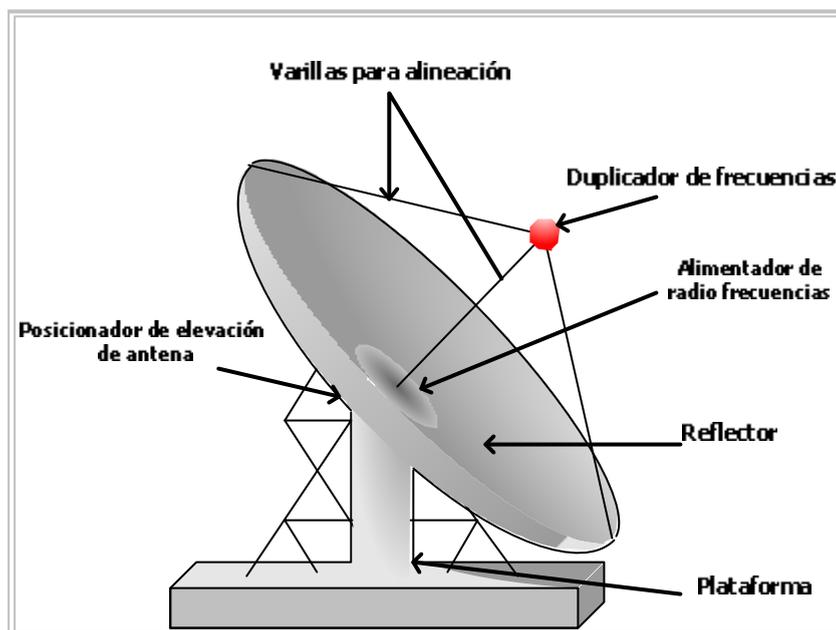


Figura 1.4 Partes de la Estación Terrena

Finalmente las estaciones terrestres deben ser lo suficientemente baratas para que puedan acceder a éstas los usuarios, pero potentes y suficientemente sofisticadas para poder comunicarse de manera eficiente con los satélites, además deben cumplir los requisitos de licencia y de regulaciones gubernamentales que se requieran, deben ser capaces de encontrar a sus satélites de forma rápida y mantener la comunicación con ellos a través de cambios orbitales a veces imprevistos.

1.2.3.2. Segmento Satelital

En cada uno de los satélites se puede distinguir las secciones de recepción, conmutación y transmisión. La sección de recepción posee dos elementos claves que son la antena y el amplificador de bajo ruido que determinan la sensibilidad del satélite. Además existe un elemento imprescindible que es el convertidor de frecuencia ya que se encarga de realizar una traslación hacia frecuencias inferiores. La sección de conmutación es un módulo de encaminamiento de la señal y se encuentra constituida por conmutadores de RF. La parte de transmisión está conformada por diversos canales conectados en paralelo, en donde existe un elemento básico que es el amplificador no lineal de frecuencia. Las salidas de los canales se multiplexan y transmiten un conjunto de señales a través de una antena de máxima directividad, compatible con la cobertura requerida.

La potencia de salida de la señal del satélite es una magnitud crítica que está compuesta de dos sumandos:

$$\text{(Potencia Isotrópica Radiada)} \quad PIRE = Ps + Ga(\text{dBw})$$

En donde P_s es la potencia del amplificador y G_a es la ganancia de la antena.

El enlace descendente es más crítico que el ascendente.

A continuación se muestra un diagrama de bloques básico del satélite, el cual se divide en dos subsistemas:

- Subsistema de antenas
- Subsistema de Transponders.

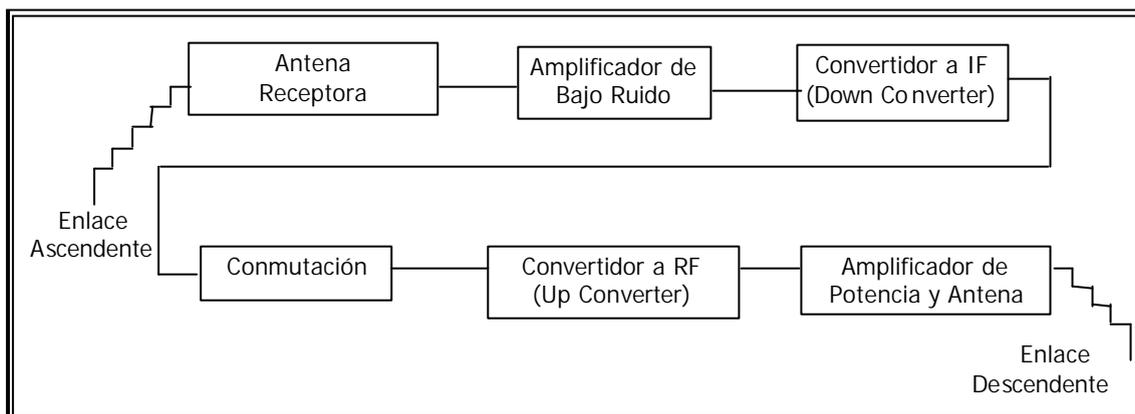


Figura 1.5 Diagrama de Bloques Básico del satélite

Las antenas receptoras y transmisoras son elementos esenciales del diseño. Su espectro abarca desde los tipos más simples como son los omni direccionales que pueden ser comunes con las antenas de telemetría y telemando, a las que por sus características poseen diseños más avanzados como las multihaz con doble polarización. Los parámetros básicos de una buena antena son la ganancia y la estrecha banda de frecuencia, para eliminar interferencias.

El receptor de bajo ruido determina la sensibilidad del satélite. Existen receptores no refrigerados que con una buena ganancia de antena determinan la potencia en el enlace ascendente.

Las siguientes etapas están constituidas por la traslación de frecuencias y por la amplificación necesaria para establecer el enlace descendente, a través del encaminamiento y/o conmutación. Los filtros y conmutadores permiten lograr flexibilidad y eficiencia para el tratamiento del tráfico.

El amplificador de salida es el elemento clave, junto con la antena transmisora, para definir el enlace descendente. Una característica poco deseable se introduce en esta etapa: la no linealidad. La "**intermodulación**"¹² producida en esta fase es la perturbación más seria en todo el sistema, para esto existen tubos linealizados y semiconductores de última tecnología que permiten superar en parte este problema de la no linealidad.

Un buen diseño de satélite se define con las siguientes características:

- Suficiente amplificación.
- Adaptación de impedancias.
- Bajo ruido.
- Buena linealidad.
- Buena discriminación contra múltiples encaminamientos.
- Buena discriminación entre señales que comparten frecuencias.
- Autonomía a largo plazo en abastecimiento de energía (mediante el uso de Paneles Solares).
- Capacidad de tráfico. (Número de transponders/Número de canales).
- Equipos de multiplicación de circuitos. (CME y/o DCME).

1.2.4 Antenas Satelitales

Una antena es un dispositivo que se utiliza para captar o emitir "**ondas electromagnéticas**"¹³. La antena debe situarse obligatoriamente en un lugar despejado, puede ser en el tejado de una vivienda o en un lugar donde tenga visibilidad por lo general hacia el sur, su diámetro aconsejado es de entre 75 y 90 cm., todo dependerá del trabajo que realizará la antena.

¹² **Intermodulación:** Referente a la modulación interna.

¹³ **Ondas electromagnéticas:** Forma de propagarse a través del espacio los campos eléctricos y magnéticos producidos por las cargas eléctricas en movimiento.

Si se orienta el eje de la antena parabólica hacia el satélite, las emisiones provenientes del mismo llegarán a la antena paralela a su eje, y aquellas emisiones provenientes del foco de la parábola seguirán una trayectoria paralela al eje de la parábola hasta llegar al satélite. Como consecuencia, en el foco de la parábola debe ser colocado un "colector"¹⁴ de energía que capte todo lo que proviene del satélite y lo envíe a los circuitos de procesamiento.

En ese mismo punto debe ser ubicado el transmisor, cuya función consiste en hacer llegar la información hacia el satélite para que éste, a su vez, la retransmita hasta su destino final.

Por otro lado, resulta bastante difícil determinar con precisión que tipo de antena debe utilizarse a una distancia particular de un transmisor, ya que en la elección se debe tener en cuenta gran cantidad de factores variables, entre éstos tenemos: la potencia radiada efectiva por el transmisor, la altura de la antena emisora y receptora, la sensibilidad del receptor y otras de menor interés. Además se toma en cuenta las circunstancias topográficas, como colinas, edificios y bosques que pueden absorber las señales.

En la instalación de una estación receptora de televisión vía satélite, uno de los factores más importantes que intervienen en su montaje es la orientación de la parábola reflectora hacia el centro exacto del satélite. A continuación se detalla las características para la orientación de la antena.

- ✓ **Direccionamiento de la parábola.**- Para el direccionamiento de la antena es necesario conocer la longitud y latitud de la ciudad en que se localizará ésta y la situación del satélite en el ecuador terrestre (no el país), con estos datos y después de realizar los cálculos necesarios, se obtendrán los valores concretos para efectuar el apuntamiento.

1.2.4.1. Tipos de Antenas Parabólicas

El referirse a antenas parabólicas es pensar en un extenso grupo, ya que de acuerdo a sus características específicas y al trabajo que realizan se puede darles una mejor funcionalidad.

Entre los principales tipos de antenas tenemos los siguientes:

¹⁴ **Colector:** Referente a la recolección de algo.

- ✓ **Foco Primario.** - La superficie de la antena es un paraboloide de revolución, en este tipo de antenas todas las ondas inciden paralelamente al eje principal se reflejan y van a parar al Foco. El Foco está centrado en el paraboloide, tiene un rendimiento máximo del 60% aproximadamente, es decir, de toda la energía que llega a la superficie de la antena, el 60% llega al foco y se aprovecha, el resto no llega al foco y se pierde. Generalmente son de tamaño grande, aproximadamente de 1,5 m de diámetro.

- ✓ **Antenas multihaz.** - Una antena multihaz es la que se usa generalmente en los sistemas de antenas de satélite, consiste en una superficie enfocada iluminada por un "**array**"¹⁵ de elementos alimentadores. Cada elemento ilumina a la apertura óptica y genera un haz. El ancho de haz de un rayo va determinado por el tamaño de la apertura óptica, la posición y separación angular de estos rayos está determinada por la separación entre los elementos.

Con esta configuración, el satélite puede comunicarse a través de una sola antena con varias estaciones terrenas geográficamente dispersas. Además en estas estaciones terrenas se necesitan antenas menores que reducen el coste debido a que tienen la radiación focalizada hacia ellas.

Existen varios tipos de antenas multihaz, los más importantes y más usados son:

- 📡 **Offset.** - Este tipo de antena se obtiene recortando de grandes antenas parabólicas de forma esférica, tienen el Foco desplazado hacia abajo, de tal forma que queda fuera de la superficie de la antena, por esta razón, el rendimiento es algo mayor que en la de Foco primario, y llega a ser de un 70% aproximadamente y en algunos casos mayor a este porcentaje. El diagrama de directividad tiene forma de óvalo y las ondas que llegan a la antena, se reflejan, algunas se dirigen al foco, y el resto se pierde.

- 📡 **Cassegrain.** - Estas antenas son similares a las de Foco Primario, la diferencia es que tiene dos reflectores; el mayor de ellos apunta al lugar de recepción y las ondas al chocar, se reflejan y van al Foco donde está el reflector menor; al chocar las ondas, van al Foco último, donde estará colocado el detector. Se suelen utilizar en antenas muy grandes, donde es

¹⁵ **Array:** Referente a la colección de datos.

difícil llegar al Foco para el mantenimiento de la antena. Además utilizan un reflector que lleva el radiador primario en el foco del mismo. La dirección del haz se puede modificar cambiando la posición de los elementos radiadores alrededor del foco, se debe tomar en cuenta el bloqueo que producen los radiadores dispuestos en torno a éste. Es por ello mucho más útil el empleo de configuraciones offset.

- ✓ **Antena Plana.-** Las Antenas Planas se están utilizando actualmente para la recepción de los satélites de alta potencia.
Este tipo de antena no requiere un apuntamiento al satélite tan preciso, aunque lógicamente hay que orientarlas hacia el satélite determinado.
- ✓ **Antenas Phased Array.-** Las antenas de este tipo requieren de N redes de alimentación para N rayos lo que hace que sea pesado y complejo. Consiste básicamente en un grupo de antenas radiando en fase. Bocinas, dipolos, hélices, espirales, parabólicas y muchos otros tipos pueden ser los elementos radiantes.

Una antena Phased Array para aplicaciones de satélite puede utilizarse para conseguir un haz fijo tanto simple como múltiple y un array de alimentación de lentes o reflectores de sistemas de antena.

Los parámetros de diseño más importantes son:

- ☞ Tamaño del array
- ☞ Número de elementos.
- ☞ Posición de los elementos.
- ☞ Tipos de elementos.
- ☞ Errores admisibles de cuantificación en amplitud y fase.

- ✓ **Antenas Reflectores.-** Una antena reflector es generalmente usada por su peso ligero y estructura simple. Tiene un elemento de alimentación conocido como bocina ya que es mucho más usada y se adapta de mejor forma a los objetivos del diseño, en menores ocasiones también son utilizadas las hélices, guías de ondas encadenadas, pequeños reflectores, entre otras. El reflector es el candidato más deseable en sistemas de antenas de satélite debido a su ligero peso, su simple estructura y un diseño más consolidado. La desventaja del

reflector es que tiene un bloqueo del alimentador, lo cual acaba con la simetría rotacional y limita el rango de "scan"¹⁶ a muy pocos anchos de haz.

- ✓ **Antenas TT&C.**- Todos los servicios de telemetría, seguimiento y telecomando, son realizados a través de una misma antena, la cual debe poseer un diagrama de radiación con la máxima zona de cobertura posible, de manera que el servicio no quede interrumpido, independientemente de la posición del satélite o de las condiciones del enlace. La poca directividad de este tipo de antena obliga a que las potencias transmitidas desde la estación terrena, para el servicio de telecomando, y por el satélite, para el de telemetría y seguimiento, tengan que ser relativamente elevadas.

Existen diferentes tipos de antenas TT&C:

- ☞ **Array circular.**- es adecuada para conseguir omnidireccionalidad y restricciones del diseño.
 - ☞ **Antena bicónica.**- suele colocarse en un extremo del eje del satélite para que se pueda reducir el bloqueo.
 - ☞ **Reflectores de cilindro rasurado.**- es difícil conseguir una polarización circular omnidireccional, por tanto se aproxima por un patrón cardiode, conseguido con este tipo de antenas.
- ✓ **Antenas de haz modelado.**- Las antenas de haz modelado se definen como antenas cuyos haces de radiación son conformados de acuerdo a un modelo deseado.

La ventaja de estas antenas no es sólo el incremento de ganancia sino la mejora del aislamiento de haz a haz, el cual es un parámetro clave para el incremento de la capacidad de comunicación debido a la reutilización de frecuencias. La ganancia de una antena de haz modelado está estrechamente relacionada con el área iluminada. Por lo tanto, la ganancia que se obtiene para este tipo de antenas esta determinada por su área de cobertura.

Las antenas de haz modelado pueden ser clasificadas en las siguientes:

¹⁶ Scan: Referente a la revisión de algún dato.

- 📄 **Reflectores modelados.**- Emplean formas predeterminadas del reflector para formar el haz requerido con una única bocina.

- 📄 **Reflectores parabólicos alimentados por multibocinas.**- Consisten en un reflector parabólico y bocinas de alimentación, de manera que se consiguen las formas de haz deseadas ajustando la posición, amplitud y fase de la distribución de las bocinas de alimentación.

- 📄 **Reflectores modelados alimentados por multibocinas.**- Se trata de una mejora de los dos tipos anteriores. En este caso el reflector modelado controla la forma de los haces para mejorar la eficiencia de la antena y posibilitar la reducción del número de bocinas del sistema de alimentación.

- 📄 **Array de antenas.**- Están formados por las mismas bocinas alimentadoras que las antenas reflectoras. En el caso de multibocinas con un reflector, el incremento del número de alimentadores generalmente puede hacer que el tamaño del sistema alimentador sea comparable con el tamaño del propio reflector.

1.2.4.2. Acimut, Elevación y Desplazamiento de Polarización

- ✓ **Acimut.**- Es el ángulo horizontal al que hay que girar la antena, desde el polo Norte terrestre hasta encontrar el satélite. A veces se indica este ángulo con relación al polo Sur, para medir el acimut se utiliza una brújula.

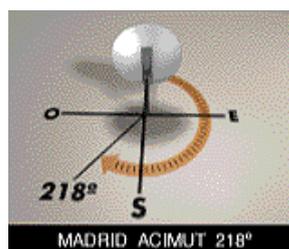


Figura 1.6 Acimut

- ✓ **Elevación.**- Es el ángulo al que hay que elevar la antena desde el horizonte para localizar el satélite en cuestión. La elevación se mide con la ayuda de un "inclinómetro"¹⁷.

¹⁷ Inclinómetro: Medidor de inclinación.



Figura 1.7 Elevación

- ✓ **Desplazamiento de la polarización.**- Es el ángulo al que hay que girar el convector de la antena para que la polarización horizontal y vertical incidan perfectamente en el "convector"¹⁸. En el caso de los satélites DBS, debido al uso de polarización circular, no es necesario este parámetro.

Los ángulos de Acimut, Elevación y Desplazamiento de la polaridad, se pueden determinar básicamente de tres formas:

- ☞ Mediante cálculo matemático.
- ☞ Mediante tablas o gráficos realizados para cada satélite y cada país.
- ☞ Mediante ábaco realizado por cálculo matemático.

Para instalar la antena se utiliza una brújula, que se encarga de indicar el polo Norte magnético, presenta un error respecto al polo Norte geográfico. Por tanto, esto se debe tener en cuenta para luego poder corregirlo, a este error se le conoce como declinación magnética, y es distinta para cada lugar e incluso para cada año; por ejemplo en España, este ángulo es de unos 5 a 6° hacia la derecha en la Península; pero en Baleares y Canarias es de 1,5° aproximadamente.

Cuando se coloca una antena existe un ángulo de error el momento de recibir adecuadamente el satélite, pero éste es muy pequeño generalmente 0,2°. Por ese motivo, para recibir la señal correctamente, hay que mover un poco la antena hasta encontrar el satélite con el máximo nivel de señal.

Para la orientación de una antena, hay que tener en cuenta la situación geográfica del lugar de recepción y la situación del satélite, es por ese motivo que se debe tomar en cuenta lo siguiente:

¹⁸ **Convector:** Referente a la conversión ya sea de señales u objetos.

- La línea ecuatorial divide la Tierra en el hemisferio Norte y el hemisferio Sur, y el meridiano de Greenwich divide la Tierra en Este y Oeste.

- Las divisiones paralelas al Ecuador se denominan Paralelos, y el ángulo considerado se conoce como Latitud, ya sea Norte o Sur, dependiendo si es del hemisferio Norte o del hemisferio Sur.

- Las divisiones alrededor de Greenwich se denominan Meridianos, y el ángulo considerado se llama Longitud, de igual forma puede ser Este u Oeste.

1.3 NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

En este capítulo se ha reflejado una breve descripción de cómo han ido evolucionando las telecomunicaciones a nivel mundial, es decir desde que se dieron los primeros pasos hasta llegar a la comunicación vía satélite. Además se trata de especificar en forma clara la descripción de los elementos que intervienen en este tipo de comunicación y la diferencia que existe entre cada uno de ellos, pudiendo ser: por marca, especificaciones u otras características. Más información acerca de este tema se puede encontrar en las siguientes referencias bibliográficas y de Internet.

Libros y Revistas:

- **Biblioteca de Consulta Encarta 2004:** Microsoft Corporation versión 13.0.0.0531
- **Revista Antenatel:** Fascículos 3 y 4

Internet:

- <http://fuente.8m.com/Investigaciones.htm>
- <http://wiki.madridwireless.net/EnlacesAntenas>
- <http://www.terra.es/personal/isidorbm/libro1>
- <http://www.lionelremigio.com/satelitestecnica.htm>
- <http://www.upv.es/satelite/trabajos>
- <http://www.tecnomaster.cl/main.html>
- <http://www.sct.gob.mx/>