



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**“COMUNICACIONES.
TECNOLOGÍA DE ESTACIONES TERRENAS”**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :

FERNANDO SANCHEZ QUIJADA

ASESOR: ING. JUAN GONZÁLEZ VEGA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO, 2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

PAGINACION DISCONTINUA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN. Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

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.

"Tecnología de Estaciones Terrenas".

que presenta el pasante: Fernando Sánchez Quijada

con número de cuenta: 8609812-4 para obtener el título de
Ingeniero Mecánico Electricista

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

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 23 de Octubre de 2002

MODULO	PROFESOR	FIRMA
1	Ing. Juan González Vega	
2	Ing. Vicente Mañana González	
3	Ing. Jorge Ramírez Rodríguez	

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Gracias por la oportunidad de obtener una carrera profesional. Con profundo respeto y admiración, los quiero.

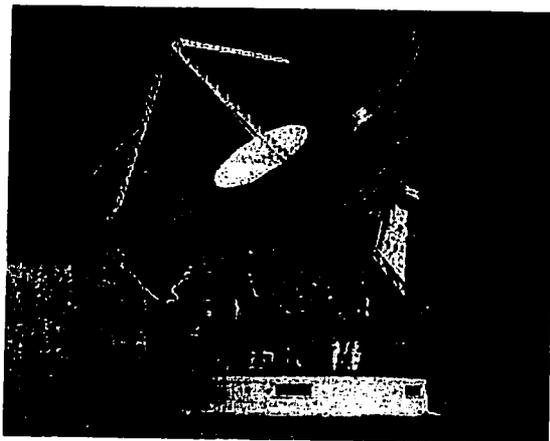
A MI ESPOSA:

Porque, juntos tenemos que seguir creciendo. Te amo.

A MI HIJO:

Porque se tiene que predicar con el ejemplo.

TECNOLOGÍA DE ESTACIONES TERRENAS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE

INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO I.- ANTECEDENTES	
1.1 Historia de la Comunicación por Satélite	1
1.2 Estaciones Terrenas	6
CAPÍTULO II SISTEMA DE ANTENA	
2.1 Teoría de Antenas	8
a) Ganancia	8
b) Directividad	10
c) Características de los lóbulos laterales	10
2.2 Clasificación de Antenas	12
a) Alimentación Frontal	13
b) Alimentación descentrada	13
c) Antena Cassegrain	14
d) Antena reflectora de bocina	17
e) Antena Cssegrain alimentada por el reflector de bocina	17
f) Antena Cassegrain alimentada por reflector de bocina plegada	19
g) Antena Cassegrain alimentada por dos reflectores	19

h) Antena Cassegrain alimentada por cuatro reflectores	19
2.3 Orientación en elevación y azimuth	21
2.4 Tipos de Montaje	22
a) Montaje Azimuth-Elevación	23
b) Montaje X-Y	24
c) Montaje Polar	24
2.5 Seguimiento (Tracking)	26
1) Rastreo Preprogramado	26
2) Rastreo Autotrack	27
a) Autotrack por pasos	
b) Autotrack monoimpulso	

CAPITULO III SISTEMA DE TRANSMISION

3.1 El modulador	29
3.2 El convertidor Elevador	30
3.3 Amplificador de Alta Potencia	30
3.3.1 Configuración del Transmisor	31
3.3.2 Amplificador TWT	33
3.3.3 Amplificador Klystron	34
3.4 Amplificador de Baja Potencia	34
3.5 Redundancia	35

CAPITULO IV SISTEMA DE RECEPCIÓN

4.1 Figura de Mérito 38

4.2 Amplificador de Bajo Ruido 38

4.3 Conversión de Frecuencia y Demodulación 40

GLOSARIO 42

BIBLIOGRAFIA 43

INTRODUCCIÓN

Una estación terrena es un sistema transmisor o receptor que envía señales o recibe señales de un satélite. La estación terrena puede estar localizada en un barco en altamar o en un avión, y aun así es llamada estación terrena, puesto que forman la base terrena final de un enlace espacio-tierra.

En México, la instalación de Estaciones Terrenas se basa en criterios de eficiencia y economía, entre los que se considera, además de la ubicación de las estaciones, el tipo y cantidad de los servicios que se requerirán, tanto a corto como a mediano plazo. Esto condujo a la estratificación de las estaciones terrenas en tres categorías: centrales secundarias y periféricas.

Las estaciones de tipo central son estaciones de 11 m de diámetro ubicadas en grandes ciudades de ubicación estratégica, en las que se requiere no sólo recepción de señales de televisión, sino también de la transrecepción en grandes volúmenes de diferentes tipos de señales (voz, telegrafía, datos, radiodifusión sonora, etc.).

Las estaciones de tipo secundario, con antenas de 7 y 7.5 m de diámetro, ubicadas en centros poblacionales de importancia pero de localización estratégica secundaria, son estaciones con menor capacidad que las de tipo central para el manejo de las señales de telecomunicación. Se considera que su aplicación mayor es para manejar diversos tipos de señales, a través de circuitos telefónicos.

Las estaciones de tipo periférico, que cuentan con antenas de 4.5 y 5 m de diámetro, son destinadas a dar servicio a las áreas rurales del país. Estas estaciones por sus características técnicas, no tienen la capacidad de enviar señales de televisión o telefonía a grandes volúmenes. Su capacidad ha sido diseñada para atender un número reducido de canales de telefonía.

Se puede decir que la importancia de las estaciones terrenas radica en dos aspectos principales:

- 1) El aprovechamiento de la cobertura nacional del Sistema, lo cual dependerá del número y la ubicación de estas estaciones.
- 2) De las características técnicas de las estaciones dependerá también el tipo, cantidad y calidad de los servicios que se pueden proporcionar.

Dentro del primer capítulo del presente trabajo se hace una breve historia del desarrollo de las comunicaciones por satélite.

Una Estación Terrena puede ser generalmente dividida en un sistema de antena, de transmisión y/o recepción. El sistema de antena consiste de un reflector, un alimentador, un mecanismo de manejo, un equipo de rastreo, etc. En el segundo capítulo se trata este sistema de antena.

Un sistema transmisor consiste de un número muy pequeño de canales de transmisión en banda angosta (transmisor en banda base, modulador y convertidor de subida) amplificador de alta potencia, etc. En el tercer capítulo se trata el sistema de transmisión.

Un sistema receptor consiste de un amplificador de bajo ruido, un divisor de potencia y convertidores de bajada y demodulador. En el cuarto capítulo se trata el sistema de recepción.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Historia de la comunicación por Satélite.

El 4 de octubre de 1957, como parte del programa de investigación del Año Geofísico Internacional, los soviéticos lanzan al espacio el primer satélite artificial de la Tierra: el SPUTNIK I, que después de dar unas 1367 vueltas al planeta se desintegró inflamándose al rozar con los gases densos de la atmósfera. Con esto se desencadenaba la revolución científica y tecnológica más importante del siglo.

El 3 de noviembre siguiente, los soviéticos acaparaban de nuevo la atención mundial al poner en órbita el SPUTNIK II provisto de registradores de temperatura, presión y radiaciones, y con una pasajera a bordo: la perrita Laika. A principios del año siguiente los norteamericanos lanzaban su primer satélite: el EXPLONER I. A partir de entonces, en ambos países se crearon diferentes programas espaciales destinados a lanzar series de sondas y satélites programados para detectar campos magnéticos, micrometeoritos, rayos cósmicos, etc.

En 1958 se creó la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio) para que coordinara todos los programas civiles de exploración aeronáutica de los Estados Unidos de Norteamérica. Con la creación de la NASA se estableció también la colaboración con otros países para investigación conjunta o para instalar en ellos estaciones de seguimiento de vehículos espaciales.

Desde 1959 se venían haciendo intentos de comunicación vía satélite. En ese año se puso en órbita el SCORE, que sólo levaba a bordo un transmisor con cinta magnetofónica en la que se había grabado un mensaje navideño del presidente Eisenhower. Después se lanzó el COURIER, un satélite de comunicación en diferido; el COURIER recibía el mensaje al pasar por la estación emisora, lo almacenaba en su memoria magnética y lo transmitía al volar sobre la estación receptora. También se trabajaba en otro tipo de satélite: el satélite pasivo, que funcionaba como un "espejo" colocado en el cielo simplemente reflejando las señales de radio de una estación a otra. Este satélite poseía una dimensión enorme, ya que la intensidad de la señal reflejada estaba en proporción directa con la superficie reflectora.

El primer satélite pasivo que se utilizó en experimentos de comunicación fue el ECHO I, lanzado por la NASA el 12 de agosto de 1960, cuya superficie aluminada constituyó un reflector idóneo en la que se rebotaron señales de radio de una estación a otra, siempre dentro del territorio norteamericano. También se utilizó para transmitir conversaciones telefónicas y telefotos. El ECHO I vino a demostrar, por primera vez, que la comunicación por satélite podía ser altamente efectiva.

En 1962 surgió una posibilidad más interesante: el satélite activo que, a diferencia de sus predecesores pasivos, estaba dotado de amplificadores para reforzar la señal recibida antes de retransmitirla a tierra. El primer satélite de este tipo fue el TELSTAR que fue lanzado el 1 de Julio de 1962. Contenía además un transmisor de radiofaro, el cual servía a los científicos de la Tierra para la localización del satélite. Con él se pudieron transmitir conversaciones telefónicas y se pudo realizar el primer enlace de vídeo entre la televisión europea y la norteamericana. Fue una transmisión histórica de escasos 7 minutos de duración, durante la cual Ives Montand cantó "en vivo" para el público de los Estados Unidos. El TELSTAR presentaba un problema debido a la acción de la energía de los cinturones de VAN ALLEN, que se encuentran alrededor de la Tierra.

Previendo los problemas que tuvo el TELSTAR I, en el TELSTAR II los transistores se hallaban en una cámara al vacío y se colocó a una altura de 10500 Km. Los

satélites posteriores al TELSTAR II fueron muy parecidos a éste, pero con la peculiaridad de que tenían equipo de reserva, es decir, todos sus sistemas estaban duplicados, por lo que la falla de uno de sus componentes, no ponía fuera de servicio al satélite.

Todos los satélites hasta esa fecha lanzados, tanto activos como pasivos, se movían alrededor de la Tierra más rápido que la rotación de la misma sobre su eje, por lo que el enlace que permitían duraba un máximo de 7 minutos en cada revolución; esto implicaba que las estaciones terrenas debían de seguir continuamente al satélite. Esta situación dificultaba la explotación comercial del sistema.

Como solución a este problema se estudió la posibilidad de poner al satélite en una órbita tal que su movimiento de traslación alrededor de la Tierra, coincidiera con el movimiento de rotación de ésta. La órbita se encontró a 35,680 Km. de altura sobre el ecuador. De este modo el satélite parecerá a un observador desde la Tierra como estacionario, de ahí el nombre de Satélite Geoestacionario.

A principios de 1963 los científicos intentaron probar la órbita geoestacionaria, y el 14 de febrero de ese año se lanzó el satélite SYNCOM I fabricado por Hughes Aircraft, Co., desafortunadamente falló su sistema de comunicaciones, pero verificaciones ópticas comprobaron que se encontraba en la órbita y posición calculadas.

El satélite SYNCOM II, fue lanzado en julio de 1963 y aunque su sistema de comunicación funcionó adecuadamente, su órbita tuvo una inclinación de 30° por lo que no se podía considerar geoestacionaria.

El SYNCOM III fue puesto en órbita exitosamente en agosto de 1964 sobre el océano Pacífico y sirvió para transmitir los juegos Olímpicos de Tokio, Japón realizados ese mismo año. Con esto quedó demostrada la utilidad de los satélites geoestacionarios.

Satélites INTELSAT.

El 20 de agosto de 1964 algunos gobiernos firmaron en Washington importante acuerdo provisional que establece un régimen para un sistema mundial comercial de comunicaciones por satélite. De esta manera se forma INTELSAT (Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite), la cual coloca su primer satélite comercial el 5 de abril de 1965.

INTELSAT tiene como objetivo primordial el suministro sobre una base comercial del segmento espacial necesario para proveer a todas las áreas del mundo, servicios internacionales públicos de telecomunicaciones de alta calidad y confianza.

El satélite Intelsat I fue puesto en servicio en junio de 1965. También se le conoció como "pájaro madrugador" (Early Bird), tenía una capacidad de 240 canales de voz y un canal de televisión, servía únicamente para comunicación entre América y Europa. No tenía posibilidad de acceso múltiple.

Este satélite fue una versión más adelantada del Syncom e hizo posible por primera vez la televisión comercial en forma directa a través del océano Atlántico. Su esperanza de vida era de 18 meses, aunque aún a mediados de 1968 continuaba operando normalmente.

Después del "Pájaro Madrugador", se construyeron a continuación tres satélites diseñados para comunicaciones de la serie II del Intelsat en 1967, con lo que extendieron el alcance de las comunicaciones por satélite a más de dos terceras partes del mundo. El primero de los Intelsat fue el Pacific I, colocando a 175° de longitud este para dar servicio sobre el pacífico, el segundo, el Atlantic II, se unió al "Pájaro Madrugador" estaba diseñado para operar con varias estaciones a la vez.

Los Satélites Intelsat III de mayor potencia y capacidad que los anteriores, fueron colocados sobre los océanos Índico, Pacífico y Atlántico durante el periodo de 1968 a 1970.

En total se iban a lanzar cuatro Satélites Intelsat III, el primero se uniría al "Pájaro Madrugador", y al Atlantic II, a los 31° de longitud oeste, el segundo sobre el Pacífico a 174° de longitud este, cerca del Pacific I y del Pacific II, el tercero debía gravitar arriba del Atlántico a 6° de longitud oeste y el cuarto sobre el Océano Índico a 62.5° de longitud este.

Con estos nuevos Satélites en funcionamiento se vino a alcanzar la meta buscada por largo tiempo de las comunicaciones mundiales vía satélite.

Los Intelsat III tenían una capacidad de 1,500 canales telefónicos y cuatro canales de televisión, y un tiempo de vida calculado de cinco años.

La serie de satélites Intelsat IV-A, vino a aumentar en forma notable la capacidad y flexibilidad del sistema global de comunicación. El primero de ellos fue lanzado en Enero de 1971 y empezó a prestar servicio en Marzo del mismo año.

Su capacidad de 4,000 canales telefónicos y 12 canales de televisión y un tiempo de vida calculado en 7 años.

Este satélite tiene un proceso de 1,112 kg. y mide 2.40 Mts. De diámetro y casi 5.5. mts. de altura, se caracteriza por dos antenas de plato gobernables, que se controlan a una orden desde Tierra, para proveer capacidad de difusión por haz concentrado. El Intelsat IV-A es capaz de trasladarse a cualquier parte del mundo a lo largo del Ecuador, para servir de enlace donde se le requiera.

Los primeros años de la década de los 80 entraron en operación los satélites Intelsat V, los cuales tienen una capacidad promedio de 12,000 canales, más dos de televisión. Este

satélite recibe y transmite simultáneamente polarizaciones ortogonales a fin de permitir un factor de reutilización de 4 en las bandas de 4-6 GHz.

También son utilizadas las bandas de 14/11 GHz, pero el factor de reutilización en estas bandas disminuye a dos debido a que no se utiliza la polarización ortogonal.

México es miembro de Intelsat y en el "Programa Nacional de Telecomunicaciones 1955-1970" se dispuso la construcción de la estación terrena para comunicaciones Vía Satélite, la cual fue ubicada en Tulancingo, Hidalgo.

La primera estación terrena mexicana Tulancingo I, fue puesta en servicio el 10 de octubre de 1968 con miras a utilizarse en los XIX Juegos Olímpicos celebrados en nuestro país a partir del 12 de Octubre de ese mismo año.

1.2 Estaciones Terrenas.

Una estación terrena consiste en una serie de equipos interconectados entre si, de los cuales el más representativo y conocido 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, si es una unidad móvil, o si está instalado en un barco, avión, o cualquier otro vehículo. En la figura 1.1 se muestra un diagrama a bloques generalizado de una estación terrena, pero dependiendo de su aplicación particular algunas estaciones son mucho más sencillas y carecen de uno o varios de los bloques indicados.

Cuando una estación terrena satisface necesidades vitales o prioritarias de comunicación se acostumbra tener redundancia en los equipos, así como también un sistema ininterrumpido de energía.

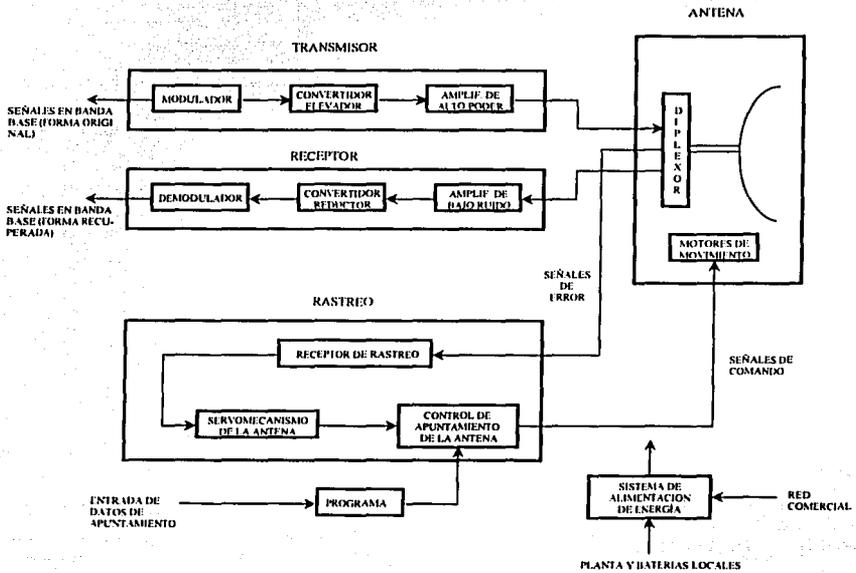


Fig. 1.1 Diagrama de bloques generalizado de una estación terrena.

Una estación terrena para la comunicación por satélite se puede clasificar de la manera siguiente:

- a) Sistema de antena.
- b) Sistema de Transmisión
- c) Sistema de Recepción
- d) Sistema de suministro de energía.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO II

SISTEMA DE ANTENA

La antena de una estación terrena es el punto de entrada y salida de las transmisiones. Debe de transmitir la potencia al satélite eficientemente y al mismo tiempo alimentar la débil señal proveniente del satélite al receptor. Es muy importante que la antena sea robusta a las interferencias hacia y desde otro sistema satelital o de un sistema de radio terrestre. En particular, la antena juega un papel vital que, a menudo, determina la operación funcional del sistema por sí mismo.

2.1. Teoría de Antenas

Las características más importantes de una antena son su ganancia y su patrón de radiación.

a) Ganancia.

La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección; se mide en decibeles en relación entre la potencia radiada por unidad de ángulo sólido en una dirección dada desde la antena y la potencia radiada por unidad de ángulo sólido suministrada por una antena isotrópica.

Por lo tanto, siempre se desea tener la mayor ganancia posible en la dirección en la que vienen las señales que se quieren recibir, o en la que se va a transmitir algo, y la mínima en todas aquellas otras direcciones que no sean de interés; de allí que los lóbulos

laterales o secundarios de radiación de la antena deben ser lo más pequeños que sea posible, para que no capten señales indeseables provenientes de otros satélites o de sistemas

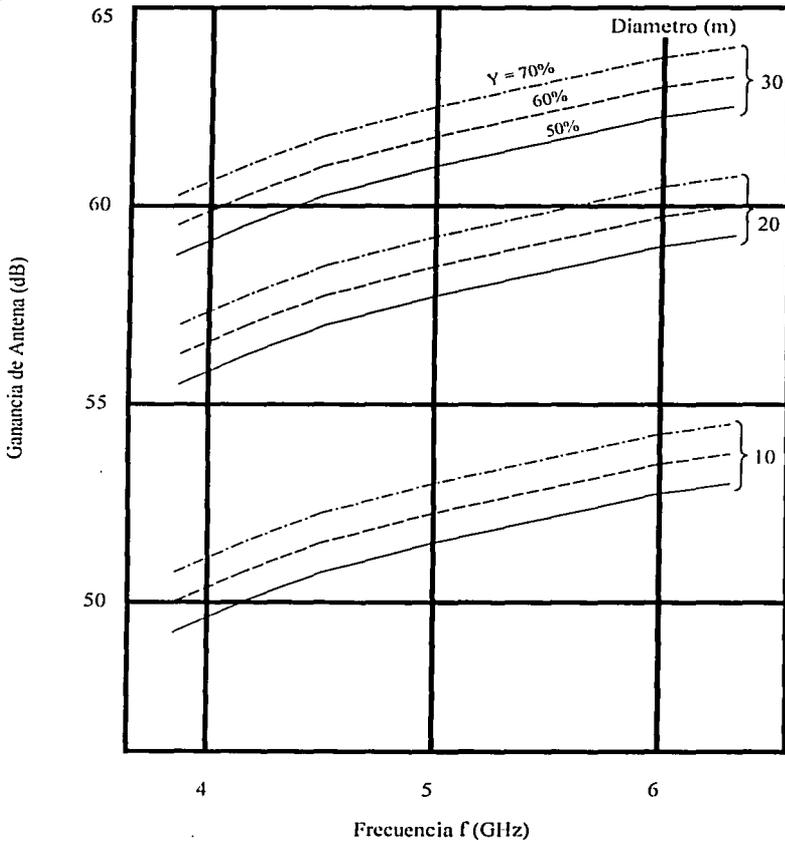


Fig. 2.1. Ganancia de Antena

terrestres de microondas, o bien para que no transmitan en direcciones no autorizadas o innecesarias. Estrictamente, 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 de máxima radiación; su valor depende de varios factores, entre ellos el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentador, así como la posición y orientación geométrica del mismo. Cuanto mayor es el diámetro de una antena parabólica, mayor es su ganancia, su haz o lóbulo principal de radiación es más angosto y los lóbulos secundarios se reducen.

b) Directividad.

El grado por el cual un campo radiado es concentrado en una dirección es generalmente llamado directividad de una antena. El patrón de la antena es registrado en una gráfica de la directividad medida en el corte de un plano.

El patrón de la antena medido en el plano incluye el vector eléctrico de la polarización lineal existente y el eje de simetría de la antena es llamado patrón del plano-E. El patrón debido perpendicularmente al plano-E es el vector magnético y es llamado patrón del plano-H. Esto es mostrado en la figura 2.2.

c) Características de los lóbulos laterales.

Los lóbulos menores generados fuera de la dirección del eje, o sea, los que están fuera del lóbulo principal, son llamados lóbulos laterales. Fig. 2.3

Algunas veces la cercanía de los lóbulos laterales al lóbulo principal es por el diseño de la antena y otras veces por el ancho del ángulo de los lóbulos laterales. El lóbulo lateral que aparece en un ángulo de 180° del lóbulo principal es llamado el lóbulo trasero, y la relación del nivel del lóbulo trasero al nivel del lóbulo principal es referenciado como la relación F/B (front-to-back).

Es necesario suprimir los lóbulos laterales a un nivel lo más bajo posible, porque pueden ser una fuente de interferencia hacia y desde otro sistema de comunicaciones satelital y/o un sistema de comunicaciones terrestre. El CCIR requiere que los lóbulos

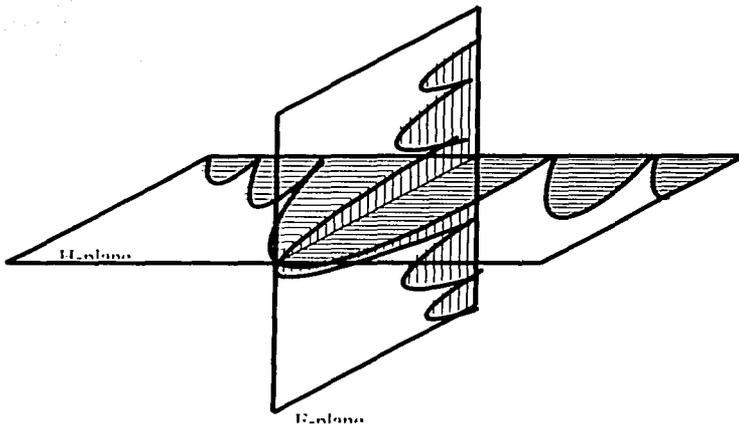


Fig. 2.2. Patrón del Plano-E y Patrón del Plano-H

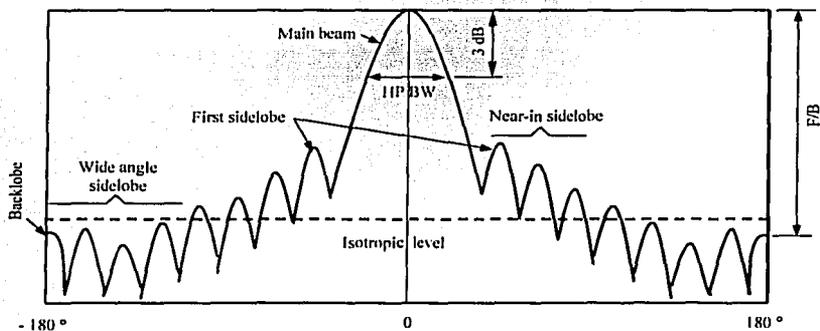


Fig 2.3. Patrón de Radiación

laterales sean más bajos que la siguiente expresión: según la norma CCIR 580-1 para cumplir con el espaciamiento de 2° entre satélites adyacentes a la órbita geoestacionaria, que tenga la misma banda.

$$G = 32 - 25 \log \phi$$

y la FCC tiene una norma similar que es la FC C 25.209:

$$G = 29 - 25 \log \phi$$

Para reducir el nivel de los lóbulos laterales es necesario tomar medidas como:

- 1) reducir el nivel de iluminación a la orilla del reflector;
- 2) mejorar la precisión de la superficie reflectora;
- 3) remover o reducir el bloqueo debido al subreflector y/o a la estructura que lo soporta.

Mejoras en el desempeño del radiador primario y la forma del reflector son efectivas para conseguir el punto 1 y quitar o reducir los objetos que estorban es necesario para llevar a cabo el punto 3.

2.2 Clasificación de Antenas.

Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas en un punto común llamado foco (modo de recepción), así también, 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 paraboloide de

revolución que representa matemáticamente a la antena y en él se coloca el alimentador, que por lo general es una antena de corneta; el tipo de alimentador define la ganancia final de la antena y las características de sus lóbulos. Hay varios tipos de alimentación de una antena parabólica, pero los tres más utilizados son los de alimentación frontal, descentrada y Cassegrain.

a) Alimentación frontal.- en este tipo de antena, el eje del alimentador o corneta 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 (más complicado de fabricar y normalmente de mayores dimensiones), lo cual puede convertir a la antena en demasiado voluminosa, o bien el alimentador y su estructura de soporte bloquean más el paso libre de las señales con la consecuente degradación de las mismas.

A pesar de tales desventajas, incluyendo la del montaje del equipo electrónico inmediatamente atrás del alimentador, esta antena resulta fácil y económica de construir, y para ciertos fines su operación es satisfactoria, por lo que 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. fig. 2.4.

b) Alimentación descentrada.- En este tipo de antenas, el bloqueo del alimentador, el equipo electrónico y la estructura de soporte se puede eliminar. Solo se emplea una sección del plato parabólico y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella; es

decir, los ejes de la corneta (alimentador) y del paraboloide no coinciden, de allí el nombre de 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 las orillas de la superficie parabólica. De cualquier forma, este

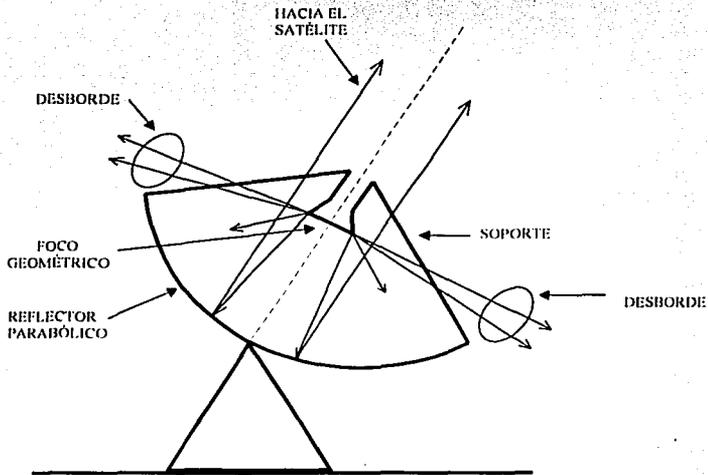


Fig. 2.4 Antena parabólica con alimentación frontal (modo de transmisión)

tipo de antena se utiliza en varias estaciones receptoras y transmisoras de televisión, telefonía y datos, aunque la Cassegrain es mucho más popular. Fig. 2.5.

c) **Antena Cassegrain.**- esta antena es mucho más eficiente que cualquiera de los dos tipos ya descritos y su ganancia es mayor, pero su precio es más alto. 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 corneta 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

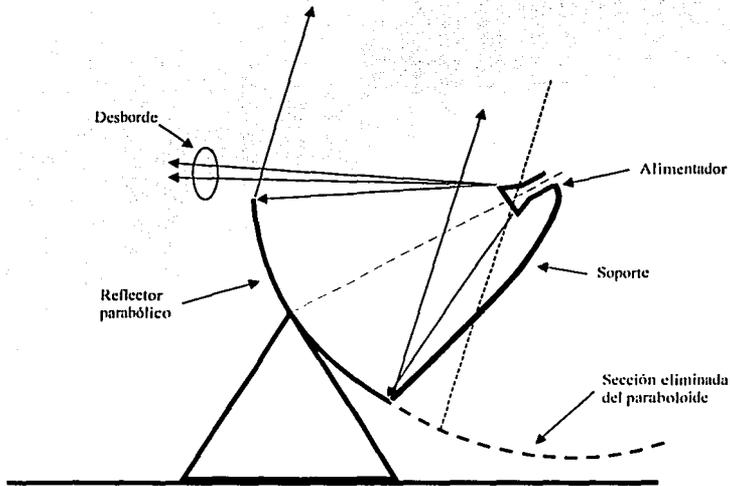


Fig. 2.5. Antena parabólica con alimentación descentrada (modo de transmisión). Con esta configuración se elimina el bloqueo del alimentador, del equipo electrónico y de la estructura de soporte.

principalmente por emisiones de la atmósfera. 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 corneta y el desborde se reduce significativamente. Además con el diseño Cassegrain se tiene la ventaja de que el equipo electrónico se puede colocar sin problemas en una pequeña

cabina inmediatamente atrás del alimentador y sin importar mucho su peso y dimensiones, reduciéndose así todo tipo de pérdidas por cableado.

En el caso de las estaciones más grandes se tiene la opción de emplear la configuración Cassegrain con alimentador periscópico, que en realidad es una variante del telescopio diseñado por el científico francés N. Cassegrain en 1672. Este tipo de antena tiene un ancho de banda de frecuencias de operación mayor que la Cassegrain simple; 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 azimuth. 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 estos 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 los son con el eje de azimuth; cada espejo o reflector produce una reflexión de 90° de los rayos de la señal, y normalmente se utilizan dos planos y dos elípticos o

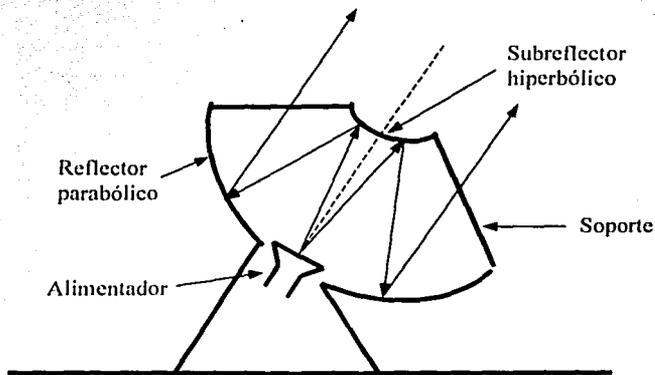


Fig. 2.6. Antena Cassegrain con alimentación frontal (modo de transmisión)

parabólicos. El efecto total es como si el alimentador se alargase hasta el vértice de la parábola, como si fuera un periscopio imaginario. Fig. 2.6

d) Antena reflectora de bocina.- Este tipo de antena lleva ventaja sobre otras referente a la temperatura de ruido, pero al mismo tiempo, tiene desventaja económica debido a mayor estructura mecánica en proporción con el área de abertura efectiva. Fig. 2.7.

e) Antena Cassegrain alimentada por el reflector de bocina.- este tipo de antena generalmente se conoce como Antena Cassegrain Modificada. Ofrece la ventaja de que un amplificador de bajo ruido puede instalarse en tal posición que no obstruya la rotación de elevación por la inserción de una junta giratoria en la parte de paso angosto del reflector de bocina. Fig. 2.8.

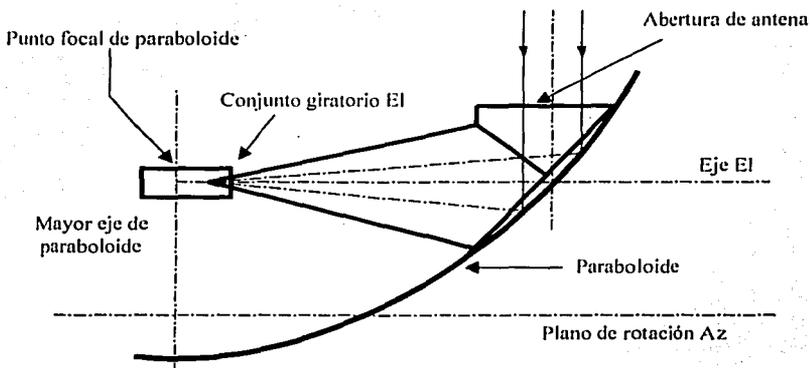


Fig. 2.7. Antena reflectora de bocina

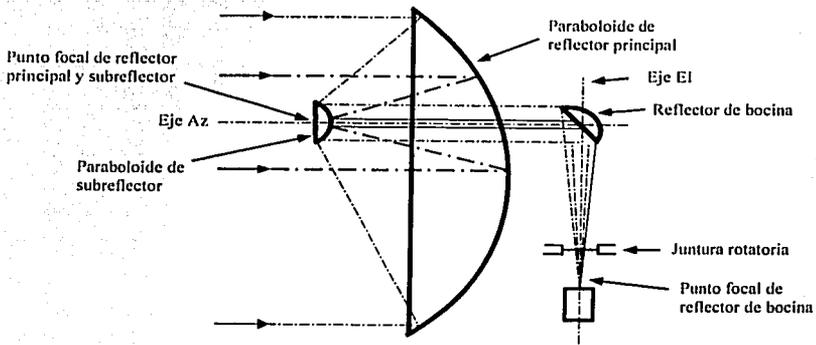


Fig. 2.8. Antena Cassegrain alimentada por reflector de bocina

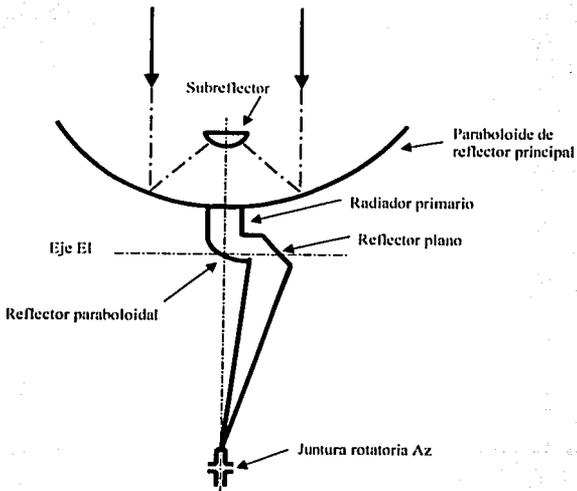


Fig. 2.9. Antena Cassegrain alimentada por reflector de bocina plegada

f) Antena Cassegrain alimentada por reflector de bocina plegada.- Este tipo de antena se ha desarrollado con la intención de que el amplificador de bajo ruido y otros equipos puedan instalarse sobre la tierra. Fig. 2.9.

g) Antena Cassegrain alimentada por dos reflectores.- Este tipo de antena se ha desarrollado para mejorar las características de radiación por la eliminación de una parte curvada angosta a la entrada de bocina. Fig. 2.10.

h) Antena Cassegrain alimentada por cuatro reflectores.- este tipo de antena se ha desarrollado para evitar el defecto de asimetría mecánica con respecto al eje azimutal de la antena Cassegrain alimentada por dos reflectores.

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

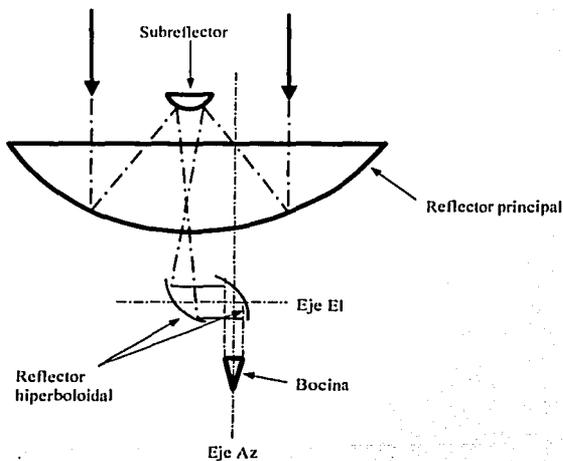


Fig. 2.10. Antena Cassegrain alimentada por dos reflectores

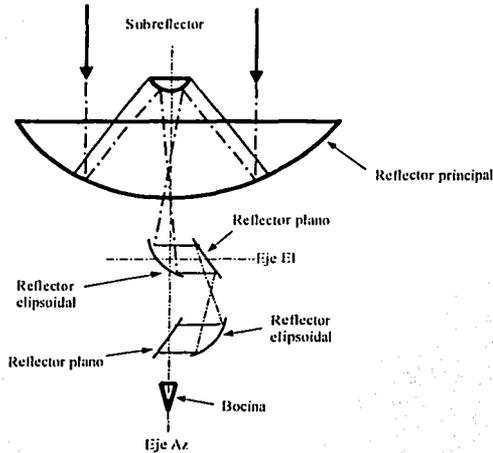


Fig. 2.11. Antena Cassegrain alimentada por cuatro reflectores

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 varios 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, tanto en la banda C como la banda Ku. Fig. 2.11.

2.3 Orientación en elevación y azimuth

La orientación de la antena de una estación terrena hacia un satélite geoestacionario se realiza ajustando dos ángulos, en elevación y azimuth; los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación (latitud y longitud) y de la ubicación en longitud del satélite. Tomando como referencia al eje de simetría del palto parabólico, que coincide con sus eje de máxima radiación, el ángulo de elevación es aquel formado por entre el piso y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite. Fig. 2.12.

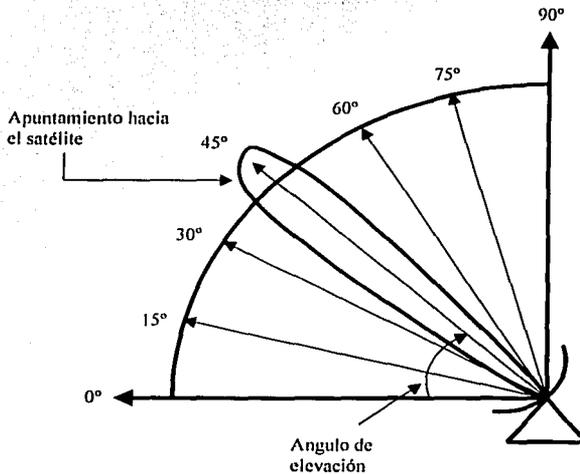


Fig. 2.12. Definición del ángulo de elevación de la antena de una estación terrena

El ángulo de Azimuth es la cantidad en grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj (con relación al norte geográfico) para que ese mismo eje de simetría (prolongado imaginariamente) pase por la posición en longitud del satélite.

Fig.2.13. 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 azimuth; además aunque se mantenga siempre en comunicación con el mismo satélite también es necesario efectuar con frecuencia correcciones pequeñas en ambos ángulos (dependiendo de la aplicación de la estación terrena), ya que ningún satélite estacionario es realmente fijo, sino que tiende a salirse poco a poco de su posición orbital.

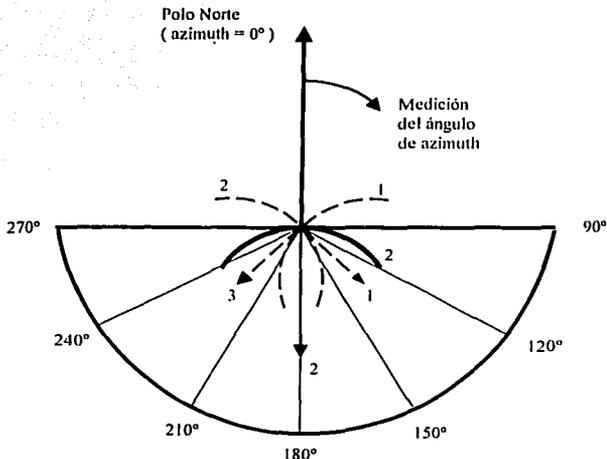


Fig. 2.13. Definición del ángulo de azimuth de la antena de una estación terrena. Como ejemplo, se muestran tres orientaciones distintas del plato parabólico; las flechas indican la dirección de máxima radiación para cada caso.

2.4. Tipos de Montaje

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-azimuth, X-Y y polar.

Todos tienen dos ejes para realizar los movimientos de orientación de la antena; uno es fijo con relación al piso y se denomina primario, y el otro (secundario) es móvil con referencia al primer eje.

a) **Montaje Azimuth-elevación.-** la antena tiene su eje primario fijo en la dirección vertical, y al girar alrededor de él se efectúan los cambios del ángulo de azimuth, su eje secundario es horizontal y con él se orienta la antena en elevación. El montaje es sencillo y 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 lo 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, además de que es el sistema preferido.

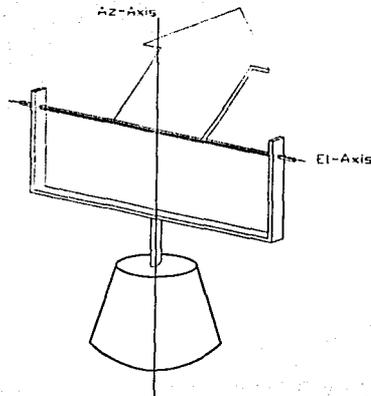


Fig. 2.14. Montaje Azimuth - Elevación

Sin embargo cuando una estación está cerca del ecuador y necesita funcionar con un sistema de rastreo automático, este tipo de montaje dificulta las maniobras de orientación y es preferible emplear un montaje X-Y. Fig. 2.14.

b) Montaje X-Y.- este montaje tiene su eje primario colocado horizontalmente, y el eje secundario es perpendicular a él. La configuración es practica para rastrear con facilidad a un satélite cuando éste pasa por el cenit (arriba de la estación en la zona ecuatorial), puesto que se evita hacer desplazamientos de la antena tan rápidos como los que si se necesitan hacer con el montaje azimuth-elevación; aunque 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 que con satélites geostacionarios. Fig. 2.15.

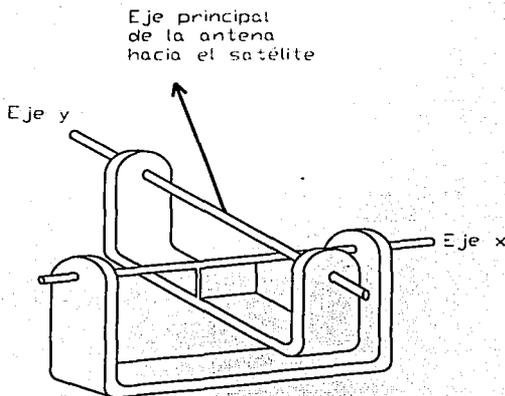


Fig. 2.15. Montaje X-Y

c) Montaje Polar.- 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. Normalmente se usa para montar radiotelescopios, pues permite que la antena siga a un objeto celeste con sólo girarla sobre su eje horario; se utiliza muy poco en estaciones terrenas de comunicaciones. Los ajustes de los ejes horario y de declinación son mucho más complicados que los de orientación con un montaje de elevación-azimuth.

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 altas frecuencias 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. Fig. 2.16.

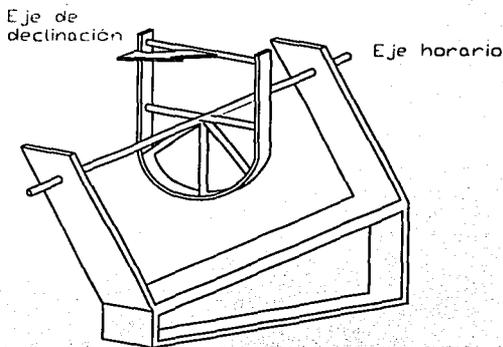


Fig. 2.16. Montaje Polar

2.5. Seguimiento (Tracking)

Dependiendo de cuánto se mueve el satélite “geoestacionario” en relación con su posición designada y del ancho del haz de la antena terrestre que desee comunicarse con él, se puede requerir o no a un sistema de rastreo. Cuanto más angosto sea el ancho del haz de la antena y ésta esté más cerca del ecuador, el apuntamiento se vuelve más importante, especialmente si el satélite está directamente “encima” de la estación. En cambio si la estación está en una latitud alejada del ecuador, la amplitud de los movimientos del satélite tiene un impacto menor en los ajustes necesarios de la orientación de la antena para rastrearlo. Si el ancho del haz de la antena es mucho más grande que la ventana del satélite, entonces no se necesita un sistema de rastreo, pero la aplicación de la antena es la que dicta finalmente esta necesidad.

Un ejemplo de tracking es la que usa una antena Intelsat, que requiere apuntar continuamente hacia el satélite con una precisión del orden de 0.01° para mantener la comunicación confiable y necesita un sistema de rastreo muy complejo; por otro lado en una estación casera de recepción de TV, cuyo diámetro es pequeño y el ancho de su haz es muy grande, no se justifica ningún tipo de rastreo. Existen fundamentalmente dos tipos de sistemas de rastreo:

- 1) Preprogramado
- 2) Auto track
 - a) por pasos
 - b) monoimpulso

1) Rastreo Preprogramado.- se determinan con anticipación los movimientos del satélite y se programan acordemente al mecanismo de orientación de la antena de la estación terrena para que lo siga. El satélite no se mueve arbitraria o aleatoriamente, sino de acuerdo con la influencia de fuerzas perturbadoras; por lo tanto, con programas de computadora se pueden predecir sus movimientos. Las instrucciones necesarias se almacenan y se le van

proporcionando al mecanismo de seguimiento para que realice los ajustes de orientación, con lo cual se garantiza siempre una buena comunicación. Este sistema es poco usado para satélites geoestacionarios.

2) El rastreo auto track se divide en:

a) **Auto track por pasos.-** también conocido como de “ascenso”, es empleado por todas las estaciones de tamaño medio del estándar B de Intelsat y por la mayor parte de las estaciones grandes de estándar A, y es más económico que el auto track de monoimpulso. A intervalos regulares, la antena detecta la intensidad de una señal guía emitida por el satélite; a continuación gira un poco (da un “paso”) alrededor de uno de sus ejes de montaje y compara la intensidad de la señal recibida con la anterior; si el nivel de la señal baja, entonces se mueve ahora en la dirección opuesta, y si aumenta en ese sentido, continua dando pasos hasta detectar el nivel máximo. Todos estos movimientos por pasos, tanto en elevación como en azimuth, son controlados por un procesador, y sus precisión de apuntamiento depende del tamaño de los pasos, así como de la estabilidad de la señal guía y de las condiciones de propagación.

b) **Auto track monoimpulso.-** es el más preciso y confiable para las antenas grandes, especialmente si funcionan en la banda Ku. Lo utilizan, por ejemplo, varias antenas de los estándares A (banda C) y C (banda Ku), así como las antenas de los satélites europeos Eutelsat. Su forma de operación se origina de la tecnología del radar pues ahora la búsqueda es por un nivel mínimo de recepción de la señal guía, y para esto la antena parabólica necesita un alimentador especial. Los primeros diseños de sistemas monoimpulso utilizan cuatro antenas de corneta colocadas simétricamente alrededor del foco geométrico de la parábola; están reciben simultáneamente la señal guía emitida por el satélite y las detecciones de las cuatro se comparan para determinar señales de error en el apuntamiento y efectuar las correcciones necesarias, Fig. 2.17. Su inconveniente es que conducen al uso de alimentadores aparatosos y complicados, y ahora los sistemas modernos llamados de

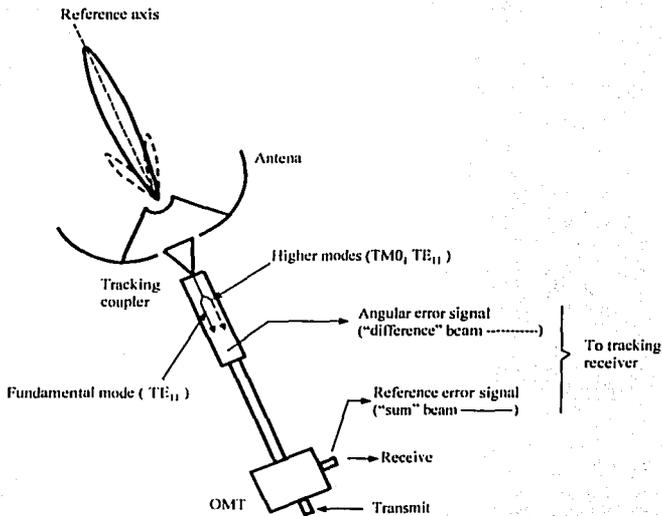


Fig. 2.17. Sistema de Tracking monoimpulso

monoimpulso multimodo, solamente utilizan un acoplador especial de microondas (acoplador de seguimiento monoimpulso) que va insertado en el mismo alimentador primario de la antena parabólica; cuando hay una desviación en la orientación de la antena en relación con la señal guía del satélite, el acoplador extrae del alimentador señales de propagación de modo superior que permiten determinar el error en el apuntamiento y efectuar, en consecuencia, las correcciones que se requieren.

CAPITULO III

SISTEMA DE TRANSMISION

Las estaciones terrenas transmisoras sencillas cuentan con un solo bloque de transmisión, y las que conducen gran cantidad o diversidad de señales tiene varios bloques en paralelo. El equipo transmisor tiene consiste básicamente en tres módulos: modulador, convertidor elevador y amplificador de alta potencia. Después de que una señal ha sido generada o producida, y una vez hechas las combinaciones necesarias de multiplexaje en frecuencia o en tiempo (si así se necesita), se requiere acondicionarla para que pueda ser radiada eficientemente a través del aire, hacia el satélite, sin que sea interferida o interfiera con otras señales; este acondicionamiento permite que también se le pueda recuperar fielmente en la estación terrena receptora, aunque su nivel de potencia sea sumamente bajo al llegar. El proceso electrónico que se efectúa con este fin es la modulación de una portadora por la señal.

3.1. El Modulador.

El modulador de la estación 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 transmitida a frecuencias más altas; este paso de la señal modulada a frecuencia intermedia es el primero en su ascenso de conversión a microondas. Aunque el modulador coloca a la señal modulada en una región más alta del

espectro radioeléctrico, la frecuencia intermedia (FI) no es adecuada todavía para radiarla eficientemente a través de la atmósfera. Por lo tanto, es necesario subirlo más en frecuencia, empleándose para ello un equipo convertidor elevador de frecuencia.

3.2. El Convertidor Elevador.

El convertidor elevador transfiere a la señal de la frecuencia intermedia (dependiendo del sistema 70 MHz, 140 MHz, 1 GHz o más) a una posición dentro del espectro radioeléctrico en donde las nuevas frecuencias que la integran son mucho más altas que cuando salieron del modulador; por ejemplo, la señal nueva puede estar centrada aproximadamente a 6 GHz o 14 GHz. La señal tiene ahora las frecuencias apropiadas para poder ser radiada hacia el satélite, pero su nivel de potencia es aún muy bajo, por lo que es preciso amplificarla antes de entregársela a la antena; para esto se utiliza un amplificador de alta potencia o HPA, del cual existen fundamentalmente dos tipos: el tubo de ondas progresivas (TOP) o TWT y el Klistron.

3.3. Amplificador de Alta Potencia.

Un equipo importante en cada estación terrena es el transmisor que debe emitir la alta potencia (con baja distorsión y bajo ruido) a un satélite para vencer una pérdida de propagación considerable (aproximadamente 200 dB para el satélite geoestacionario) entre estación terrena y satélite que es esencial en comunicación por satélite. Al mismo tiempo deben satisfacer requisitos económicos y de seguridad del sistema de la comunicación comercial.

El transmisor tiene la función de amplificación de potencia de todas las portadoras asignadas de RF que vienen de un convertidos ascendente hasta el nivel requerido, con baja distorsión y baja pérdida al combinarlas.

Después de amplificarlas, las manda al sistema de antena. El diseño de la configuración del transmisor y la sección de tubo son muy importantes.

3.3.1. Configuración del Transmisor.

En el sistema de comunicación por satélite mundial de INTELSAT, el ancho de banda de una portadora de RF en el enlace ascendente, o sea, el ancho de banda de una frecuencia para transmisión de la estación terrena se asigna dentro de 500 MHz.

Cada estación terrena tiene una o más portadoras telefónica, vídeo y sonido asignadas y la capacidad de canal. Por lo tanto, la potencia de salida del transmisor se cambia algunas veces.

Las portadoras se amplifican en común por medio de un transmisor con un sólo tubo o por un transmisor de tubos separados que amplifica individualmente cada portadora. Fig. 3.1.

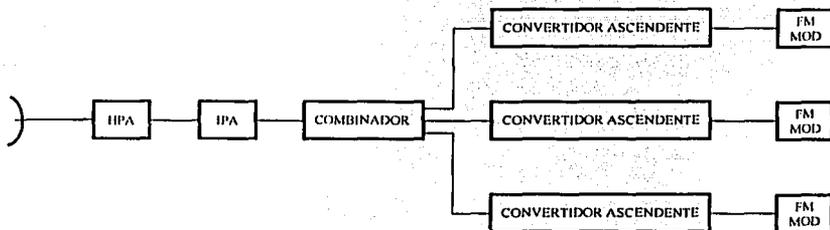


Fig. 3.1. Transmisor con un solo tubo.

Transmisor de tubo sencillo

Ventajas.- Simplicidad.
Flexibilidad en asignación de frecuencia de portadora.
Redundancia de uno por uno.

Desventajas.- Salida y consumo de energía mayor.
Suministro grande de energía de alto voltaje.
Enfriamiento por agua.
Problemas de intermodulación.
Ineficiencia para estaciones pequeñas.

Transmisor de Tubo Separado.

Ventajas.- Tubo de potencia baja.
Flexibilidad en tamaño de estación.
Eficiencia de operación con portadora sencilla.
Menor problema de intermodulación.
Enfriamiento por aire.

Desventajas.- Restricciones sobre asignación de frecuencia de portadora.
con transponder de banda ancha..
Circuito complejo de multiplexador (combinador de fuerza)
y de conmutación.
Costo depende del número de transmisores.

Existen fundamentalmente dos tipos de amplificador de alta potencia o HPA: el tubo de ondas progresivas (TOP) o TWT y el Klystron.

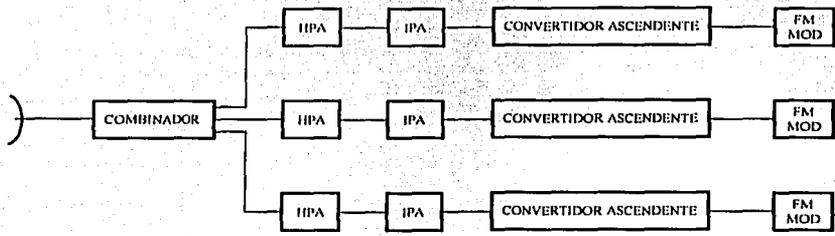


Fig. 3.2. Transmisor con tubos separados

3.3.2. Amplificador TWT (Travelling Wave Tube).

Un tubo de ondas progresivas es un amplificador de microondas de ancho de banda muy grande, que abarca todas las frecuencias utilizables del satélite (500 MHz o más en algunos casos), por lo que puede amplificar simultáneamente a señales dirigidas hacia distintos transpondedores del mismo. Sus características de operación son satisfactoriamente uniformes o constantes a cualquier frecuencia, pero cuando se amplifican simultáneamente muchas señales distintas (así estén dirigidas hacia un mismo transpondedor o transpondedores separados) su potencia de salida no puede aumentar al máximo; de hacerlo el ruido de intermodulación sería muy grande. Para reducir el ruido, es necesario operar al amplificador en un nivel de potencia de salida bajo, con la consiguiente pérdida de potencia en relación con la potencia máxima nominal de salida. A pesar de este inconveniente, el uso de los tubos de ondas progresivas es más común que el de los Klistrons, pues una de sus ventajas es que se puede efectuar cualquier modificación en la frecuencia central de amplificación, dentro del ancho de banda de operación del satélite (500 MHz o más), sin tener que sintonizarlo, además de que no hay que emplear un combinador especial.

3.3.3. Amplificador Klystron

Es un amplificador de banda estrecha, suficiente para 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 klystrons y desea transmitir toda la información procedente de ellos a través de una misma antena, se necesita usar un combinador de señales, que introduce pérdidas de potencia similares en magnitud a las producidas por los tubos de ondas progresivas. Además de estas pérdidas, el combinador se convierte en un punto de interacción entre las salidas de los distintos klystrons que puede conducir a interferencias entre ellos; asimismo cuando se requiere cambiar de transpondedor en el satélite, es preciso volver a sintonizar al klystron correspondiente. De cualquier forma varios usuarios aún eligen klystron para sus instalaciones, porque su eficiencia de aprovechamiento de energía eléctrica es mayor que la de los amplificadores TWT, son muy confiables y robustos, duran mucho tiempo en servicio, y además son más económicos que los TWT.

Particularmente son ocupados para transmitir canales de televisión y en estaciones terrenas de poca potencia que transmiten unos cuantos cientos de canales de telefonía o datos, pero en este último caso la potencia suficiente determina finalmente el tipo de amplificador que use, ya que no hay klystrons en el mercado con potencias de menos de 400 watts y pueden resultar excesivos para ciertas aplicaciones.

Para estaciones terrenas pequeñas que solo tienen necesidad de transmitir algunos canales telefónicos o de datos de baja velocidad, no requieren contar con amplificadores tan potentes como los tubos de ondas progresivas o los klystrons.

3.3.4. Amplificador de Baja Potencia.

Estos amplificadores están hechos con tecnología de estado sólido. Su potencia de salida es de unos cuantos watts, y la mayor parte funciona con transistores de efecto de

campo o FET. Los procesos de modulación y conversión de frecuencia anteriores a esta etapa de amplificación son los mismos; simplemente el amplificador de alta potencia se sustituye por uno de baja potencia.

Sea cual sea el tipo de amplificador que se utilice y su potencia nominal de salida, siempre es deseable que la temperatura física de sus componentes se mantenga lo más baja posible; con esto la temperatura equivalente del ruido producido por el amplificador se reduce y, en consecuencia, la eficiencia del dispositivo aumenta. Normalmente los amplificadores se enfrían con ventilación forzada (refrigeración por aire), pero cuando la potencia de salida pasa de los 3 KW es necesario utilizar un sistema de enfriamiento con circulación de agua, y este se puede combinar al mismo tiempo con ventilación forzada.

3.3.5. Redundancia.

Una estación terrena puede tener una o varias configuraciones posibles de redundancia, por ejemplo, dos a uno (dos amplificadores, uno operando y el otro de reserva: $1 + 1$), tres a dos (hay tres amplificadores, dos operando y uno de reserva), etc. y en cada caso los amplificadores que operan y el amplificador de reserva se conectan entre la etapa anterior de comunicaciones y la antena con un conmutador de entrada y otro de salida. En la Fig. 3.3. se puede ver el diagrama a bloques de una cadena de transmisión con redundancia $1+1$, en donde no solo el amplificador de potencia se tiene duplicado, sino también el modulador y el convertidor elevador de frecuencia; el filtro pasabanda entre ambos permite limitar el ancho de banda de la señal modulada, eliminando o reduciendo el nivel de las componentes de frecuencia indeseables, para que así el convertidor elevador opere con mayor eficiencia. Generalmente 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 éste funcione adecuadamente, por lo cual es común agregar 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 también recibe el nombre de preamplificador.

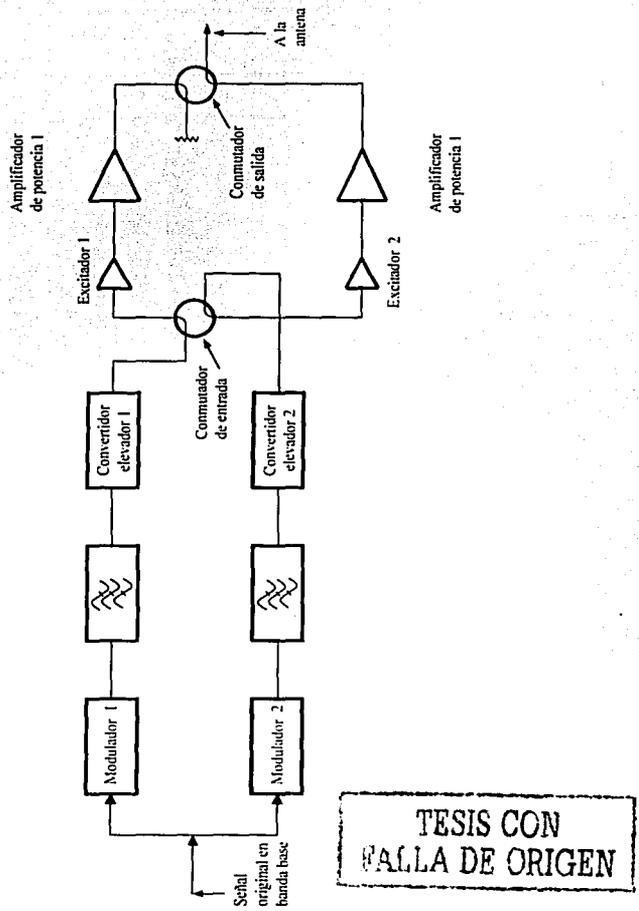


Fig. 3.3. Cadena Redundante de transmisión (1+1) de una señal. Puede haber cuatro trayectorias distintas de transmisión, previendo la posibilidad de que alguno de los equipos falle.

CAPITULO IV

SISTEMA DE RECEPCIÓN

En la Fig. 4.1 se muestra un diagrama a bloques con la configuración básica del bloque de recepción. La antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite en la polarización y banda de frecuencias con las que ella funciona, o sea,

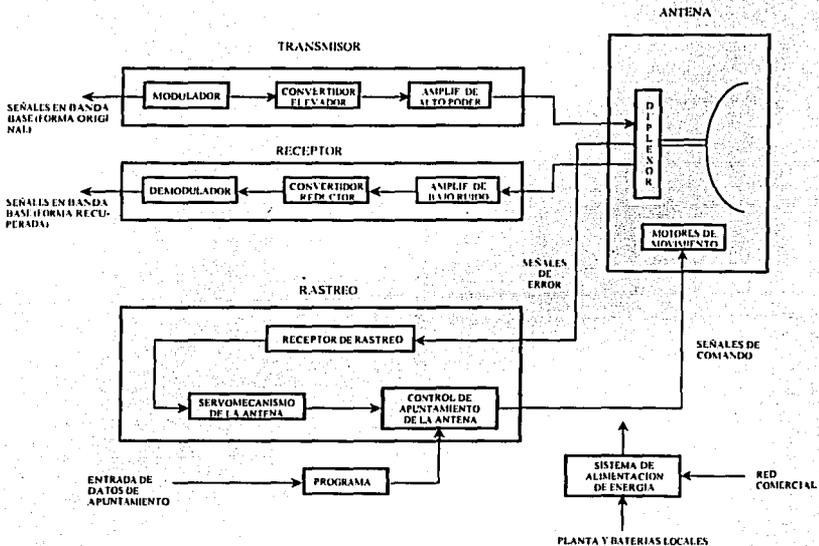


Fig. 4.1 Diagrama de bloques de un sistema de recepción.

información de muy diversos tipos dentro de un ancho de banda usual de 500 MHz; sin embargo lo común es que en cada estación en particular solamente sea de interés recibir una

pequeña porción de toda esa información, concentrada quizá en un ancho de banda de tan solo 5 MHz o aun menos. Es decir que la estación después de capturar y amplificar toda esa información, debe separar sólo aquella parte que le corresponda para procesarla. Hay que tomar en cuenta que posiblemente la información dirigida a una estación en particular provenga de diferentes estaciones terrenas transmisoras que funcionen con transpondedores distintos en el satélite; por lo tanto, esa señales ocupan posiciones diferentes dentro de los 500 MHz del ancho de banda del paquete de información que el satélite retransmite.

4.1. Figura de Mérito. (G/T)

El valor del cociente G/T es una cantidad que se utiliza comúnmente para definir las cualidades de recepción de una estación terrena, y según el satélite con el que se comunique debe tener un valor mínimo para funcionar aceptablemente. Esta relación G/T se conoce como factor de calidad o figura de mérito, y como la ganancia de la antena esta dada en decibeles y la temperatura de ruido en grados Kelvin, sus unidades son $dB/^{\circ}K$

4.2. Amplificador de Bajo Ruido.

La antena recibe las señales provenientes del satélite y a través del diplexor se las entrega a un amplificador de bajo ruido. La antena y el amplificador de bajo ruido son los elementos más importantes de una estación terrena receptora y juntos definen la calidad de su operación (al menos en la primera etapa de recepción).

El amplificador de bajo ruido tiene una temperatura de ruido como su principal parámetro indicativo, y mientras ésta sea mas baja es mejor, porque el ruido que se añade a la señal es menor y la calidad de la recepción aumenta. Sin embargo no solamente se

introduce ruido en la señal a través del amplificador de bajo ruido, sino también por la antena, y su magnitud se calcula en función de una temperatura de ruido de la antena; la

suma de temperatura de ruido de la antena y la propia del amplificador de bajo ruido determinan casi completamente la temperatura total T de ruido del sistema de recepción, siempre y cuando las pérdidas producidas por los conectores sean bajas.

El amplificador de bajo ruido debe ser altamente sensible, el ruido interno generado por el (caracterizado por su temperatura ruido) sea lo más bajo posible. La temperatura de ruido del amplificador es función de varios de sus parámetros, como su ganancia, las características de sus componentes, y la temperatura física de ellas. Si la temperatura física se logra reducir, entonces la temperatura de ruido también baja, por lo que es deseable enfriar al amplificador lo más que se pueda, muchas veces hasta temperaturas cercanas al cero absoluto, además de colocarlo lo más cerca posible del diplexor de la antena para reducir las pérdidas.

La temperatura de ruido usual con la que operan los amplificadores es del orden de unas cuantas decenas de grados Kelvin, o cuando mucho unos 250°K . La tecnología en la banda C ha permitido fabricar amplificadores con temperaturas inferiores a los 100°K , pero en la banda Ku es más común encontrarlos con temperaturas entre los 100 y 200°K .

Un valor elevado de la temperatura de ruido del amplificador importa menos en relación con la temperatura de ruido de la antena cuando se utiliza la banda Ku que cuando se emplea la banda C. Es decir, en la banda Ku no importa mucho si la temperatura del amplificador es unos 100°K mayor, ya que la temperatura de la antena puede ser varios cientos de grados kelvin, y esta última es la que influye más en la calidad de operación de la estación. El gran aumento de la temperatura de ruido de la antena en la banda Ku se debe principalmente al comportamiento de la atmósfera en esas frecuencias y a la atenuación de la señal causada por la lluvia. Por otro lado, las señales que se propagan en la banda C son atenuadas muy poco por la lluvia y la temperatura efectiva de ruido de la antena es relativamente baja. Debido a lo anterior, cuando un enlace de comunicaciones funciona en

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

relativamente baja. Debido a lo anterior, cuando un enlace de comunicaciones funciona en la banda Ku, es necesario diseñarlo con un buen margen de operación, para que cuando llueva, la señal no se degrade a niveles de potencia insatisfactorios.

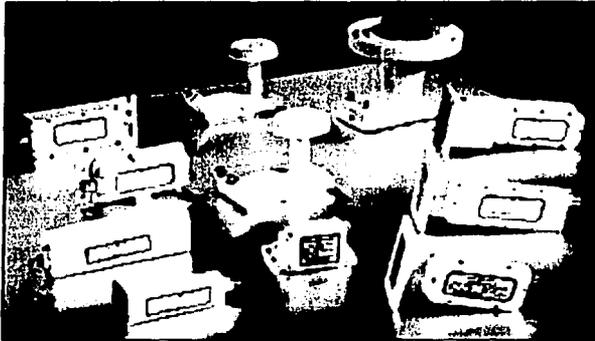


Fig. 4.2. Amplificador de Bajo Ruido

4.3. Conversión de Frecuencia y Demodulación.

Después del amplificador de bajo ruido van conectados en cadena un convertidor reductor de frecuencias y un demodulador, sin contar algunos filtros intermedios. La señal de salida del amplificador contiene toda la información radiada por el satélite en una banda de operación con un ancho de 500 MHz, situada aún en la misma región del espectro radioeléctrico; el convertidor reductor tiene como función transferir toda esa información de

500 MHz a una región más baja del espectro, centrandola en una frecuencia intermedia (FI normalmente de 70 MHz a 140 MHz) de recepción, haciendo una operación inversa al convertidor elevador de la estación transmisora.

Algunos fabricantes producen el amplificador de bajo ruido o LNA integrado al convertidor reductor de frecuencia en un solo bloque; ambos van contenidos dentro de la misma caja blindada y el producto se conoce como "convertidor de bajo ruido" , o como "convertidor reductor de bajo ruido" o LNB.

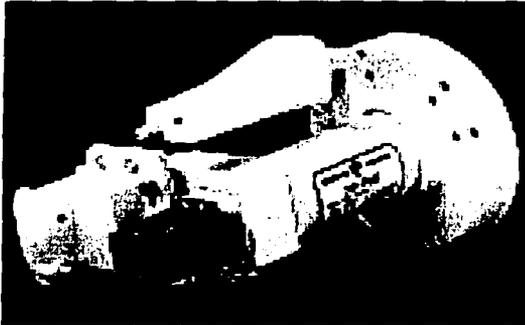


Fig. 4.3. LNB, 20° K Noise Temperature, 65 dB Gain.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GLOSARIO

ANTENA ISOTRÓPICA. Antena hipotética que radia ondas de radio de una energía constante en cualquier dirección. Dicha antena es usada como la referencia de la ganancia de la antena de microondas.

CCIR.- Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones.

dB.- decibeles. Unidad de potencia.

FCC.- Comisión Federal de Comunicaciones de EE.UU.

FET.- Field-effect transistor. Transistor de efecto de campo

FI .- Frecuencia intermedia.

G/T.- Gain to noise temperature ratio. Relación de ganancia a temperatura de ruido (factor de calidad).

HPA.- High power amplifier. Amplificador de alta potencia

LNA.- Low Noise Amplifier. Amplificador de baja potencia.

LNB.- Low noise block downconverter. Convertidor reductor de bloque de bajo ruido.

SCPC.- Single channel per carrier. Canal único por portadora.

TWT.- Traveling-wave tube. Tubo de ondas progresivas (TOP)

BIBLIOGRAFIA

- **ANTENNAS**
John D. Kraus
Second Edition
Editorial Mc Graw Hill 1988
- **APUNTES DEL CURSO
INTRODUCCIÓN DE LA COMUNICACIÓN POR SATELITE**
Japan International Cooperation Agency
Escuela Nacional de Telecomunicaciones, México.
1983 - 1984
- **APUNTES DEL CURSO
RED DIGITAL DE SERVICIOS MULTIPLES POR SATELITE
TELECOMM**
Telecomunicaciones de México
1994
- **ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEMS**
Kennedy, George.
International Student Edition
Editorial Mc Graw Hill
Third Edition, 1985
- **SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEMS**
G. Maral - M. Bousquet
Second Edition
Editorial Advisory Board.
Toulouse, France

- **SATÉLITES DE COMUNICACIONES**
Rodolfo Neri Vela
Editorial Mc Graw Hill
- **SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN VIA SATÉLITE**
James Wood
Editorial Paraninfo
Butterworth – Heinemann Ltd 1994
Traducción Madrid (España)
- **SISTEMA DE SATÉLITES MORELOS**
S.C.T.
Noviembre de 1985