



89  
R.I.

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores  
CUAUTITLAN

**COMUNICACIONES  
APUNTAMIENTO DE LAS ANTENAS  
DE LAS ESTACIONES TERRENAS**

**TRABAJO DE SEMINARIO**  
Que para obtener el título de  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
p r e s e n t a  
**JULIO CESAR JIMENEZ PEÑA**

**ASESOR: INC. JUAN GONZALEZ VEGA**

**Cuautitlán Izcalli, Edo. de México**

**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 ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

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"  
"Apuntamiento de las Antenas de las Estaciones Terrenas"

que presenta el pasante: Julio Cesar Jiménez Peña  
con número de cuenta: S90674S-8 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 Local, Edo. de México, a 12 de Septiembre de 19 97

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>III</u> Ing. Juan González Vega		
<u>IV</u> Ing. Vicente Magaña González		
<u>I</u> Ing. Alfonso Contreras Márquez		

DEP/VOBOSEN

**A MIS PADRES:** Ana Bertha y Josué, gracias por que de ustedes recibo la orientación, el cariño y los consejos ante todo lo que realizo en mi vida y lo que ahora tengo se los debo a ustedes y a Dios.

**A MIS HERMANOS:** Gracias por brindarme todo apoyo y acompañarme siempre en todo momento que necesito de su ayuda.

**A MI FAMILIA:** Gracias porque siempre han estado brindandome su apoyo y comprensión.

**Confiad en Jehová perpetuamente:  
Porque en el Señor Jehová está la  
fortaleza de los siglos.**

**Isaías 26:4**

## **INDICE**

	<b>página</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>3</b>
1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNETICO	4
1.2 LA IONOSFERA	7
1.3 LAS MICROONDAS	9
<b>CAPITULO II</b>	<b>11</b>
2.1 LA ANTENA	12
2.2 PATRON DE UNA ANTENA	12
2.2.1 TIPOS DE ANTENAS	16
2.2.1.1 DE ALIMENTACION FRONTAL	16
2.2.1.2 DE ALIMENTACION DESCENTRADA	17
2.2.1.3 CASSEGRAIN	19
<b>CAPITULO III</b>	<b>22</b>
3.1 ORIENTACION EN ELEVACION Y AZIMUT	23
3.2 TIPOS DE MONTAJES	27
<b>CAPITULO IV</b>	<b>30</b>
4.1 EL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO	31
4.2 CONVERSION DE FRECUENCIA	33
<b>CONCLUSION</b>	<b>37</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>41</b>

## **INTRODUCCION**

Todo satélite es sólo un nodo o punto intermedio de la red de comunicaciones de la que forma parte, que se complementa con las estaciones terrenas que se comunican a través de él. Una estación terrena consiste en una serie de equipos interconectados entre sí, de los cuales el más representativo y conocido es su antena o plato parabólico.

Una antena es elemento o conjunto de elementos que se utilizan en la irradiación o recepción de las ondas electromagnéticas. En un sistema de comunicaciones, la antena se puede considerar como un circuito de transición, o transductor, entre una onda guiada por una línea de transmisión y una onda en el espacio libre y viceversa, es decir, es la interface o etapa de transformación entre las señales electromagnéticas que viajan por el espacio y las señales que circulan por los subsistemas que están conectados a ella, como es el caso de una estación terrena. Podemos mencionar que las funciones principales de una antena se pueden dividir en dos, la de transmitir/recibir señales hacia/desde el satélite y la de movimiento de antena.

No es tarea fácil el apuntamiento de antenas salvo que se cuente con los conocimientos mínimos, experiencia previa y equipos de medición adecuados.

Es sabido que un satélite es básicamente un repetidor como los terrestres, pero ubicado en una órbita geoestacionaria, a una distancia de la Tierra de unos 36000 km. Las

órbitas geoestacionarias se encuentran en el plano ecuatorial, y con un periodo de revolución de un día sideral de 23 h 56 m 4.1 s. De esta forma el satélite puede apuntarse con una antena fija, pues se mueve con la Tierra. Es así como comenzaremos con los conceptos básicos referentes a las antenas para comprender mejor todo lo relacionado con el apuntamiento de antenas.

# **CAPITULO I**

## ***1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNETICO***

## ***1.2 LA IONOSFERA***

## ***1.3 LAS MICROONDAS***

## 1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

Se sabe actualmente que el intervalo de frecuencias del espectro electromagnético es muy grande, como se muestra en la figura 1. La longitud de onda  $\lambda$  de la radiación electromagnética está relacionada a la frecuencia  $F$  por la ecuación general

$$c = F \cdot \lambda$$

donde  $c$  es la velocidad de la luz ( $3 \cdot 10^8$  m/s).

En términos de longitudes de onda, el segmento reducido del espectro electromagnético que se refiere a la región visible entre 0.00004 y 0.00007 cm.

Debido a que las longitudes de onda de la radiación luminica son pequeñas, se define una unidad de medida menor como lo es el nanómetro, y que es una billonésima parte de un metro.

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

El espectro electromagnético es continuo: no hay separaciones entre una forma de radiación y otra. Los límites establecidos son meramente arbitrarios.

Los sistemas de comunicación emplean el espectro electromagnético mostrado. En los sistemas de comunicaciones via satélite y otras aplicaciones de telecomunicaciones se trabaja en las bandas más altas de frecuencia como son la súper alta frecuencia (SHF), y la banda de extremadamente alta frecuencia (EHF), y dentro de estas bandas existen sub-

bandas como las que se encuentran mostradas en la tabla 1, donde hay bandas muy importantes como la C, donde se manejan todas las señales de TV comercial, algunas sistemas de datos, voz y radiodifusión. Otra banda importante es la Ku, por donde se cursan servicios de datos y voz, así como televisión, y por último mencionamos a la banda L, en la cual se manejan sistemas de comunicaciones móviles.

FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA	DESIGNACION DE BANDA
30-300 Hz	10-1 Mm	ELF (frecuencia extremadamente baja)
300-3000 Hz	1 Nm-100 km	
3-30 KHz	100-10 km	VLF (frecuencia muy baja)
30-300 KHz	10-1 km	LF (frecuencia baja)
300-3000 KHz	1 km-100 m	MF (frecuencia media)
3-30 MHz	100-10 m	HF (frecuencia alta)
30-300 MHz	10-1 m	VHF (frecuencia muy alta)
300-3000 MHz	1 m-10 cm	UHF (frecuencia ultra alta)
3-30 GHz	10-1 cm	SHF (frecuencia super alta)
30-300 GHz	1 cm -1 mm	EHF (frecuencia extremadamente alta)
300-3000 GHz	1 mm - 100 µm	
FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA	IEEE DESIGNACION DE BANDA
1-2 GHz	30-15 cm	L
2-4 GHz	15-7.5 cm	S
4-8 GHz	7.5-3.75 cm	C
8-12 GHz	3.75-2.50 cm	X
12-18 GHz	2.50-1.67 cm	Ku
18-27 GHz	1.67-1.11 cm	K
27-40 GHz	1.11 cm -7.5 mm	Ka
40-300 GHz	7.5-1.0 mm	mm

TABLA 1. DESIGNACION DE BANDAS EN RADIO-FRECUENCIA

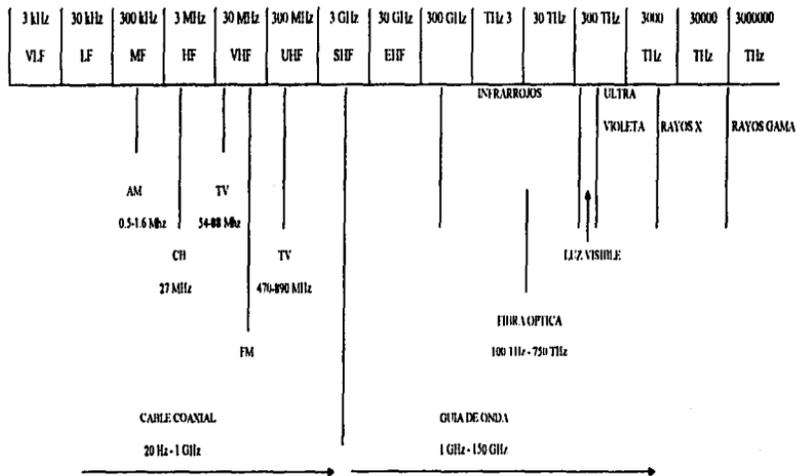


FIGURA 1. ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

## 1.2 LA IONOSFERA

La curvatura de las ondas electromagnéticas hacia la Tierra se debe a la presencia de capas ionizadas en la capa superior de la atmósfera. Estas capas ionizadas aparecen por la ionización de los gases enrarecidos que allí se encuentran y se origina a causa de las radiaciones solares.

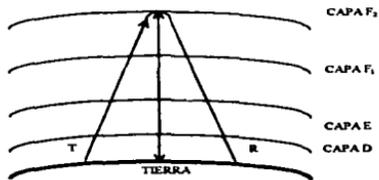


FIGURA 2. CAPAS DE LA IONOSFERA

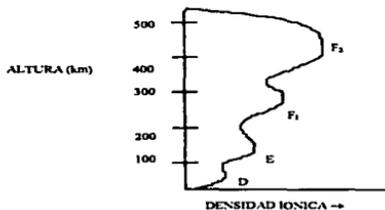


FIGURA 3. DENSIDAD IÓNICA DE LAS CAPAS

La capa D se encuentra ocasionalmente a una altura de 50 a 100 Km durante el día y tiene escasa importancia. La capa E (capa de Kennelly Heaviside) es una capa relativamente permeable a unos 100 Km. La capa F (Appleton), es también más o menos permeable a unos 300 Km. Durante el invierno se divide en capas F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> y esta sujeta a variaciones erráticas. Las capas existen a unas "alturas virtuales" que pueden medirse mediante ecos de radar.

La frecuencia de penetración da una medida de la densidad de ionización por cuanto más alta sea la frecuencia, mayor deberá ser la densidad de los iones que puedan ocasionar reflexión de las ondas, estando dada esa relación por:

$$f_c = 9 \cdot \sqrt{N}$$

Siendo N el número de iones por metro cúbico para la capa en cuestión y  $f_c$  la frecuencia crítica para esa capa.

Para dos puntos cualesquiera en la Tierra, hay una frecuencia máxima que puede usarse. Una frecuencia mayor atravesaría bien la capa E, bien la capa F o ambas. Esta es la llamada frecuencia utilizable máxima  $f_{max}$ . Asociado con esto hay el ángulo de incidencia i según se muestra en la figura 4, donde la frecuencia utilizable máxima se relaciona con la frecuencia  $f_c$  para cierta capa, según:

$$f_{max} = f_c \sec i = f_c \sqrt{1 + d^2/4h^2}$$

Siendo  $d$  la distancia entre el transmisor y el receptor (supuesta la Tierra plana) y  $h$  es la altura virtual de la capa reflectante.

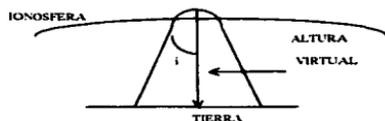


FIGURA 4. ANGULO DE INCIDENCIA

### 1.3 LAS MICROONDAS

Microondas es un término descriptivo que se utiliza para identificar ondas electromagnéticas en el espectro de frecuencias comprendido entre 1 GHz ( $10^9$  Hz) y 30 GHz, que corresponde a longitudes de ondas de 30 cm a 1 cm. Algunas veces también a frecuencias más elevadas (hasta 600 GHz) se les llama microondas.

Una ventaja importante asociada con el uso de microondas en comunicaciones es su ancho de banda extenso. Un ancho de banda de 10% en 3 GHz implica un espectro disponible de 300 MHz, lo que significa que todas las señales de radio, televisión y otras comunicaciones que se transmiten en el espectro de frecuencia desde c.d. hasta 300 MHz pueden acomodarse en el ancho de banda de 10% alrededor de 3 GHz. En virtud de que la

**gama de frecuencias bajas del espectro de radio está congestionada. existe la tendencia a utilizar cada vez más la región de microondas (y aún frecuencias más elevadas) para diversos servicios.**

**Las longitudes de onda corta simplifican también el diseño e instalación de antenas de alta direccionalidad. La direccionalidad de una antena depende de su razón de apertura a la longitud de onda que va a transmitirse. En 10 GHz, puede obtenerse un haz direccional de 1° de anchura con antena de 6.9 pies. En 10 Mhz, se requeriría una de 6900 pies, lo que es impráctico, sobretodo si se desea girar la antena de manera que el haz incida en varias direcciones.**

## **CAPITULO II**

### ***2.1 LA ANTENA***

#### ***2.1.2 PATRON DE UNA ANTENA***

#### ***2.1.2 TIPOS DE ANTENAS***

##### ***2.1.2.1 DE ALIMENTACION FRONTAL***

##### ***2.1.2.2 DE ALIMENTACION DESCENTRADA***

##### ***2.1.2.3 CASSEGRAIN***

## **2.1 LA ANTENA**

Las características más importantes de una antena son su ganancia y su patrón de radiación. La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección.

### **2.1.1 PATRON DE UNA ANTENA**

El patrón de radiación de una antena está definida como una representación gráfica de las propiedades de radiación de las antenas como función de las coordenadas espaciales. Normalmente se especifican en:

- a) Intensidad de campo
- b) Fase o polarización

Nos proporciona información sobre la distribución de energía radiada como función del observador a lo largo de un radio constante. Las descripciones del funcionamiento de una antena son llamados patrones de antena, en términos de potencia relativa y db respectivamente. Los lóbulos laterales son mostrados en la figura 5, tienen la misma intensidad que el radiador isotrópico lo cual significa que la ganancia es igual a 1 (cero db). Todas las antenas tienen lóbulos anteriores en dirección opuesta al lóbulo principal. Como lo muestra la figura 5, así, la ganancia del lóbulo anterior generada tiende a hacerse menor que la unidad, en este caso se produce una ganancia negativa de -3 db, [figura 6].

Los lóbulos laterales y el lóbulo principal son características de una estación terrena mediante los cuales se generan y se reciben interferencias, por lo que se ha enfocado la atención a la reducción de éstos.

Otras de las definiciones útiles del comportamiento de una antena además de la ganancia pico, es el ancho de haz a media potencia (comúnmente llamada ancho de haz) es el ancho del lóbulo principal medido entre dos puntos donde la intensidad de potencia es la mitad de la intensidad pico. Un nombre para la misma medición comúnmente usado es el de ancho de banda a -3 db. Entonces el punto donde es la media de potencia de intensidad es de 3 db abajo. El ancho de banda a media potencia define el rango de apuntamiento de la antena (ángulo de alineamiento) sobre la cual la antena o el satélite pueden moverse sin que se pierda la señal. Esto permite prácticamente una pérdida de potencia de un 25% de la señal. Lo cual requiere de un apuntamiento exacto o control de posición de satélite.

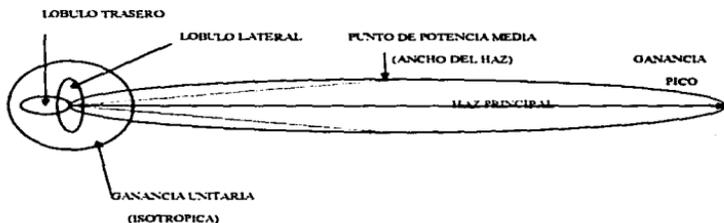


FIGURA 5. GANANCIA DE UNA ANTENA DE ALTA GANANCIA

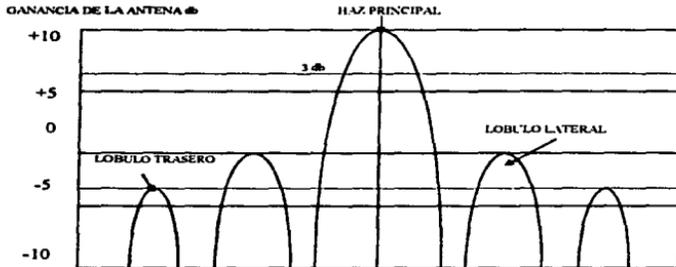


FIGURA 6. ANGULO CENTRAL DE UN HAZ PRINCIPAL

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 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 sean 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. 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, que es el eje del lóbulo principal de su patrón de radiación [figura 5] 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 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; así mismo, si su diámetro se conserva fijo el mismo efecto anterior se obtiene mientras mayor sea la frecuencia de operación, pues “eléctricamente” hablando la antena es más grande en términos de longitudes de onda.

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 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, o bocina.

La distancia del punto focal se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$F = \frac{D^2}{16d}$$

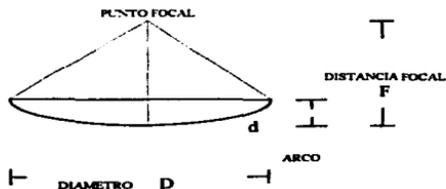


FIGURA 7. PUNTO FOCAL DE UNA PARABOLA

## **2.1.2 TIPOS DE ANTENAS**

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.

### **2.1.2.1 DE ALIMENTACION FRONTAL**

En una antena parabólica con alimentación frontal [figura 8] 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. Así mismo, si la antena está recibiendo del satélite, los rayos que incidan sobre el piso cerca de la antena se reflejan sobre 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, pero esto 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, como sí ocurre en telefonía multicanal o distribución de televisión.

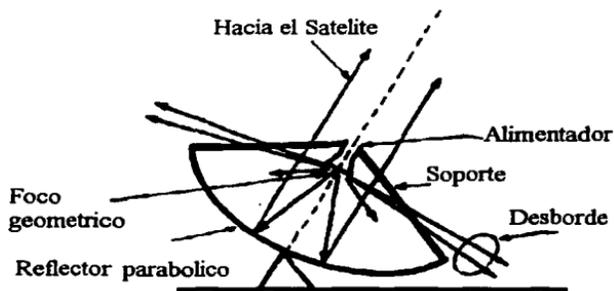


FIGURA 8. ANTENA PARABOLICA CON ALIMENTADOR FRONTAL  
(MODO DE TRANSMISION)

#### 2.1.2.2 DE ALIMENTACION DESCENTRADA

El bloqueo del alimentador, el equipo electrónico y la estructura de soporte se puede eliminar si se utiliza una antena parabólica con alimentación descentrada [figura 9]. 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 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 tipo de antena se utiliza en varias estaciones receptoras y transmisoras de televisión, telefonía y datos, aunque la Cassegrain es mucho más popular.

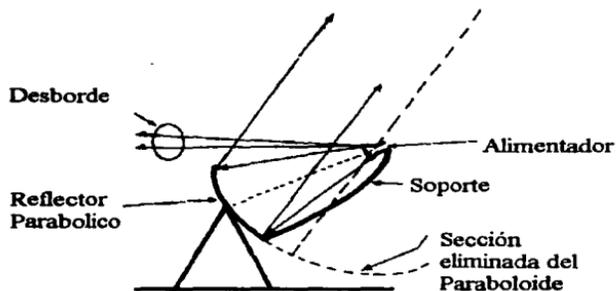


FIGURA 9. ANTENA PARABOLICA CON ALIMENTACION DESCENTRADA (MODO DE TRANSMISION)

### 2.1.2.3 CASSEGRAIN

La antena Cassegrain [figura 10], es mucho más eficiente que cualquiera de los 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 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 [figura 11] 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.

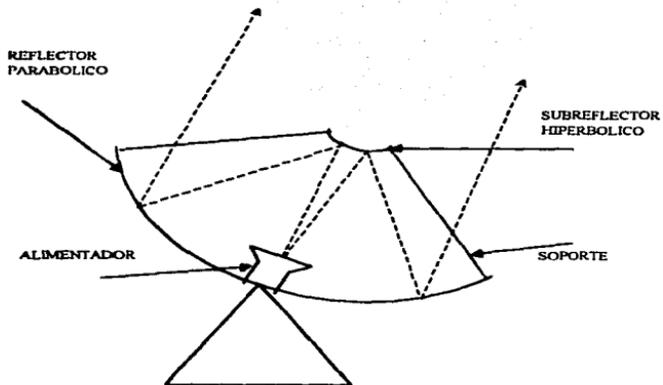


FIGURA 10. ANTENA CASSEGRAIN CON ALIMENTACION FRONTAL

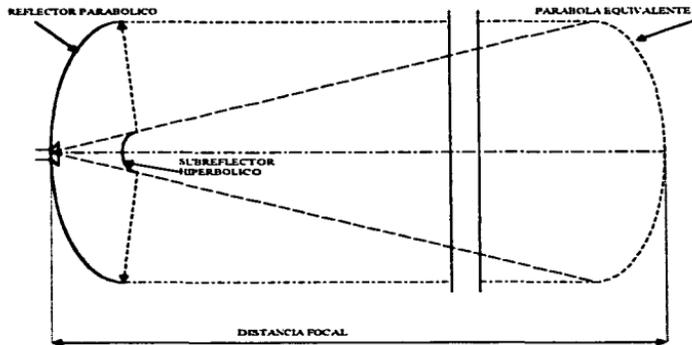


FIGURA 11. EQUIVALENCIA DE UNA ANTENA CASSEGRAIN A UNA CON ALIMENTACION FRONTAL DE DIFERENTE CONCAVIDAD Y DISTANCIA FOCAL

## **CAPITULO III**

### ***3.1 ORIENTACION EN ELEVACION Y AZIMUT***

### ***3.2 TIPOS DE MONTAJES***

### 3.1 ORIENTACION EN ELEVACION Y AZIMUT

La orientación de la antena de una estación terrena hacia un satélite geoestacionario se realiza ajustando dos ángulos, en elevación y azimut; los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación, en latitud y longitud, y de la ubicación y 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 aquel formado entre el piso y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite [figura 12]; 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 [figura 13].

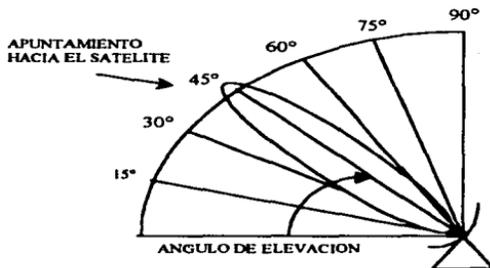
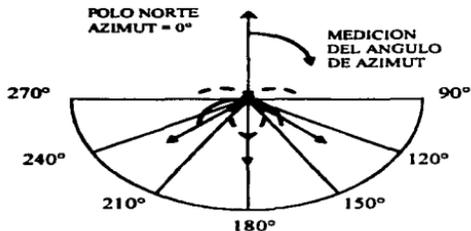


FIGURA 12. DEFINICION DEL ANGULO DE ELEVACION DE LA ANTENA



**FIGURA 13. DEFINICION DEL ANGULO DE AZIMUT DE LA ANTENA**

Cuanto más nos alejemos de la longitud de Greenwich, más tendremos que girar en sentido horizontal nuestra parábola y más tendremos que inclinarla para poder apuntar al satélite [figura 14].

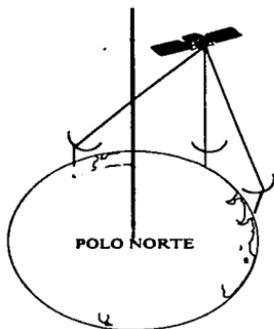


FIGURA 14. UBICACION DEL MERIDIANO

El parámetro más importante para apuntar a un satélite es la elevación. En la práctica, en la línea del Ecuador, se situará en horizontal, cuanto más nos alejemos hacia el norte, mas tendremos que bajarla, [figura 15].

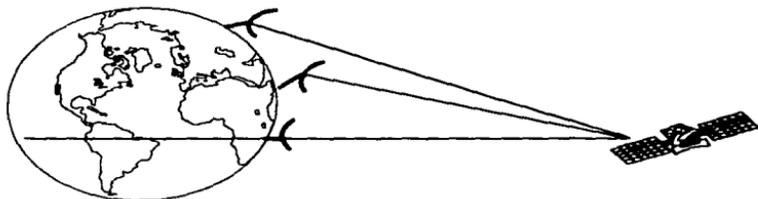


FIGURA 15. UBICACION DEL ECUADOR

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, pues como ya se ha visto anteriormente, ningún satélite geostacionario es realmente fijo, sino que tiende a salirse poco a poco de su posición orbital. Por otra parte, por ejemplo, las embarcaciones marítimas cambian constantemente de posición y dirección, y las antenas de sus estaciones terrenas deben reorientarse sincronizadamente en elevación y azimut para conservar la comunicación con el satélite; incluso, puede haber casos en los que aunque la estación terrena sea fija, algunas condiciones ambientales ocasionales como la lluvia y el viento, y el mismo peso de la antena modifiquen su orientación y sea necesario realizar pequeñas correcciones de los ángulos de elevación y azimut para garantizar una recepción o transmisión óptima de las señales.

### **3.2 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-azimut, X-Y o ecuatorial. Todos tiene dos ejes para realizar los movimientos de orientación de la antena; uno es fijo con relación al piso y se denomina primario, el otro es móvil con referencia al primer eje.

En el caso del montaje elevación-azimut, 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.

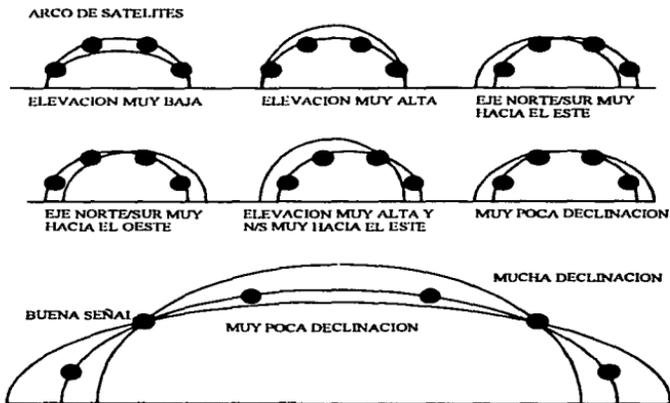
El montaje X-Y tiene su eje primario colocado horizontalmente, y el eje secundario es perpendicular a él. La configuración es práctica para rastrear con facilidad a un satélite cuando éste pasa por el cenit, o sea, directamente arriba de la estación, en la zona ecuatorial, puesto que se evita hacer movimientos de la antena tan rápidos como los que se necesitan hacer con el montaje elevación-azimut, pero resulta inadecuado para rastrear satélites cerca del horizonte.

Por lo que respecta al montaje ecuatorial, su eje primario 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 le llama polar. Para realizar los ajustes de orientación se emplean mecanismos de engranajes y gatos de tornillos, y las fuerzas motrices asociadas se generan por medio de motores.

Independiente 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 la figura 16, se muestran seis problemas de rastreo comunes. La mejor forma de visualizarlos es imaginándose el arco de satélites y el de rastreo como dos círculos. Los dos círculos tienen que estar alineados para conseguir un rastreo perfecto.



**FIGURA 16. PROBLEMAS COMUNES DE SEGUIMIENTO DE SATELITES**

## **CAPITULO IV**

### ***4.1 EL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO***

### ***4.2 CONVERSION DE FRECUENCIA***

#### **4.1 EL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO**

A su llegada la señal tiene un intensidad muy baja y de que es muy vulnerable ante cualquier ruido que se le pueda añadir antes de ser amplificada a un nivel aceptable; 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 más baja tanto mejor, porque el ruido que se añade a la señal es menor y la calidad de recepción aumenta. Sin embargo, no solamente se introduce ruido en la señal a través del amplificador de bajo ruido, sino también por la antena.

De acuerdo con lo anterior, y como el nivel de potencia de la señal a su llegada a una estación receptora es muy bajo, el amplificador de bajo ruido debe ser altamente sensible, es decir, que el ruido interno generado por él, caracterizado por su temperatura de 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 tanto, 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 mayor parte de los amplificadores de bajo ruido son "paramétricos" (su circuito de microondas emplea un diodo varactor), pero en los últimos años se ha logrado un progreso importante en la fabricación de amplificadores con transistores de efecto de campo (FET) de arseniuro de galio (Ga-As). Estos últimos son más estables y menos complicados para alimentarlos de energía, aunque su temperatura de ruido es ligeramente mayor que la de los amplificadores paramétricos. Por norma general, las estaciones grandes usan amplificadores paramétricos y las pequeñas amplificadores FET.

La temperatura de ruido usual con la que operan los amplificadores actuales es del orden de unas cuantas decenas de grados Kelvin o cuando mucho unos grados Kelvin. La tecnología desarrollada hasta ahora en la banda C (3.7-4.2 GHz) ha permitido fabricar fácilmente amplificadores con temperaturas inferiores a los 100 grados Kelvin, pero en la banda Ku (11.7-12.2 GHz) es más común encontrarlos con temperaturas entre los 100 y 200 grados Kelvin. La temperatura física del amplificador se puede controlar por medios: refrigeración criogénica, termoelectrica o por compensación de temperatura. La refrigeración criogénica incluye dispositivos con partes móviles y consiste básicamente en un sistema de circulación de helio gaseoso, alcanzándose temperaturas cercanas a los -200 grados centígrados.

Con el sistema de refrigeración termoelectrica se logra reducir la temperatura de las componentes sensibles del amplificador hasta unos -50 grados centígrados; tiene la ventaja de que no requiere ninguna parte móvil, además de que se instala directamente dentro del

dispositivo en una caja herméticamente. lo cual le da mucha robustez y facilidad de mantenimiento.

En cuanto a la refrigeración por compensación de temperatura se refiere, ésta se utiliza cuando no es necesario que la temperatura de ruido sea muy baja; emplea sistemas de control más sencillos que los de refrigeración termoelectrónica, y también puede usársele a la temperatura ambiente (considerada comercialmente de 0 a +50 °C, para incluir una gama amplia de zonas geográficas).

#### **4.2 CONVERSION DE FRECUENCIA**

La señal de salida del amplificador contiene toda la información radiada por el satélite en una banda de operación con 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, centrándola en una frecuencia intermedia (FI) de recepción, es decir, haciendo una conversión inversa al convertidor elevador de la estación transmisora.

La conversión de reducción de frecuencia se puede hacer en un sólo paso, bajando la frecuencia de llegada a la antena, que es la misma frecuencia en la que opera el amplificador de bajo ruido, hasta la frecuencia FI que se le debe entregar al demodulador [figura 17]. El proceso también se puede realizar en dos pasos [figura 18] y se prefiere así cada vez más en las estaciones terrenas modernas porque es más fácil sintonizar los equipos de recepción en

cualquier región del ancho de banda de transmisión del satélite; esto es importante, porque el plan original del uso de las frecuencias de transmisión del satélite puede variar con el tiempo, en uno o en todos sus transponedores, y la frecuencia de trabajo y el convertidor reductor se puede ajustar más fácilmente si se usa doble conversión.

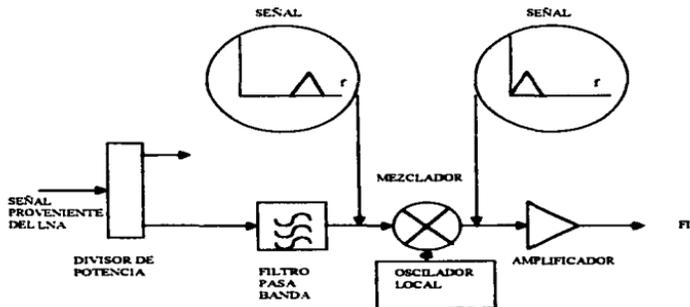


FIGURA 17. CONVERSION REDUCTORA DE FRECUENCIA EN UN SOLO PASO

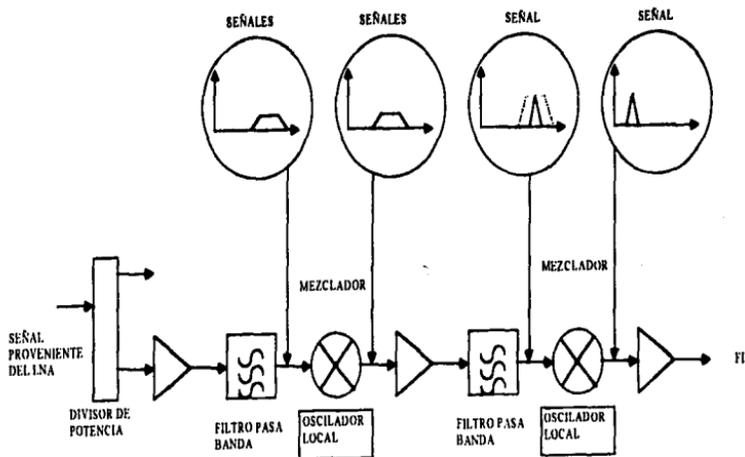


FIGURA 18. CONVERSION REDUCTORA DE FRECUENCIA EN DOS PASOS

Algunos fabricantes producen el amplificador de bajo ruido o LNA integrado al convertidor 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 LNC, o como "convertidor reductor de bloque de bajo ruido" o LNB. En la mayor parte de las estaciones terrenas receptoras el convertidor reductor se instala a unos 10 metros de distancia como máximo del amplificador de bajo ruido (LNA), con el fin de minimizar las pérdidas de los cables. La ventaja de un convertidor de bajo ruido es que el convertidor reductor va montado en la antena misma junto al LNA, pero la estabilidad de su oscilador local se puede alterar por temperaturas extremas del medio ambiente; como los requerimientos de estabilidad son menores para la recepción de televisión modulada en FM que, por ejemplo, en SCPC o sistemas TDMA, los LNC y los LNB son utilizados principalmente para la recepción de televisión. De estos dos, el LNC tiene la desventaja de que solo puede alimentar a un receptor a la vez, pero es sencillo y económico, mientras que el LNB puede alimentar simultáneamente a varios receptores con señales distintas.

## CONCLUSION

Dependiendo de las aplicaciones de las estaciones terrenas, las antenas de dichas estaciones serán de características sencillas o mucho más complejas. Las estaciones caseras de recepción de televisión sólo requieren de la antena y el receptor, mientras que redes de transmisión de datos sólo requerirán de la antena y el transmisor, de igual forma las estaciones terrenas que tengan antenas pequeñas no necesitan sistema de rastreo, mientras que las antenas de diámetros mayores requerirán de un sistema de rastreo que le permita tener bien direccionado su haz hacia el satélite.

Dependiendo también de la aplicación de la antena se dispondrá del tipo de montaje más apropiado para soportar la antena. Así, si la antena sólo debe apuntar a un único satélite, el soporte adecuado bastará con que sólo tenga dos movimientos para orientarse al satélite, pero se tiene que considerar otro punto importante el cual es, la ubicación de la estación terrena, es decir, cuan cerca esta del Ecuador, como ya se mencionó anteriormente, cuanto más nos alejemos del Ecuador tendremos que inclinar más nuestra antena y esto nos da una característica más para determinar el tipo de montaje apropiado.

Ahora bien, si no se quisiera apuntar sólo a un único satélite, es decir se desea tener la opción de poder reorientar la antena hacia otro u otros satélites, será preciso tener el tipo de soporte adecuado para realizar el rastreo de satélites de acuerdo a nuestras necesidades.

**Por tal razón es primordial para tener una mejor calidad en la recepción/transmisión el contar con una buena orientación de nuestra antena en la estación terrena, y de igual forma el rastreo del satélite debe ser apropiado para nuestras necesidades.**

## GLOSARIO

### **LOBULOS DEL PATRON DE RADIACION**

Proporción del patrón de radiación acotados por regiones de intensidad de radiación máxima.

### **LOBULO MAYOR**

Es el lóbulo de radiación contenido en la dirección de máxima radiación.

### **LOBULO MENOR**

Es el lóbulo de radiación en cualquier otra dirección que el lóbulo deseado (usualmente un lóbulo lateral es adyacente al lóbulo principal y ocupa el hemisferio en la dirección del lóbulo principal).

### **LOBULO POSTERIOR**

Usualmente se refiere al lóbulo menor que ocupa el hemisferio en la dirección opuesta al lóbulo mayor.

### **RADIADOR ISOTROPICO**

Un radiador isotrópico es análogo a un foco de luz, el cual define una esfera, la intensidad de energía es constante.

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

## **TEMPERATURA DE RUIDO**

Ruido interno generado por el amplificador de bajo ruido, es función de parámetros, como su ganancia, características de sus componentes y la temperatura física de ellos.

### **FI**

Frecuencia intermedia.

### **LNA**

Amplificador de bajo ruido.

### **LNC**

Convertidor de bajo ruido.

### **LNB**

Convertidor reductor de bloque de bajo ruido.

## BIBLIOGRAFIA

**BOSCH, TORRANO ANGEL**

*CURSO DE INSTALACION DE ANTENAS PARABOLICAS*

EDITORES ASOCIADOS MEXICANOS S.A. DE C.V.

MEXICO 1991

**K.C. GUPTA**

*MICROONDAS*

EDITORIAL LIMUSA

MEXICO 1993

**NERI, VELA RODOLFO**

*SATELITES DE TELECOMUNICACIONES*

EDITORIAL MC GRAW-HILL

MEXICO 1989

**F.R. COONOR**

*ANTENAS IV / TEMAS DE TELECOMUNICACIONES*

EDITORIAL LABOR

1976

**GALINDO ARELLANO**

*INFORMACION COMPLEMENTARIA AL CURSO DE INSTALACION DE ANTENAS PARABOLICAS  
"TURO"*

**TELECOMUNICACIONES DE MEXICO**

**MEXICO 1997**

**GONZALES ARELLANO, VICTOR ANDRES**

*APUNTES DEL CURSO DE ORIENTACION DE ANTENAS PARABOLICAS*

**ESCUELA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (ENTEL)**

**MEXICO 1994**