

103
21



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**“GENERALIDADES DE UNA
ESTACION TERRENA”**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:
LUIS ENRIQUE LOPEZ MORENO**

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA

CUAUTITLAN. IZCALLI. EDO. DE MEX

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:
Comunicaciones. Generalidades de una Estación Terrena.

que presenta el pasante: Luis Enrique López Moreno
con número de cuenta: 8727335-7 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el
EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Comité de Localí, Edo. de México, a 8 de Septiembre de 1997

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
I Ino.	Alfonso Contreras Márquez	<i>Alfonso Contreras Márquez</i>
IV Ing.	Vicente Mañana González	<i>Vicente Mañana González</i>
III Ino.	Juan González Vega	<i>Juan González Vega</i>

DEP/VOBOSER

El presente trabajo está dedicado a:

Mis padres y a mis hermanos, ya que sin su apoyo no habría podido lograr una de las metas más importantes que me he propuesto en la vida, que es la de tener una carrera universitaria y por estar conmigo en los momentos que más los he necesitado.

A mis compañeros de la Facultad, por que más que compartir un salón de clases hicimos de nuestro paso por la Universidad una experiencia en la cual la amistad fue y sigue siendo una parte muy importante de nuestras vidas.

A los profesores que he tenido durante mi preparación por haber compartido sus conocimientos tanto en lo académico como en lo humanístico.

A mis amigos fuera de las aulas y a toda aquella persona que de alguna manera colaboró en la realización de éste documento.

A todos ellos **GRACIAS.**

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
I GENERALIDADES	
I.1 Órbita geoestacionaria o cinturón de Clarke.....	3
I.2 Lanzamiento de un satélite geoestacionario.....	7
I.3 Definición de satélite.....	8
I.4 Zonas de cobertura.....	9
I.5 Frecuencias de trabajo.....	10
I.6 Polarización.....	12
I.7 Potencia isotópica radiada (PIRE).....	13
I.8 Estación terrena.....	14
II LA ANTENA	
II.1 Características de una antena parabólica.....	18
II.2 Tamaño de la antena de la estación terrestre.....	20
II.3 Ganancia de una antena parabólica.....	21
II.4 Eficiencia de una antena.....	23
II.5 Antena de alimentación frontal.....	24
II.6 Antena parabólica con alimentación descentrada tipo offset.....	25
II.7 La antena Cassegrain.....	26
II.8 Otros tipos de antenas.....	29
II.9 Partes principales de una antena parabólica.....	30
II.10 El transmisor.....	33
II.11 El receptor.....	36
III ORIENTACIÓN DE LA ANTENA	
III.1 La importancia de una correcta orientación de la antena.....	40
III.2 Montaje elevación - azimut.....	41
III.3 El montaje X-Y.....	44
III.4 Montaje ecuatorial o polar.....	46
CONCLUSIONES	52
GLOSARIO	53
BIBLIOGRAFÍA	54

INTRODUCCION

En la actualidad las telecomunicaciones han cobrado una vital importancia en el desarrollo de todo país debido a la necesidad de intercambio de información tanto a nivel nacional como internacional. Vivimos los inicios de la Era de la Información, la que nos proporciona las herramientas tecnológicas necesarias para manejar vastos volúmenes de conocimiento disponibles, que en conjunto proporcionan una nueva y precisa visión de un mundo globalizado, además de elementos detallados para tratar de comprenderlo. Lo anterior afecta todos los niveles de vida y actividades de la sociedad. La evolución de las computadoras y de las telecomunicaciones, que cada día se fusionan más llevándonos a un planeta cada día más comunicado a través de redes de cómputo, telefónicas y satelitales, por las cuales ya no sólo transitan datos y voz, sino también viajan texto, imágenes y video. Todo ello conforma infinitas cadenas de información procesada por poderosas computadoras conectadas a redes como Internet, mediante el aprovechamiento de redes telefónicas de fibra óptica entre otras. Los sistemas más comunes utilizados hoy en día son el de comunicaciones vía satélite, vía microondas terrenas, fibra óptica, par trenzado, cable coaxial, entre otros.

En el presente documento se muestra la estructura en general de una estación terrena, sus elementos principales así como los conceptos básicos sobre lanzamiento, puesta en órbita y funcionamiento de los satélites de comunicaciones de órbita geostacionaria. El primer capítulo se refiere básicamente al lanzamiento y puesta en órbita de un satélite geostacionario y se da una breve semblanza de la estructura básica de éste así como las diferentes bandas de transmisión que utilizan. En el segundo capítulo se mencionan los tipos de antenas parabólicas las diferencias existentes entre ellas, sus principales componentes así como su funcionamiento tanto en transmisión como en recepción. Finalmente en el tercer capítulo se muestran los diferentes tipos de montajes de una antena parabólica, las diferencias entre cada uno de ellos así como la importancia de hacer una correcta orientación de la antena hacia el satélite.

I GENERALIDADES

1.1 Órbita geoestacionaria o cinturón de Clarke.

En 1945, Arthur C. Clarke sugirió la posibilidad de colocar satélites artificiales en una órbita tal que al observarlos desde un punto sobre la superficie de la Tierra parecería que no se moviesen, es decir los satélites no cambiarían aparentemente de posición. Además, casi la totalidad del mundo habitado se podría comunicar por radio con sólo tres satélites colocados en esa órbita tan especial (Fig. 1.1). Tomando en cuenta que la Tierra gira sobre su propio eje, completando una vuelta cada 24 horas; si se coloca un satélite de tal forma que gire circularmente alrededor de ella en un plano imaginario que la atraviese por el círculo ecuatorial, y si el satélite también completa una vuelta en 24 horas, entonces, para un observador en un punto fijo de la Tierra, se produce la ilusión de que el satélite no se mueve.

Para que un satélite fuese en verdad fijo con respecto a la Tierra, es decir "geoestacionario" se debían cumplir con ciertos requisitos: en primer lugar, el satélite debía desplazarse en el mismo sentido de rotación que la Tierra; además para que no perdiese altura poco a poco y completase una vuelta cada 24 horas, debía estar a aproximadamente 36 000 km. de altura sobre el nivel del mar; para lograrlo, el satélite debía tener una velocidad constante de 3 075 m/s siguiendo una órbita circular alrededor de la Tierra a la altura del Ecuador (Fig.1.2).

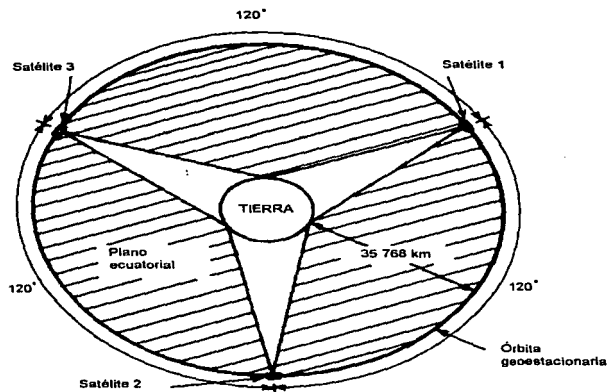


Figura 1.1 Clarke indicó que con solamente tres satélites en órbita geoestacionaria sería posible intercomunicar por radio a casi la totalidad del mundo habitado.

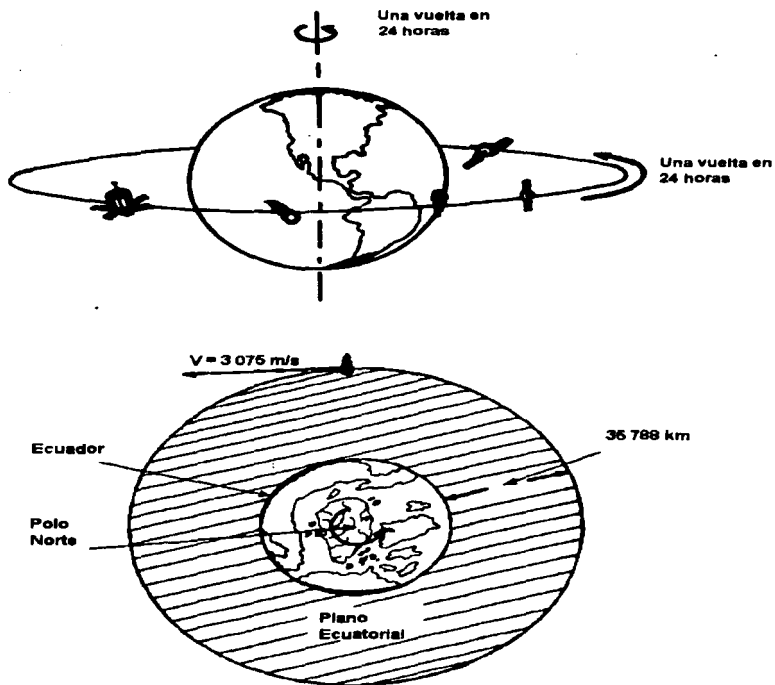


Figura 1.2 Los satélites geostacionarios giran alrededor de la Tierra sobre el plano ecuatorial, completando una vuelta en 24 horas. Para un observador sobre un punto fijo de la Tierra, los satélites no se mueven. a) vista lateral; b) vista superior.

La órbita en cuestión recibe el nombre de **órbita geoestacionaria**, pero con frecuencia muchos autores e investigadores también se refieren a ella con **cinturón de Clarke**.

La distancia de la órbita geoestacionaria resulta de igualar las fuerzas de atracción gravitatoria y centrífuga que actúan sobre el satélite en sus movimientos de traslación alrededor de la Tierra.

$$\text{Fuerza Gravitatoria} = G \times (M \times m / d^2)$$

donde:

$$G = \text{constante de gravitación universal} = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg} \cdot \text{seg}^2$$

$$M = \text{masa de la Tierra} = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg.}$$

m = masa del satélite.

d = distancia entre centros de gravedad de la Tierra y el satélite.

$$\text{Fuerza centrífuga} = m \times d \times \omega^2$$

siendo m y d , al igual que el caso anterior, la masa del satélite y la distancia entre centros de gravedad, y ω la velocidad angular del satélite.

Igualando ambas fuerzas:

$$(G \times M \times m) / d^2 = m \times d \times \omega^2$$

con lo que:

$$d = \sqrt{(G \times M) / \omega^2}$$

como $\omega = 2\pi/T$, siendo T el periodo orbital que en el caso que nos ocupa (órbita geostacional) es igual al periodo de rotación de la Tierra, es decir, 23 horas, 56 minutos o lo que es lo mismo, 86 160 seg.

Por lo que $d = 42\,172$ km., como d es la distancia al centro de la Tierra y el radio de la misma es de 6 366 km., la distancia del satélite a la superficie de la Tierra (al nivel del mar) será la diferencia entre ambas distancias, es decir, 35 806 km.

1.2 Lanzamiento de un satélite geostacionario.

El lanzamiento de un satélite al espacio no hubiera sido posible sin la ayuda de las Leyes de Newton. Gracias a él se sabe que la fuerza de atracción entre dos cuerpos es inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias y directamente proporcional al producto de sus masas, así como que si a un cuerpo se le aplica una acción éste responde con otra de la misma magnitud pero en sentido contrario. También son tomada en cuenta las Leyes de Kepler, que explica el movimiento de los planetas alrededor del Sol, pues los satélites se pueden interpretar en sentido figurado como si fuesen planetas y la Tierra como un Sol, aunque a escala mucho menor. Para llevar a un satélite a su órbita se pueden efectuar tres diferentes procedimientos:

Inyección directa en órbita geostacionaria. En este caso, el satélite es transportado por un cohete de varias etapas hasta el cinturón de Clarke. Este procedimiento es muy costoso en comparación pero la probabilidad de que el satélite llegue en buenas condiciones es mayor que con otros procedimientos. El cohete Titán III C de los E.U. es un ejemplo de lanzador que puede emplearse para este fin.

Inyección inicial en órbita elíptica. En este procedimiento las etapas del sistema lanzador colocan al satélite en una órbita elíptica de gran excentricidad, es decir, muy alargada, en la que el centro de la Tierra es uno de los focos. Una vez ahí, el satélite se separa del cohete y da una o varias vueltas en esa órbita, llamada de transferencia geosíncrona, hasta que se lleva a cabo la siguiente etapa del proceso, ya con esfuerzos propios de él mismo. El perigeo de la órbita de transferencia geosíncrona está normalmente a una altura aproximada de 200 km. sobre el nivel del mar y su apogeo cerca de los 35 788 km., que es la altura final en la que el satélite debe quedar para funcionar. Los lanzadores Ariane de la Agencia Espacial Europea, así como los Delta y Atlas-Centauro de E.U., entre otros, operan bajo los principios de esta técnica.

Inyección inicial en órbita circular baja. Esta es la técnica empleada por el Sistema de Transportación Espacial de la NASA de E.U., mejor conocido como orbitador, consiste en tres pasos, los dos últimos son idénticos al caso anterior y el paso inicial se describe a continuación. En este caso el satélite es transportado por el orbitador y a una distancia aproximada de 300 km. el orbitador se libera del satélite quedando éste en una órbita circular baja con una velocidad inicial igual a la del orbitador, posteriormente al cruzar el plano del ecuador su motor de perigeo se enciende. Este le da un empuje tal que modifica su órbita, cambiándola a una elíptica. Una vez que el motor de perigeo cumple con su función se desprende del satélite y posteriormente un motor de apogeo acoplado al satélite se enciende para que este empiece a circular por su órbita final.

1.3 Definición de satélite.

Un satélite es un sistema muy complejo y delicado, integrado por varios subsistemas; cada uno de ellos es igualmente importante, pues su probable falla podría causar la inutilidad parcial o total del conjunto. El satélite necesita energía eléctrica, disipar calor, corregir sus

movimientos y mantenerse en equilibrio, ser capaz de regular su temperatura, ser resistente al medio ambiente en el que se encuentra y desde luego poder comunicarse con la tierra; sus subsistemas más importantes se indican en la **Tabla 1.1**.

Subsistema	Función
1 Antenas	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia.
2 Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar su frecuencia.
3 Energía eléctrica	Suministrar electricidad con los niveles adecuados de voltaje y corriente.
4 Control térmico	Regular la temperatura del conjunto.
5 Posición y orientación	Determinar la posición y orientación del satélite.
6 Propulsión	Proporcionar incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y la orientación.
7 Rastreo, telemetría y comando	Intercambiar información con el centro de control en tierra para conservar el funcionamiento del satélite.
8 Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto.

Tabla 1.1 Principales subsistemas de un satélite y sus funciones.

1.4 Zonas de cobertura.

Se define como la zona de cobertura a la superficie de la Tierra delimitada por un contorno de densidad de flujo de potencia constante, que permite obtener la calidad deseada de recepción en ausencia de interferencia.

Hay satélites que tienen varias antenas de características diferentes con diferentes finalidades, estas pueden ser globales, hemisféricas, de zona o puntuales. Las antenas

globales son para cubrir amplias zonas en la Tierra visibles desde el satélite, (estas antenas son de cometa), las hemisféricas cubren sólo parte del hemisferio para el que está orientado el satélite (estas son parabólicas) y su cobertura se diseña de tal manera que el haz se concentre en zonas de mayor densidad de población para que no haya desperdicio de energía si la huella cubre zonas despobladas o en los océanos, las antenas de cobertura puntual son aquellas que cubren una pequeña parte, por ejemplo alguna ciudad, reciben este nombre por que concentran su potencia casi en un punto, en relación con las dimensiones del planeta.

1.5 Frecuencias de trabajo.

Los satélites de comunicaciones operan en las bandas de frecuencias C y Ku para estaciones fijas y en la banda L para estaciones móviles (Fig. 1.3). Al rango de frecuencias que hay entre la frecuencia más baja y la más alta de las que se transmiten se le da el nombre de **ancho de banda**. En cada una de las bandas C y Ku, el ancho de banda de operación es de 500 MHz para transmisión y de 500 MHz para recepción. Existen satélites denominados híbridos, que trabajan simultáneamente tanto en banda C como en banda Ku.

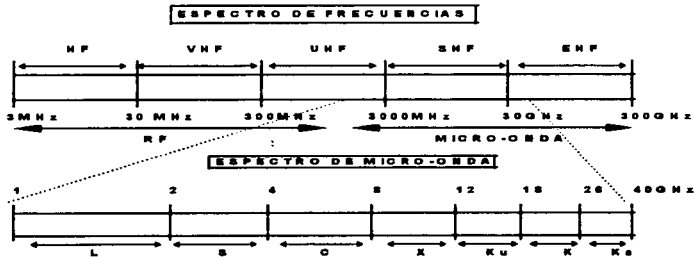


Figura 1.3 Espectro de frecuencias.

En la banda C, las frecuencias que se utilizan para transmitir de la Tierra hacia el satélite están entre 5.925 y 6.425 GHz. La antena receptora del satélite detecta todas estas frecuencias, pues su ancho de banda de recepción es igual o mayor a 500 MHz, con una frecuencia central de 6.175 GHz. El sistema de comunicaciones del satélite se encarga, entre otras cosas, de cambiar las frecuencias antes de retransmitirlas hacia la Tierra con igual ancho de banda pero cuyos límites inferior y superior son, respectivamente, 3.7 y 4.2 GHz. Un enlace de este tipo se representa con la nomenclatura 6/4 GHz, indicando que la señal sube al satélite con las frecuencias cercanas a los 6 GHz y que baja con frecuencias cercanas a los 4 GHz.

En la banda Ku, el proceso de recepción, conversión de frecuencias y transmisión es similar al de la banda C, sólo que el enlace de subida está comprendido entre 14.0 y 14.5 GHz, con una frecuencia central de 14.25 GHz, y el enlace de bajada están entre 11.7 y 12.2 GHz; en este caso, el enlace se representa con la nomenclatura 14/12 GHz.

Otro tipo de banda utilizada por los satélites de comunicaciones es la banda L que es un rango de frecuencias cuyo enlace se representa por la nomenclatura 1.6/1.4 GHz, esta es utilizada básicamente por estaciones móviles (barcos, aviones, automóviles, etc.); existen también la banda X para uso militar exclusivamente cuyo enlace es del tipo 8/7 GHz y la banda Ka del tipo 30/20 que es en la actualidad una banda para uso futuro y que en la actualidad solo es utilizada para satélites experimentales.

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

Tabla 1.2 Resumen de las frecuencias asignadas a cada banda, así como su ancho de banda.

1.6 Polarización.

Las ondas electromagnéticas y las antenas son polarizadas siempre de alguna manera. Las señales de los transpondedores angostos de banda C son transmitidas hacia el satélite con polarización vertical y retransmitidas hacia la Tierra con polarización horizontal; para los transpondedores de banda ancha ocurre lo contrario; en cuanto a los transpondedores en la banda Ku las señales suben al satélite con polarización vertical y bajan con polarización horizontal.

Otro tipo de polarización utilizada en la transmisión vía satélite es la polarización circular la cual se efectúa con el fin de evitar la superposición de canales. Esta polarización se diferencia de la polarización lineal, empleada en las señales de televisión terrestre (horizontal y vertical), en que el campo que recibe la antena avanza girando sobre su eje. Si el giro se produce en sentido de las manecillas del reloj, se denomina polarización directa o dextrógira y si se realiza en sentido contrario, indirecta o levógira.

1.7 Potencia isotrópica radiada (PIRE).

Se define la potencia isotrópica radiada como aquella que debería transmitirse si la señal radiada se propagase uniformemente en todas las direcciones para obtener un determinado nivel de señal en un punto, lo que implicaría la utilización de una antena de ganancia unitaria.

No obstante, no es necesario radiar potencia en todas direcciones desde el satélite, ya que lo que se va a cubrir es sólo una pequeña parte de la superficie terrestre.

Se tiene por definición que la ganancia de una antena es la relación entre la potencia total radiada por la antena isotrópica y la potencia total radiada por la antena para dar el mismo valor de densidad de flujo de potencia en un punto.

$$PIRE = P_o \times G_t$$

donde:

P_o = potencia del transmisor

G_t = ganancia antena transmisor

Es decir, la antena actúa como un concentrador de energía que concentra esa potencia isotrópica en un rayo muy estrecho de forma tal que los efectos de la señal sobre un punto de incidencia de la misma señal sean iguales que en el caso isotrópico. La PIRE se mide generalmente en dBW para el caso de satélites.

1.8 Estación terrena.

Una estación terrena consiste en una serie de equipos interconectados entre sí, de los cuales el más representativo es su antena parabólica. El término "estación terrena" se utiliza indistintamente para indicar a todo equipo terminal que se comunica desde la Tierra con un satélite, sin importar si está fijo en algún punto o si es una unidad móvil. En la Fig. 1.4 se muestra un diagrama a bloques de una estación terrena, pero dependiendo de su aplicación particular algunas estaciones son mucho más sencillas y carecen de uno o varios bloques indicados. Para las estaciones terrenas caseras de recepción de televisión sólo se necesita la antena (con sus respectivos bloques) y el receptor (Fig. 1.5), mientras que en algunas redes de recolección de datos, las estaciones contribuyentes emplean fundamentalmente la antena y el transmisor; por sus características de radiación, todas las estaciones terrenas que tengan antenas pequeñas no necesita sistema de rastreo, mientras que las de diámetro muy grande - como las de comunicaciones internacionales- sí lo requieren para conservar su angosto haz directivo bien apuntado hacia el satélite.

Por lo general, la misma antena se utiliza para transmitir y recibir, si es que la aplicación así lo requiere; para esto se interconectan simultáneamente los bloques de transmisión y de recepción por medio de un dispositivo de microondas llamado diplexor. Si la estación cuenta con un sistema de rastreo, la antena cuenta comúnmente -además de su propio alimentador- un sistema separado de alimentación que permite realizar el rastreo automático del satélite en combinación con varios mecanismos acoplados a ella.

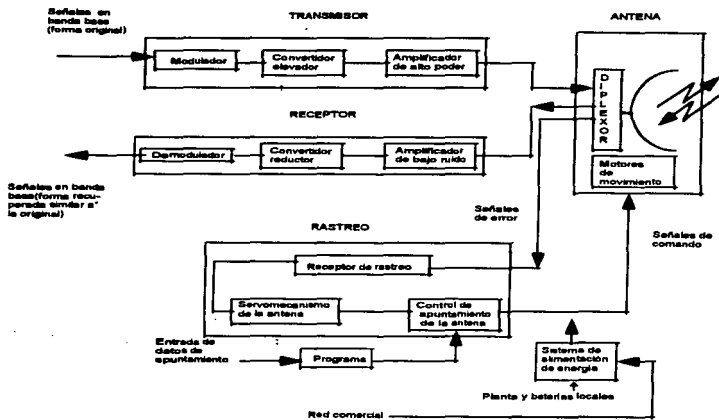


Figura I.4 Diagrama de bloques generalizado de una estación terrena.

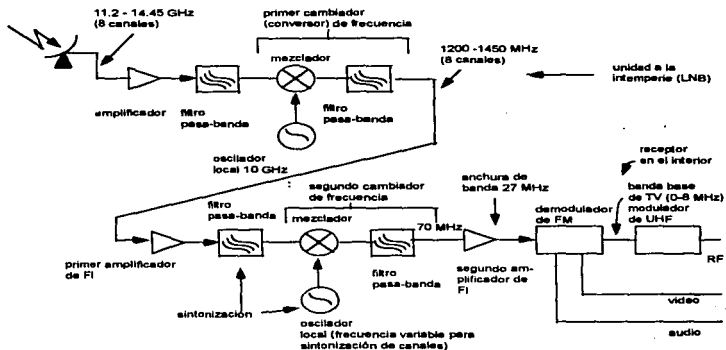


Figura 1.6 la recepción vía satélite, desde la antena parabólica hasta el televisor.

II. LA ANTENA

II.1 Características de una antena parabólica.

Una de las partes principales y más sobresalientes de una estación terrena es su antena, que como se dijo anteriormente, una sola antena puede transmitir y recibir información simultáneamente, en el caso contrario se pueden tener antenas para transmisión y para recepción independientes. En otros casos se pueden tener dos antenas con las mismas características, una para funcionar continuamente y la otra se tiene como un respaldo en caso que la primera tenga fallas en su funcionamiento.

Las características más importantes de una antena parabólica son:

Alta ganancia de transmisión y recepción.

Alta directividad y bajo nivel de interferencia.

Radiación con gran pureza de polarización.

En recepción, escasa sensibilidad al ruido térmico por radiación del suelo y pérdidas diversas.

Tipos de antenas:

Parabólica con alimentación en el punto focal.

Parabólica Cassegrain.

Parabólica Gregoriana.

Parabólica tipo offset.

Componentes:

Sistemas mecánicos: reflector principal, pedestal, mecanismo de arrastre y servosistema.

Fuentes primarias: alimentador, subreflector, acoplador de seguimiento, polarizadores, diplexores.

La antena parabólica es el primer dispositivo a través del cual se reciben las señales transmitidas por un satélite de comunicaciones. La antena parabólica está formada por la superficie volumétrica de un paraboloides de revolución y es sostenida por una base cuyo mecanismo permite moverla circularmente en dos direcciones: elevación y azimut. Gracias a estos movimientos se puede orientar a los diferentes satélites.

Las características más importantes de una antena es su ganancia y su patrón de radiación. La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar la señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibelios en relación con la potencia radiada o recibida por una antena isotrópica (dBi). Por lo tanto siempre se desea tener la mayor ganancia posible en la dirección en que vienen las señales que se quieren recibir, o en la que se va a transmitir algo, y la mínima en todas aquellas direcciones que no sean de interés; de allí que los lóbulos laterales o secundarios de radiación de la antena deben ser lo más pequeños posible, para que no capten señales indeseables provenientes de otros satélites o de sistemas terrestres de microondas, o bien para que no transmitan en direcciones no autorizadas o innecesarias.

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

En la **Tabla II.1** se enlistan las características más importantes que debe reunir una antena de una estación terrena.

Desempeño eléctrico	Frecuencia (ancho de banda) Ganancia Ruido debido a la temperatura Patrón de radiación Polarización Radio axial aislamiento puerto a puerto emisiones fuera de banda
Desempeño mecánico	Viaje angular Manejo en aceleración y velocidad Posicionamiento y ajuste exacto
Condiciones	Compatibilidad con el medio ambiente Superficie reflectora adecuada Dimensiones físicas Peso
Consideraciones del sistema	Operación remota y/o local Manejabilidad y accesibilidad Tiempo de vida del diseño Condiciones de interconexión con otros sistemas

Tabla II.1 Consideraciones generales para el diseño de una antena para estación terrena.

II.2 Tamaño de la antena de la estación terrestre.

La frecuencia portadora, la longitud de onda y la separación entre satélites, junto con la potencia de la señal, determinan el diámetro necesario de la antena en la estación terrestre. Suponiendo que la separación entre satélites fuera la mínima permitida, la antena de la estación terrestre tendría que ser al menos 100 longitudes de onda de diámetro. Como consecuencia, manteniendo la misma anchura de la radiación, cuanto mayor sea la frecuencia portadora, menor será la longitud de onda, y el diámetro de la antena admisible será mejor. Por ejemplo, una portadora de un enlace ascendente de 6GHz tiene una longitud de onda de 5 centímetros. Como consecuencia, la antena debería ser de unos 5 metros de diámetro. Si se cambia la frecuencia portadora a unos 15 GHz, con una longitud de onda de 2 centímetros, se podría utilizar una antena de 2 metros de diámetro. Aumentando la frecuencia por encima de 30GHz, se podría reducir el diámetro a 1 metro aproximadamente.

11.3 Ganancia de una antena parabólica.

La ganancia de una antena tiene siempre un valor definido en cualquier dirección a su alrededor, pero por convención se acostumbra asociarla a la dirección máxima de radiación, que es el eje del lóbulo principal de su patrón de radiación (Fig. 11.1); su valor depende de varios factores, entre ellos el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentador con que es iluminada, así como la posición y orientación geométrica del mismo. Cuanto mayor sea el diámetro de una antena parabólica, mayor será su ganancia, su haz o lóbulo principal de radiación es más angosto, y los lóbulos secundarios se reducen; así mismo, si su diámetro se conserva fijo, el mismo efecto anterior se obtiene mientras mayor sea la frecuencia de operación.

La ganancia de una antena parabólica se calcula de la manera siguiente:

$$G = (\pi^2 \times D \times F) / (300 \times n^2)$$

donde:

G = ganancia de potencia

$\pi = 3.1415927$

D = diámetro de la parábola en metros

F = frecuencia de recepción (MHz)

n = eficiencia

Para calcular la ganancia se debe tomar en cuenta la frecuencia central. Las ganancias obtenidas de estos cálculos son en potencia, por lo que si deseamos saber la ganancia en decibeles se debe realizar la siguiente operación:

$$G = 10 \log G \text{ (dB)}$$

Por otra parte, es importante señalar que la ganancia de una antena parabólica varía con la frecuencia. Así pues, cuanto más disminuye la frecuencia de trabajo, menor es la ganancia en dB; cuanto más aumenta la frecuencia, mayor es la ganancia en dB.

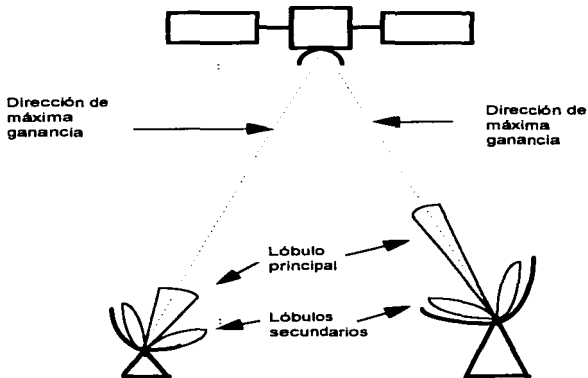


Figura II.1 Patrón de radiación de la antena parabólica de dos estaciones terrestres, una pequeña y una grande.

II.4 La eficiencia de una antena parabólica.

Desafortunadamente la eficiencia real de una antena parabólica no se puede calcular con una fórmula matemática, ya que los parámetros que influyen negativamente para este cálculo son demasiados. Por ejemplo, una curvatura parabólica imperfecta, una colocación equivocada del LNA, superficies irregulares, entre otros. Por consiguiente, la ganancia real de una antena sólo se puede averiguar con un analizador de espectro que cubra la siguiente gama de frecuencias (Tabla II.2).

Diámetro en metros	ganancia 11 GHz	12 GHz	ganancia 4 GHz	ganancia 1.7 GHz
1.00	39		30.0	23.0
1.20	41		31.8	24.5
1.50	43		33.8	26.3
1.80	44		35.4	27.9
2.00	45		36.2	28.8
2.50	47		38.2	30.7

Tabla II.2 Relación entre el diámetro y la ganancia de una antena parabólica.

Generalmente, se considera aceptable una parábola cuando su eficiencia no queda por debajo de un 55%, excelente cuando alcanza un máximo del 60% e ideal si se consigue alcanzar un rendimiento del 65% o 70% en antenas de alta calidad.

Las antenas de alimentador desplazado pueden llegar a un 80% de eficiencia. Por que no hay estructura que obstaculice la energía entre la señal y el reflector.

II.5 Antena de alimentación frontal.

En este tipo de antena (Fig. II.2), el eje del alimentador o cometa coincide con el eje de la antena, y la apertura por la que radia está orientada hacia el suelo; esto último presenta el inconveniente de que la energía radiada por el alimentador que se desperdicia por desborde, se refleja parcialmente al tocar el suelo y puede degradar la calidad de la señal transmitida. Asimismo, si la antena está recibiendo del satélite, los rayos que incidan sobre el piso cerca de la antena se reflejan hacia el alimentador, y pueden causar una degradación en la calidad de la señal recibida al sumarse fuera de fase con los rayos directos que son reflejados por el plato parabólico. El desborde de la radiación del alimentador se puede reducir si se aumenta el diámetro de la antena o si se utiliza un alimentador de mayor directividad, pero esto puede convertir a la antena en demasiado voluminosa, o bien el alimentador y su estructura de soporte bloquean más el paso de las señales con la consecuente degradación de las mismas.

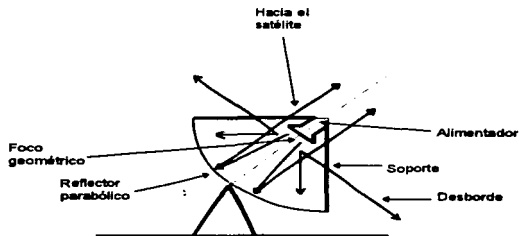


Figura II.2 Antena de foco primario o de alimentación frontal.

A pesar de tales desventajas, incluyendo la de el montaje del equipo electrónico inmediatamente atrás del alimentador, esta antena resulta fácil y económica de construir, y para ciertos fines su operación es satisfactoria, por lo que -por ejemplo- se usa casi universalmente en las estaciones caseras receptoras de televisión, donde la calidad de recepción de la señal es suficiente puesto que se consume localmente y no es necesario que pase por etapas adicionales de procesamiento, como sí ocurre en telefonía multicanal o distribución de televisión.

II.6 Antena parabólica con alimentación descentrada o tipo offset.

Este tipo de antena se utilizó inicialmente en pequeñas antenas en aplicaciones VSAT, la antena puede ser usada con un sólo reflector o varios reflectores con dos reflectores es más común que con múltiples reflectores.

El bloque del alimentador, el equipo electrónico y la estructura de soporte se puede eliminar si se utiliza una antena parabólica con alimentación descentrada (Fig.II.3). En este caso, sólo se emplea una sección del plato parabólico y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella; es decir, los ejes de la corneta (alimentador) y el paraboloides no coinciden, de allí el nombre de alimentación descentrada. Sin embargo, la construcción de toda la estructura reflectora y de soporte es más costosa que la de alimentación frontal, además de que no se resuelve el problema de desborde por orillas de la superficie parabólica. De cualquier forma, este tipo de antena se utiliza en varias estaciones receptoras y transmisoras de televisión, telefonía y datos.

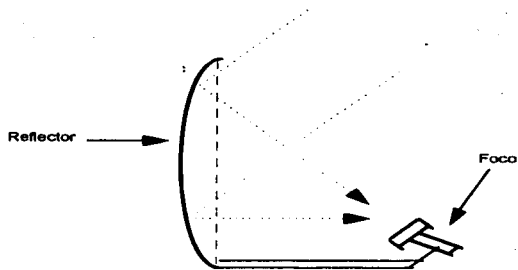


Figura II.3 Antena de foco descentrado de tipo offset.

II.7 La antena Cassegrain.

La antena Cassegrain (Fig.II.4) es mucho más eficiente que cualquiera de los dos tipos ya descritos y su ganancia es mayor, pero su precio es muy elevado. Se utiliza en la mayor parte de las estaciones terrenas transmisoras y receptoras de televisión, así como en todas las que transmiten y reciben cantidades muy grandes de telefonía y datos, incluyéndose en ellas desde las pequeñas antenas de las empresas hasta las medianas y grandes usadas en el servicio público doméstico e internacional. Su configuración geométrica involucra a un segundo reflector con superficie hiperbólica, llamado "subreflector", y el alimentador o cometa ya no tiene su apertura orientada hacia el piso, sino hacia arriba, por lo que el ruido que se introduce en las señales ya no es generado por reflexiones en la Tierra sino principalmente por emisiones de la atmósfera (emisiones que también están presentes en cualquier tipo de antena). Los ejes

de la parábola, el alimentador y la hipérbola coinciden, y el diseño es equivalente a tener una antena imaginaria menos cóncava y con un alimentador más alejado de su vértice; de esta forma, la parábola equivalente (o sea, en realidad la Cassegrain) captura mejor la energía radiada por la cometa y el desborde se reduce considerablemente. Además, con el diseño Cassegrain se tiene la ventaja de que el equipo electrónico se puede colocar sin problemas en una pequeña cabina inmediatamente atrás del alimentador y sin importar mucho su peso y dimensiones, reduciéndose así todo tipo de pérdidas por cableado.

En el caso de las estaciones más grandes se tiene la opción de emplear la configuración Cassegrain con alimentador periscópico (Fig.II.5). Este tipo de antena tiene un ancho de banda de frecuencias de operación mayor que la Cassegrain común, permite colocar el alimentador y a todo el equipo electrónico asociado en una construcción que, además de protegerlos de las condiciones ambientales, los pone al alcance del personal de mantenimiento, y adicionalmente el equipo es independiente de cualquier movimiento que la antena haga en elevación o azimut. La conducción de las señales desde el alimentador hasta los reflectores parabólicos e hiperbólicos se realiza por medio de un haz que se refleja en los cuatro reflectores internos del sistema. De éstos reflectores, dos son coaxiales con el eje de elevación de la antena (es decir, que sus ejes son paralelos y además se superponen) y los otros dos lo son con el eje de azimut; cada espejo o reflector produce una reflexión de 90° de los rayos de la señal, y normalmente se utilizan dos planos elípticos o parabólicos. El efecto total es como si el alimentador se alargase hasta el vértice de la parábola, como si fuera un periscopio imaginario.

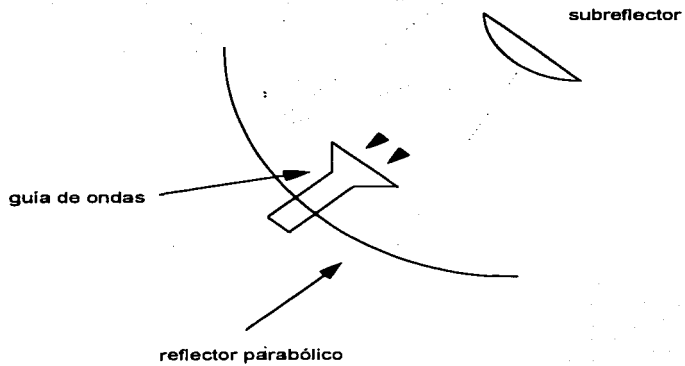


Figura II.4 Antena Cassegrain.

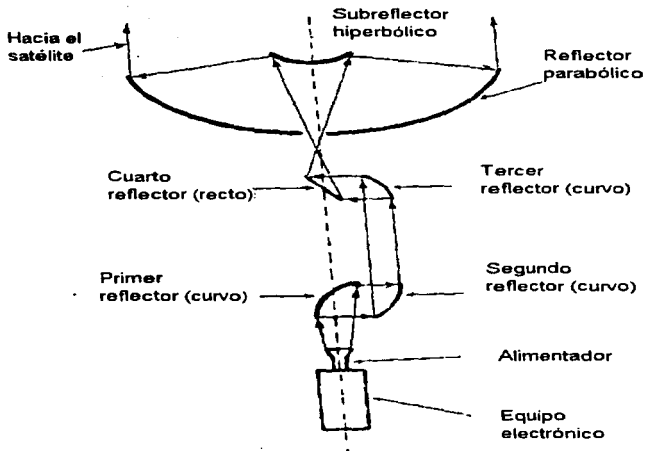


Figura II.5 Antena Cassegrain con alimentador periscópico (modo transmisión).

II.5 Otros tipos de antenas.

Además de los tipos de antenas ya mencionados, existen varios otros que también son empleados en ciertas aplicaciones, aunque en realidad son muy pocas. Por ejemplo, la antena toroidal es un reflector que en su plano vertical tiene una curvatura parabólica, mientras que en el plano horizontal la curvatura es circular; presenta la ventaja de que puede recibir

simultáneamente las señales provenientes de vanos satélites situados en una sección del arco geostacionario sin necesidad de moverla, y sus dimensiones son relativamente pequeñas del orden de 10 metros de diámetro. Asimismo, se puede utilizar una antena Cassegrain con alimentador descentrado para eliminar el bloqueo del subreflector hiperbólico, o bien las nuevas antenas planas con control de fase que pronto tendrán su aplicación principal en las estaciones de vehículos terrestres. De cualquier forma, las antenas parabólicas de alimentación frontal y Cassegrain son las más aceptadas en la actualidad, tanto en banda C como en banda Ku, y al parecer así seguirá ocurriendo en los próximos años.

II.9 Partes principales de una antena parabólica.

Las antenas parabólicas en general están constituidas básicamente por dos sistemas: el sistema mecánico y el sistema electrónico.

a). Sistema mecánico:

- Base fija de la antena.
- Tubo de elevación.
- Disco de azimut.
- Pétalos con soporte.
- Pétalos sencillos.
- Base del alimentador.

b). Sistema electrónico:

- Alimentador.
- Amplificador de bajo ruido (LNA).
- Convertidor de bajada.
- Receptor.
- Cables.

Elementos mecánicos.

Base fija de la antena.

Esta es la que soporta todo el peso de la estructura de la antena, es el primer elemento a colocar y se debe tener muy en cuenta su rigidez estructural y el sistema de apuntamiento.

Tubo de elevación.

Este elemento es el que permite que la antena gire hacia arriba o hacia abajo para poder orientarla con el ángulo de elevación correcto. La orientación en elevación se realiza mediante un sistema telescópico de elevación complementado con un ajuste fino de orientación mediante varilla roscada y tuercas de fijación.

Disco de azimut.

Este disco permite que la antena gire horizontalmente, para darle el ángulo de azimut adecuado. La orientación en azimut se realiza girando la estructura hacia un punto de fijación. El ajuste fino se realiza mediante varillas roscadas de fijación y orientación, ubicadas en el aro y estructura soporte del disco parabólico.

Pétalos con soporte y pétalos sencillos.

El plato parabólico está formado por pétalos iguales; dos de ellos llamados pétalos con soporte, estos poseen un soporte que los une al tubo de elevación, mientras que los pétalos sencillos son los que completan el plato.

Base del alimentador.

Esta pieza sirve para sostener a uno de los dispositivos que forman parte del equipo electrónico, llamado alimentador, mismo que debe estar colocado en el foco del paraboloide, que es el punto imaginario donde se va a concentrar la energía captada por la antena proveniente del satélite.

Elementos electrónicos.

Alimentador o guía de onda.

Una vez que las ondas electromagnéticas son reflejadas y concentradas en el foco de la parábola, estas son conducidas hacia el siguiente elemento electrónico por medio de el alimentador o guía de onda.

Un alimentador comúnmente tiene en su interior una pequeña antena que se mueve en dos direcciones: vertical y horizontal. Su movimiento es controlado desde el receptor y este se realiza con el fin de captar señales que vengan ya sea en polarización vertical u horizontal.

Amplificador de bajo ruido(LNA).

Este dispositivo es el que se encarga de amplificar la señal que ha sido entregada por el alimentador ya que la señal que llega desde el alimentador es aún muy débil para poder procesarla después de su largo viaje desde el satélite. Este dispositivo va directamente acoplado al alimentador.

Un factor muy importante a tratar en este tipo de dispositivos es su capacidad para eliminar su propio ruido(generado internamente por sus circuitos); tal capacidad es indicada por el parámetro llamado "temperatura de ruido", medida en grados Kelvin. Entre menor grado de temperatura de ruido tenga un LNA en su frecuencia de operación, mejor será su calidad de amplificación y por consiguiente mayor su precio.

Convertidor de bajada.

La función de este bloque es bajar la frecuencia de la señal a una frecuencia de 70MHz conocida como "frecuencia intermedia", además de realizar otra etapa de amplificación. El convertidor de bajada entrega una señal por medio de un cable coaxial que va hacia el receptor.

II.10 El transmisor.

El equipo transmisor consiste básicamente en tres módulos o bloques: modulador, convertidor elevador y amplificador de alta potencia.

Una vez generada la señal, se necesita radiar eficientemente a través del aire, y poder llegar hasta el satélite con la mínima cantidad de pérdidas, para lo cual se tiene que seguir un proceso para enviarla y después recuperarla.

El modulador.

Combina la forma de la señal original con la señal portadora, modificando el ancho de banda de frecuencias y la posición de la información dentro del espectro radioeléctrico, la cual es transferida a frecuencias más altas; este paso de la señal modulada a "frecuencia intermedia" es el primero en su ascenso de conversión a microondas. La frecuencia intermedia no resulta adecuada todavía para radiarla a través del aire, por lo que se hace necesario subirla más en frecuencia.

Convertidor elevador.

En este bloque la señal que se encontraba en frecuencia intermedia (la cual puede tener una frecuencia central de 70 MHz, 140 MHz, 1 GHz o más), es transferida a otra posición dentro del espectro radioeléctrico en donde las frecuencias son mucho más altas, pudiendo alcanzar los 6 o 14 GHz.

Después de este proceso la señal ya se encuentra con la frecuencia apropiada para ser radiada hacia el satélite, pero antes se necesita amplificar antes de ser integrada a la antena transmisora.

Amplificador de alta potencia.

Los hay de dos tipos: el tubo de ondas progresivas (TOP) y el Klistrón.

Tubo de ondas progresivas.

Es un amplificador de microondas de ancho de banda muy grande, el cual abarca todas las frecuencias utilizables del satélite (500 MHz o más), por lo que puede amplificar simultáneamente señales dirigidas a distintos transpondedores. Cuando se amplifican simultáneamente muchas señales distintas es necesario operar el amplificador en un nivel de potencia bajo para evitar el ruido de intermodulación.

Kilstrón.

Es un amplificador de banda estrecha, puede manejar uno o dos canales de televisión, varios cientos de canales telefónicos o algunos canales de datos de muy alta velocidad de transmisión. Cuando una estación terrena tiene varios kilstrones y desea transmitir toda la información procedente de ellos a través de una misma antena, se necesita usar un combinador de señales, con lo cual también se corre el riesgo de que se produzcan interferencias, además de que cuando es necesario cambiar de transpondedor en el satélite, es preciso volver a sintonizar al kilstrón correspondiente.

Un canal telefónico consume aproximadamente 1 watt de potencia, mientras que uno de televisión emplea 1 kw. Las estaciones terrenas que sólo transmiten algunos canales telefónicos o datos de baja velocidad, no necesitan amplificadores de alta potencia como los tubos de ondas progresivas o los kilstrones. Debido a la ganancia de su antena parabólica y a que el tráfico que transmiten es muy bajo ocupando poco ancho de banda, estas estaciones utilizan amplificadores de baja potencia (LPA).

Cualquiera que sea el tipo de amplificadores que se utilice deberá tener la capacidad de mantener sus componentes a una temperatura lo más baja posible ya que con esto aumenta la eficiencia del dispositivo.

Existe un filtro pasa-banda entre las etapas de modulación y de elevación de frecuencia, el cual permite limitar el ancho de banda de la señal modulada, eliminando el nivel de las componentes de frecuencia indeseables para que el convertidor elevador opere con mayor eficiencia. Cuando el nivel de potencia a la salida del convertidor elevador es bajo en comparación con el que debe aplicarse a la entrada del amplificador de potencia para que este funcione correctamente, es necesario añadir un amplificador excitador entre el convertidor de

frecuencia y el amplificador de potencia, como una etapa de amplificación a niveles de potencia intermedia; este amplificador excitador es conocido como preamplificador.

II.11 El receptor.

Una vez que el satélite ha retransmitido la señal entregada por la estación terrena hacia la Tierra, la señal que llega es muy débil por lo que al llegar a la antena receptora se tiene que amplificar y no sólo eso sino que se separa la información que se necesita y la demás se filtra para desecharla. La estación receptora recibe en forma simultánea todas las señales enviadas por el satélite con características de polarización y de banda de frecuencias dentro de un ancho de banda de 500 MHz. A continuación se mencionan los principales bloques de una estación receptora.

Amplificador-convertidor de bajo ruido.

También conocido como LNB. Su misión consiste en amplificar y convertir la señal del enlace descendente a otra frecuencia, unas diez veces menor, llamada frecuencia intermedia (FI).

Debe ser una unidad con nivel de ruido muy bajo, así como con una ganancia muy alta, debido a que la señal con la cual va a trabajar procedente del satélite es muy débil. Por lo tanto, esta es la etapa más delicada del conjunto.

Las partes principales del LNB son:

- _ Un filtro pasabanda (10.9 - 11.7 GHz), el cual selecciona la banda de frecuencias del satélite.
- _ Un preamplificador de bajo ruido. El cual muchas veces consta de 2 o 3 etapas y va a aumentar el nivel de señal captado por la antena.
- _ Un filtro de rechazo de frecuencia de imagen.
- _ Un mezclador, del que se obtiene la frecuencia intermedia.
- _ Un oscilador local a 10 GHz que alimenta al mezclador.
- _ Un filtro pasabanda para la frecuencia intermedia.

La calidad de los semiconductores que componen los circuitos anteriores determinarán el bajo nivel de ruido que tiene que existir en esta etapa.

Las principales características que componen esta unidad son:

Factor de ruido: Si un semiconductor introduce ruido en el equipo, se observa que este es directamente proporcional a la temperatura física del conductor.

Ganancia: La ganancia de esta unidad debe estar comprendida entre 48 y 57 dB, y está en relación con el nivel de señal recibida.

Alimentación: La alimentación está comprendida entre 15 y 20 V con un consumo máximo entre 200 y 300 mA, y se realiza a través de cable coaxial de FI.

En muchas estaciones terrenas el amplificador de bajo ruido (LNA), está separado de la unidad del convertidor reductor de frecuencias sin contar con los filtros intermedios. La señal de salida del amplificador contiene toda la información transmitida por el satélite dentro de un ancho de banda de 500 MHz. El convertidor reductor transfiere toda esa información a una región más baja del espectro radioeléctrico, centrándola en una frecuencia intermedia (FI) de

recepción. Esta señal de frecuencia intermedia que sale del convertidor reductor continúa modulada por lo que será necesario su demodulación para recuperarla en su forma original.

Demodulación.

La demodulación consiste en la recuperación de la señal de banda base en su forma original, la cual tiene la información deseada, la señal que se recupera no es exactamente igual a la original debido a algunas distorsiones que sufre durante todo el proceso de transmisión y recepción.

El grado de distorsión que se produce depende del tipo de modulación, del nivel de potencia transmitida, así como de la ganancia de las antenas. Se han establecido normas para saber cuanto ruido es permisible en presencia de cada tipo de señal sin que sea digno de tomarse en cuenta, si el cociente de la potencia de la señal deseada dividida entre la potencia del ruido presente es mayor de un valor dado estándar, entonces el sistema es apto. A este cociente se le llama Relación Señal a Ruido representado como S/N y es la medida de la calidad de la señal recibida.

La tarea del demodulador o también conocido como detector es la recuperación de los bits de información a partir de la señal recibida y con el menor grado de error posible a pesar de las distorsiones a que dicha señal haya sido sujeta, es decir que en la demodulación se realiza la extracción o la acción de remover la señal portadora, obteniendo finalmente la información digital.

III ORIENTACION DE LA ANTENA PARABOLICA

III.1 La importancia de una correcta orientación de la antena.

Para que podamos recibir o enviar la información en un enlace satelital se necesita que la antena esté correctamente orientada hacia el satélite de interés, para lo cual la antena se coloca de tal manera que ésta apunte hacia el punto correcto. Para dicha orientación es necesario calcular tanto el ángulo de azimut, así como el ángulo de elevación; los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación -en latitud y en longitud- y de la ubicación en longitud del satélite. Tomando como referencia al eje de simetría del plato parabólico, que coincide con su eje de máxima radiación, el ángulo de elevación es aquél formado entre el piso y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite, por su parte, el ángulo de azimut es la cantidad en grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj -con relación al norte geográfico de la Tierra- para que ese mismo eje de simetría -prolongado imaginariamente- pase por la posición en longitud del satélite.

Cuando se requiere cambiar la orientación de la antena de un satélite a otro, es necesario variar -mediante algún mecanismo- sus ángulos de elevación y azimut; además, aunque se mantenga siempre en comunicación con el mismo satélite -y dependiendo de la aplicación de la estación terrena-, también es necesario efectuar con frecuencia correcciones pequeñas en ambos ángulos ya que cualquier satélite geoestacionario no es realmente fijo y tiende a salirse poco a poco de su posición orbital, además de los factores que actúan sobre la antena como son los vientos, las lluvias y el propio peso de la antena que tiende a que ésta pierda su orientación original.

La posición de un satélite esta indicada en grados ya sea hacia el Este o hacia el Oeste, tomando como referencia el meridiano de Wreenwich.

Los desplazamientos del satélite y el tipo de estación terrena -fija o móvil-, así como su posición geográfica, sus aplicaciones y las necesidades que se tengan para pruebas y mantenimiento frecuentes, determinan la estructura del montaje que la antena debe tener, ya sea de elevación-azimut, X-Y o ecuatorial; de estos, el que más se utiliza es el primero, el segundo algunas veces y el tercero casi nunca. Todos tienen dos ejes para realizar los movimientos de orientación de la antena; uno es fijo con relación al piso (es decir, que la alineación del eje no cambia, pero por supuesto gira para orientar a las antenas adecuadamente) y se denomina primario, y el otro (secundario) es móvil con referencia al primer eje.

III.2 Montaje elevación-azimut.

En este tipo de montaje (Fig. III.1) la antena tiene su eje primario fijo en la dirección vertical, y al girar alrededor de él se efectúan los cambios del ángulo de azimut, su eje secundario es horizontal y con él se orienta la antena en elevación. Este tipo de montaje tiene la ventaja de que sólo el giro en elevación puede producir deformaciones en la geometría de la antena debidas a su peso. Por esta razón se utiliza la mayor parte de las antenas que deben conservar una buena precisión geométrica en la superficie de su reflector y en el apuntamiento del haz principal de radiación, por ejemplo, las estaciones internacionales Intelsat A -cuyo diámetro es normalmente de 30 metros- y también muchísimas estaciones domésticas de menor diámetro sin embargo, cuando una estación está cerca del Ecuador y necesita funcionar con un sistema de rastreo automático, el montaje elevación-azimut dificulta las maniobras de orientación y es preferible emplear un montaje X-Y.

El ángulo de azimut (Fig.III.2) es la cantidad en grados que hay que girar la antena con relación al norte geográfico de la Tierra para que ese mismo eje de simetría pase por la posición en longitud del satélite; el azimut indica la orientación de la antena hacia el Este o

hacia el Oeste, mientras que el ángulo de elevación (Fig.III.3) es el ángulo formado entre el piso y el eje de simetría del plato parabólico.

En la figura III.2 se muestran tres orientaciones distintas del plato parabólico; las flechas indican la dirección de máxima radiación para cada caso.

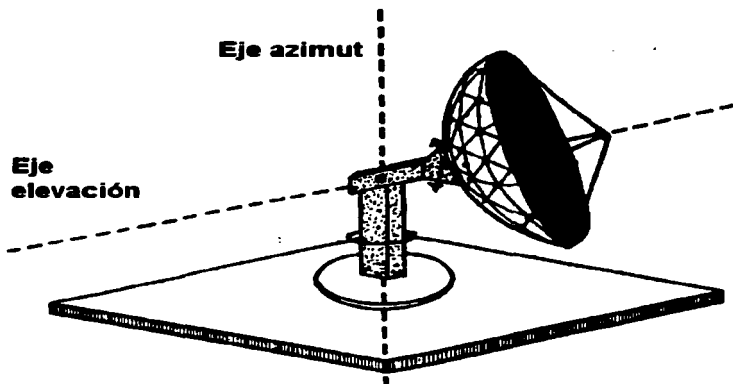


Figura III.1 Montaje elevación-azimut.

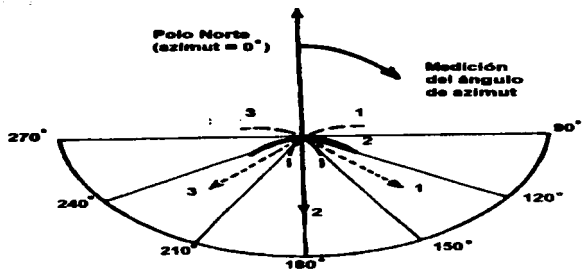


Figura III.2 Definición del ángulo de azimut de la antena de una estación terrena.

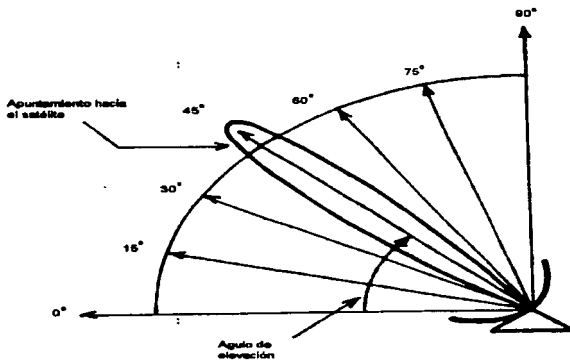


Figura III.3 Definición del ángulo de elevación de la antena de una estación terrena.

III.2 El montaje X-Y

El montaje X-Y (Fig.III.4) tiene su eje primario colocado horizontalmente, y el eje secundario es perpendicular a él. La configuración es práctica para rastrear con facilidad a un satélite cuando éste pasa por el cenit -o sea, directamente arriba de la estación, en la zona ecuatorial-, puesto que se evita hacer desplazamientos de la antena tan rápidos como los que si se necesita hacer con el montaje elevación-azimut; pero resulta inadecuada para rastrear satélites cerca del horizonte. En general el montaje X-Y es más apropiado para las antenas que se comunican con satélites de órbita baja (satélites situados a alturas aproximadas de 700 a 1000 km sobre el nivel del mar, completan varias vueltas alrededor de la Tierra en un día), que con satélites geoestacionarios.

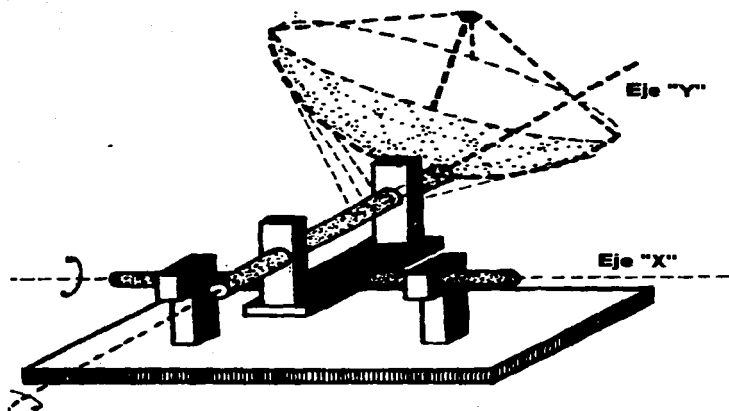


Figura III.4 Montaje X-Y.

III.3 Montaje ecuatorial o polar.

Por lo que respecta a este tipo de montaje (Fig.III.5), su eje primario (horario) es paralelo al eje de rotación de la Tierra, y el secundario es un eje perpendicular de declinación; como el eje primario es paralelo al eje polar de la Tierra, a este montaje también se la llama polar. Normalmente este tipo de montaje no se utiliza para estaciones terrenas de comunicaciones, sin embargo, es posible que en el futuro se emplee en mayor grado en estaciones con antenas pequeñas o medianas localizadas en latitudes intermedias, considerando que sus haces de radiación son relativamente anchos y que pueden orientarse hacia distintos satélites con un sólo movimiento alrededor de un eje, sin importar los muy pequeños cambios asociados en la declinación.

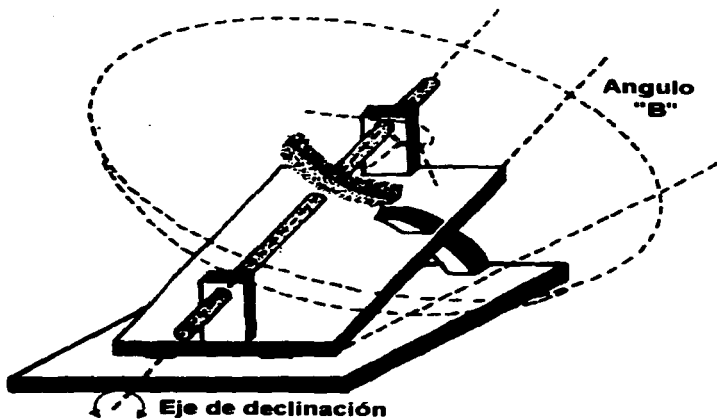


Figura III.5 Montaje ecuatorial o polar.

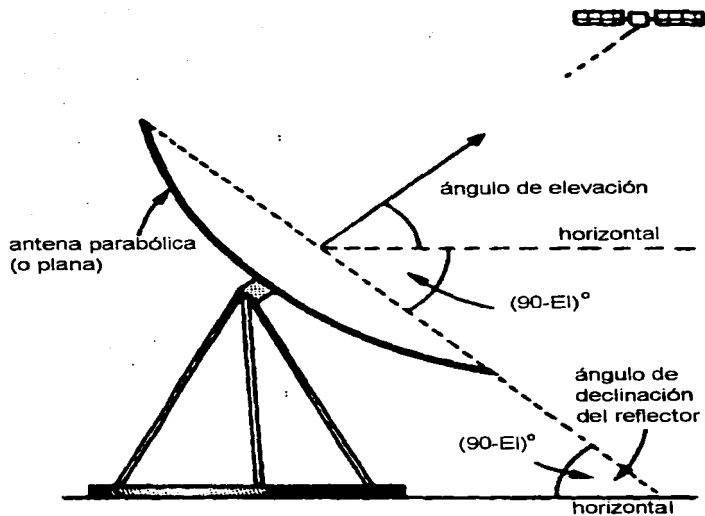


Figura III.5 Ángulos a considerar para un montaje polar.

Para realizar los ajustes de orientación se emplean mecanismos de engranajes y gatos de tornillo, y las fuerzas motrices asociadas se generan por medio de motores. Independientemente del tipo de montaje que se utilice, es preciso indicar que no sólo sirve para conservar la orientación de la antena hacia el satélite, sino que también es la estructura que la soporta. En consecuencia, el montaje debe ser rígido, y con mayor razón a frecuencias altas como la Ku, en donde los haces de radiación de las antenas son más angostos y el apuntamiento correcto se vuelve más importante; aun expuesto a la lluvia o a fuertes vientos, dicho montaje debe ser capaz de soportar a la antena bien orientada hacia el satélite, pues - dependiendo de su tamaño- incluso pequeños movimientos de uno o dos centímetros pueden degradar mucho la calidad de la señal.

Finalmente en las siguientes tablas se enlistan los satélites más importantes que transmiten señales de TV en banda C, Ku, e híbridos visibles desde el Continente Americano.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Nombre del satélite	Posición longitud oeste (en grados)
SATCOM C5	139.0
SATCOM C1	137.0
SATCOM C4	135.0
GALAXY 1R	133.0
SATCOM C3	131.0
GALAXY 5	125.0
TELSTAR 303	123.0
GALAXY 3	93.5
TELSTAR 302	85.0
COMSTAR D4	78.0
GALAXY 2R	74.0
SATCOM F2R	72.0

Tabla III.1 Satélites geoestacionarios que transmiten en banda C disponibles en el Continente Americano.

Nombre del satélite	Posición longitud oeste (en grados)
GSTAR 2	126.0
SBS 5	123.0
ANIK C3	114.9
GSTAR 4	105.0
GSTAR 1	103.0
SBS 8	95.0
GSTAR 3	93.0
SATCOM K1	85.0
SATCOM K2	81.0
SBS 4	77.0
SBS 3	74.0
SBS 2	71.0

Tabla III.2 Satélites geoestacionarios que transmiten en banda Ku disponibles en el Continente Americano.

Nombre del satélite	Posición longitud oeste (en grados)
ASC 1	128.0
MORELOS 2	116.8
SOLIDARIDAD F2	113.5
ANIK E1	111.1
SOLIDARIDAD F1	109.2
ANIK E2	107.3
SPACENET 4	101.0
GALAXY 4	99.0
TELSTAR 401	97.0
GALAXY 7	91.0
TELSTAR 402	89.0
SPACENET 3	87.0
SPACENET 2	69.0

Tabla III.3 Satélites híbridos (C/Ku) disponibles en el Continente Americano.

Nota: Los datos contenidos en las tablas anteriores fueron obtenidos de "Keystone Communications Corporation" de Marzo de 1994.

CONCLUSIONES

Los sistemas de comunicaciones siguen siendo en la actualidad una herramienta muy útil para el intercambio de información entre distintos lugares, aún con el desarrollo de la fibra óptica, las comunicaciones vía satélite siguen en pleno desarrollo, su utilización en redes (VSAT) en las cuales se manejan principalmente datos o lo que actualmente es la televisión digital y lo que posteriormente será la telefonía celular sin dejar a un lado su utilización que se la ha dado desde sus inicios como lo es en telefonía y televisión.

Algo que debe tomarse muy en cuenta para que este sistema siga vigente es el abatimiento de costos en cuanto a la construcción de nuevos satélites y tiempo de vida de los mismos, así como la construcción de estaciones terrenas más pequeñas y con elementos más eficientes para lograr tener un intercambio de información más confiable y con la menor cantidad de pérdidas.

El anterior trabajo fue desarrollado con el fin de dar una iniciación al conocimiento de la estructura de un sistema de comunicaciones por satélite, mencionando los aspectos más importantes a considerar en cuanto a la estructura del satélite y los elementos que componen tanto a la estación transmisora como la receptora.

GLOSARIO

DECIBEL: Relación o razón entre dos niveles de potencia existentes en dos puntos.

PIRE (POTENCIA ISOTROPICA RADIADA): Es una medida de la potencia que el satélite pone en el espacio. Se define como aquella que debería transmitirse si la señal radiada se propagase uniformemente en todas direcciones para obtener un determinado nivel de señal en un punto, lo que implicaría la utilización de una antena de ganancia unitaria.

DIPLEXOR: Dispositivo que realiza el cambio de los bloques de transmisión a recepción y viceversa.

FI: Frecuencia intermedia.

ANGULO DE AZIMUT: Es el ángulo que indica la orientación de la antena hacia el Este o hacia el Oeste, tomando como referencia el meridiano de Greenwich.

ANGULO DE ELEVACIÓN: Es el ángulo que indica la orientación de la antena hacia el Norte o hacia el Sur, tomando como referencia el eje ecuatorial.

LNA: Amplificador de bajo ruido.

LNB: Bloque de bajo nivel de ruido.

LPA: Amplificador de baja potencia.

TRANSPONDEDOR: Trayectoria que sigue la señal en el satélite pasando por los diferentes equipos desde su entrada hasta su salida del mismo.

BIBLIOGRAFIA

1. Rodolfo Neri Vela. Satélites de Comunicaciones. Mc Graw Hill

2. Freeman. Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones. LIMUSA.

3. Ing. Ángel Galindo Arellano. Introducción a las Comunicaciones Vía Satélite. Telecomunicaciones de México Dirección Técnica Subdirección y Desarrollo. Julio 1984.

4. James H. Cook, Jr. Satellite Earth Stations. Scientific - Atlanta, Inc., Atlanta, Georgia.