

8
2.º Sem.



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

RECEPCION DIRECTA DE T. V.
DIFUNDIDA POR SATELITE

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:

JUAN MANUEL ALONSO MARTINEZ
VICTOR MARCELO ANAYA FERNANDEZ
JUAN FRANCISCO CARREON CEPEDA
RUBEN ESTEBAN LOPEZ RUIZ

DIRECTOR DE TESIS
DR. RODOLFO NERI VELA



MEXICO, D. F.

1985



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 está 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.

PROLOGO

Este trabajo es el producto de la investigación desarrollada en el Seminario Recepción Directa de T.V. Difundida por Satélite, que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Eléctrica realizamos cuatro personas.

El criterio que se trató de mantener tanto en la estructura global del trabajo, como en cada capítulo, fue el de partir de una visión general a una particular. Con este objeto, consideramos importante incluir la información indispensable que sirva como base para una mayor comprensión del tema central de nuestra tesis. Por ello hemos concentrado en un solo texto los antecedentes fundamentales que se pueden encontrar; - pero en forma muy dispersa. En el inicio, se tuvieron dificultades en la obtención de la información para desarrollar el tema, debido a lo vedoso de éste en nuestro país y a la diseminación del material técnico al que nos hemos referido. Conforme se recibió la literatura suficiente se fue estructurando un índice general, que con el acopio de documentación y el desarrollo del trabajo fue modificándose en varias ocasiones hasta madurar su forma final, que es la que se presenta aquí y que consideramos la más adecuada.

En los primeros cinco capítulos se hace una reseña histórica de interés, se introduce al lector en los aspectos más sobresalientes de la parte espacial, las comunicaciones por satélite y la parte terrestre de un sistema satelital. En los capítulos restantes se estudia la recepción directa de televisión difundida por satélite, las aplicaciones que ha tenido en diferentes países y pretendiendo dar un panorama más amplio de la situación de nuestro país al respecto, se presenta una investigación de campo de la nascente industria nacional y se tratan de vislumbrar las posibles aplicaciones de este nuevo servicio en nuestro país.-

no sin antes resumir la experiencia de México en comunicaciones por satélite.

Con objeto de mejorar nuestra visión en el estudio, asistimos a exposiciones industriales y conferencias relacionadas con el tema, así como el Seminario Telecomunicaciones Vía Satélite impartido bajo patrocinio de la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería - de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Agradecemos al Dr. Rodolfo Neri Vela su entusiasta, paciente y atenta dirección; así como a todos los que nos ayudaron con su invaluable cooperación para la realización de nuestro trabajo.

LOS AUTORES

INTRODUCCION

La necesidad del hombre para comunicarse con sus semejantes ha hecho posible el desarrollo de diversos sistemas de comunicaciones, desde los más rudimentarios y primitivos hasta los más sofisticados con los que cuenta en la actualidad. En su momento histórico todos han sido importantes, pero no cabe duda que a partir del surgimiento de los sistemas eléctricos y electrónicos se ha dado una revolución en las comunicaciones, de tal manera que hoy en día es factible comunicar a un gran número de personas no importando las distancias y obstáculos geográficos. Los avances en la tecnología en diversas materias en los últimos años han permitido el uso de satélites artificiales con tal fin.

Un satélite de comunicaciones no es más que un repetidor de microondas situado fuera de la atmósfera terrestre. En sus inicios la capacidad del servicio de este repetidor fue limitada a un enlace entre dos estaciones terrenas a la vez, pero al demostrar su confiabilidad se multiplicaron esfuerzos para aprovechar este recurso con técnicas más avanzadas optimizando su uso para darle acceso a una cantidad mayor de estaciones simultáneamente. Las consideraciones necesarias a tomar en cuenta para una comunicación a través de este sistema, son las características de las estaciones terrenas transmisora y receptora, así como del satélite, del medio de transmisión y del tipo de señal.

Debido a la enorme distancia a la que se encuentran los satélites de la tierra, las señales cruzar una gran cantidad de atmósfera, lo que ocasiona su atenuación, tanto por la absorción atmosférica de potencia,

como por la dispersión de energía en el espacio y dependiendo de las -- frecuencias de operación, los fenómenos anteriores son significativos -- en mayor o menor grado. El ruido que siempre está presente en la natu- raleza debe ser considerado para establecer el nivel de potencia de -- transmisión de la señal para que la información sea recuperada con la - calidad deseada.

El procesamiento de las señales se realiza en las estaciones, por- ésto, es importante conocer su configuración y funcionamiento.

Por otra parte, son varios los servicios de comunicación que brin- dan los satélites, siendo uno de ellos la radiodifusión de televisión, - el cual ha tenido gran aceptación e impulso últimamente.

A raíz del éxito obtenido en la radiodifusión por satélite para -- servicios domésticos, se han implantado diversos sistemas en el mundo, - que según las necesidades e intereses de cada país determinan su uso - comercial o no.

Próximamente, México se incorporará al grupo de países que tienen - un sistema satelital doméstico y una de las aplicaciones que puede darle es la difusión de televisión, por ello es interesante investigar y ana- lizar la industria del segmento terrestre con que cuenta nuestro país pa- ra este servicio y pensar en el uso racional del sistema para garantizar beneficios realmente sociales para todos los mexicanos.

Capítulo 1

ANTECEDENTES HISTORICOS.

Las bases de la astrodinámica, rama de la astronáutica que se ocupa del movimiento de las astronaves, fueron sentadas por Isaac Newton -- (1642-1727) y elaboradas posteriormente por numerosos astrónomos y matemáticos; pero los primeros estudios prácticos sobre el empleo de cohetes como motores para viajes al espacio se hicieron apenas a fines del siglo pasado gracias a Konstantin Tsiolkovsky, matemático ruso, genio sordo y autodidacta que publicó en 1903 un tratado sobre viajes espaciales, siendo uno de los primeros hombres en percibir que el cohete era un buen medio para escapar de la gravedad de la Tierra.

Cuando los primeros aviones se alzaban torpemente sobre la superficie terrestre, él ya escribía acerca de los satélites.

El norteamericano Robert Hutchings Goddard hizo cálculos sobre cohetes y vuelos espaciales y se dedicó a diseñar maquinaria y equipo, a estudiar combustibles y también a construir cohetes y volarlos. En nar-

zo de 1926 fué lanzado el primer cohete impulsado por combustible líquido en Auburn, Massachusetts, el cual cubrió una distancia de 55 m. Hacia 1935 habían volado venturosamente cohetes con un peso de casi 50 kg. a una distancia de 2,250 m.

El tercer pionero de la astronáutica fue el rumano Hermann Oberth - que en 1923 publicó un opúsculo cuyo título podría traducirse como "El cohete en el espacio interplanetario"; en él llegó a las mismas conclusiones que sus dos predecesores pero superándolos en varios aspectos. Oberth revivió la teoría del satélite que se había olvidado desde la publicación medio siglo antes, de la Luna de Ladrillo de Edward Everett, - que contiene la primera sugerencia jamás hecha sobre un satélite artificial.

El resultado más importante de Oberth fue el inspirar la experimentación; sin embargo, sólo en Alemania y Rusia los pioneros de la cohetaría recibieron el apoyo que les era esencial para perfeccionar y seguir adelante con las investigaciones. En el mayor secreto creció el esfuerzo alemán en el desarrollo de cohetes, primero en Kummersdorf, cerca de Berlín, y después de 1937 en Peenemünde, en el litoral del Báltico. Muy pronto, miles de ingenieros y científicos estaban trabajando en la producción del gigantesco proyectil que el mundo conocería años después como el V2 (A4 según el nombre original alemán).

Debido a que los componentes básicos del V2 son el corazón de todos los vehículos espaciales de hoy en día es importante comprender los problemas con que se enfrentó el programa alemán de cohetes. El corazón de éstos, como el de todos los vehículos, es su motor o impulsor. En esencia, el motor de un cohete es un horno, con un extremo abierto, en el cual se quema el combustible y del que escapan los productos de la combustión por una boquilla en forma de embudo.

Para lanzar a 80 km de altura un proyectil de 12 toneladas, el mo--

tor del V2 tenía que desarrollar una potencia de más de medio millón de caballos. Para lograr esta energía quemaba una mezcla de alcohol y oxígeno líquido a razón de una tonelada cada siete segundos; para evitar -- que la temperatura fundiera el metal de la cámara de combustión se inyectó combustible alrededor de la boquilla para que formara una película -- protectora de vapor que servía como escudo al vulnerable metal.

El primer vuelo venturoso del V2 que rompió todas las marcas de altura, peso, velocidad y alcance, se realizó en Peenemünde el 3 de octubre de 1942.

El 20 de septiembre de 1956, en Cabo Cañaveral se elevó un cohete -- del Ejército Norteamericano que describió un gran arco sobre el Atlántico. El cohete funcionó a la perfección y su última etapa alcanzó una velocidad nunca antes lograda por objeto alguno hecho por el hombre: 21,000 kilómetros por hora.

El 4 de octubre de 1957 el mundo se enteró que la Unión Soviética -- tenía en órbita el Sputnik I de forma esférica y un peso de 85 kilogramos, el cual daba la vuelta al mundo cada 96 minutos; apenas un mes después -- de este lanzamiento, fue puesto en órbita el Sputnik II de forma cónica, media tonelada de peso y un ser viviente a bordo, la perra Laika.

Fue hasta enero de 1958 cuando Estados Unidos lanzó el Explorer I -- logrando con esto su primer satélite.

Una vez en marcha, los norteamericanos superaron a los rusos en número de satélites, pues Rusia en 1958 sólo puso en órbita el Sputnik III de 1360 kilogramos, en tanto que los Estados Unidos durante su primer -- año en el espacio lanzaron cinco satélites y tres sondas lunares que les dieron a los científicos la primera información directa sobre regiones a más de 100,000 kilómetros de la Tierra y delimitaron los cinturones de -- Van Allen.

Uno de los acontecimientos más importantes de 1958 fue de índole puramente estructural: la constitución de la Administración de Aeronáutica y del Espacio (NASA). El primer satélite de comunicaciones de la NASA fue el Eco I, lanzado el 12 de agosto de 1960; cuando llegó a su altura orbital, se desplegó formando un globo plateado de 30 metros de diámetro con la superficie lisa y brillante, que al captar los rayos del Sol era claramente visible desde la Tierra. Su superficie reflectora demostró la viabilidad de hacer rebotar señales de radio alrededor del mundo. Este satélite se desplazaba a 25,000 km/hr a una altura de 1,500 kilómetros. El Eco I reaccionó a la presión de la radiación y volvió a la atmósfera el 24 de mayo de 1968.

Diferente a este tipo pasivo de satélite, se lanzó el Courier I el 4 de octubre de 1960; llevaba cintas magnetofónicas para almacenar los mensajes que se le enviaban y luego los llevaba alrededor del mundo y los retransmitía a una estación receptora.

Algunos de los satélites de esta primera década vivieron poco, pues ardieron cuando reingresaron a la atmósfera tras algunas revoluciones alrededor de la Tierra, pero otros estaban a tan gran altura que quedarán en órbita un tiempo indefinido.

Los satélites han revolucionado el mundo de las comunicaciones. Antes de 1956 no se podía hablar de un lado al otro del Océano Atlántico excepto por radioteléfono, y si las condiciones atmosféricas eran desfavorables, no era posible hablar de ningún modo. En 1956 se inauguró el primer cable telefónico trasatlántico, brindando 36 circuitos telefónicos libres de interferencias.

La transmisión confiable de señales de video a estaciones terrenas se efectuó por primera vez desde el Tiros I en 1961; y un año después, el Telstar I, con un diámetro de 86.5 cm y 73 kg de peso, fue el primer satélite comercial y trasatlántico de comunicaciones electromagnéticas.

Fue puesto en órbita el 10 de julio de 1962, haciéndose cargo de casi un millar de conversaciones telefónicas simultáneas. Este satélite retransmitió señales de televisión entre Andover (USA) y Goonhilly Downs, en -- Inglaterra, y viceversa durante un cuarto de hora solamente. El Telstar I dejó de emitir en marzo de 1963 pese a haber sido diseñado para una duración no menor de dos años.

Preparando los cimientos para esta nueva era, el Congreso Norteamericano creó en 1963 la Corporación de Comunicaciones por Satélite - - - (COMSAT); muy pronto, cuarenta y cinco naciones se unieron para planear un sistema mundial.

Después del Relay I en diciembre de 1962, que pesaba 78 kg, vinieron otros satélites de comunicaciones como el Syncom I en febrero de -- 1963 pesando 39 kg; el Telstar II el 7 de mayo de 1963 de 79 kg; el Syncom II el 26 de julio del mismo año y de 36 kg de peso; el Relay II el - 21 de enero de 1964 pesando 78 kg y el Eco II el 25 de enero del mismo año de 67 kg de peso. Prosiguieron a éstos satélites los de la serie -- Intelsat.

La Organización Internacional de Satélites de Comunicaciones (INTELSAT) fue el primer sistema comercial; empezó a operar en 1965 y actualmente es el más extenso. Todos los satélites Intelsat son geostacionarios, operando en una órbita ecuatorial a 36,000 km.

La efectividad de las comunicaciones por este medio depende de la capacidad del satélite, por lo que durante la década de 1965 a 1975 y -- aún a la fecha, los miembros de Intelsat se han dedicado a desarrollar tecnología en tres áreas principalmente:

a.- Potencia. Más potencia en el vehículo de lanzamiento permite que -- pueda haber más masa en órbita. Esto, entre otras cosas, provee un área mayor para las celdas solares que producirán mayor energía eléctrica para transmitir.

- b.- Ancho de banda. Incrementada la potencia y un diseño más sofisticado de los transpondedores, permite mayor eficiencia en la distribución del ancho de banda.
- c.- Tiempo de vida. Se perfeccionaron los componentes y el diseño del satélite para una mayor duración.

Además de las tres áreas anteriores, en años recientes, se ha estado desarrollando la tecnología de reutilización de frecuencias con más de una polarización y haces de iluminación múltiples.

El sistema Intelsat fue diseñado para usar antenas de 30 m, pero -- con el desarrollo de la tecnología, estas dimensiones han disminuido; -- ahora las hay, por ejemplo, de 11 m y hasta de 5 m, que se han usado en emergencias cuando se tiene que reparar alguna otra.

Canadá ha contribuido a mejorar la tecnología de las comunicaciones vía satélite; en noviembre de 1972 lanzó el primer satélite geostacionario para comunicaciones domésticas a 114 grados de longitud oeste, el -- segundo se lanzó en abril de 1973 a los 109 grados y el tercero en mayo de 1975 a los 104 grados también de longitud oeste. Los satélites fueron fabricados por la Hughes Aircraft Co. en combinación con algunas firmas canadienses. Los cohetes de lanzamiento (Thor Delta) fueron facilitados por la NASA.

El Sistema Telesat de Canadá comenzó por ofrecer, en 1973, servicios comerciales vía satélite. Cada uno de los tres satélites Anik A, -- que fue la primera generación, contaba con 12 transpondedores de 36 MHz que podían transmitir cada uno, 960 circuitos de voz o un canal de TV en color. La PIRE por transpondedor era de 33 dBW y cada satélite tenía -- 20,048 celdas solares que producían 300 J. El Sistema Telesat fue el -- primero en introducir el TDMA que es una forma de acceso múltiple que se -- rá tratada en el capítulo 4.

Con la ayuda de la Hughes Aircraft, el gobierno de Indonesia inauguró en 1976 su propio sistema satelital que se denominó "Palapa" y que -- constaba de dos satélites HS-333. Este sistema se ha ido ampliando con satélites más modernos.

En 1972, la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos -- (FCC), propuso que las empresas privadas compitieran en el campo de las comunicaciones vía satélite; tres compañías, American Satellite, RCA y -- Western Union Telegraph establecieron estaciones terrenas iniciando servicios en 1973 rentando transpondedores a los satélites canadienses de -- Telesat.

Western Union lanzó su primer satélite Westar I en abril de 1974 y le siguió el Westar II en junio de 1974; en ese mismo año los servicios comerciales surgieron con la implantación de cinco estaciones terrenas, -- las cuales se colocaron en Nueva York, Chicago, Dallas, Atlanta y Los -- Angeles, cada estación tiene una antena parabólica de 15 m.

La RCA empezó rentando un transpondedor al Anik II de la organiza-- ción Telesat. Con el lanzamiento de dos satélites en 1975 y el otro en 1976 de la serie Satcom, dieron servicio a Hawai, Alaska y parte del ter-- ritorio norteamericano; los servicios incluyen la distribución de señal de TV a Alaska, así como telégrafo, teléfono, líneas privadas de video, -- radio, transmisión de datos y TV por cable.

La Agencia Espacial Europea lanzó un cohete Ariane en junio de 1981 que colocó dos satélites artificiales en órbita geostacionaria, uno de ellos estaba destinado a informar sobre el clima prevaleciente en Europa, mientras que el segundo fue un satélite de comunicaciones construido por los científicos de la India.

Un satélite de telecomunicaciones típico puede costar hasta setenta y cinco millones de dólares en fabricación, lanzamiento y supervisión; --

sin embargo, ese gasto es pequeño comparado con lo que se tendría que -- pagar por tender miles de kilómetros de cable a través de continentes, o inclusive, de océanos.

Los satélites que serán lanzados próximamente se caracterizan por tener una potencia elevada, diseños nuevos de antenas y algunos, altas frecuencias. Los nombres y fechas de lanzamiento se muestran en la tabla que ilustra la figura 1.a, incluyendo los que se lanzaron en 1982 y 1983. Se mencionan también los satélites Westar 6 y el Palapa B2 que fueron lanzados por los astronautas del transbordador espacial Challenger y que debido a una falla de los cohetes en los satélites, estos no llegaron a su órbita indicada, "perdiéndose" en el espacio; esta falla fue la primera en los cinco lanzamientos de satélites efectuados en los vuelos de los transbordadores espaciales.

<u>BANDA C *</u>	<u>FECHA</u> mes/año	<u>BANDA Ku *</u>	<u>FECHA</u> mes/año
RCA SATCOM 5	10/82	SBS 3	11/82
RCA SATCOM 1-R	4/83	SBS 4	9/84
RCA SATCOM 2-R	9/83	SBS 5	2/86
RCA SATCOM 6	5/86		
AT&T TELSTAR I	7/83	USSSI/USAT 1	2/84
AT&T TELSTAR II	8/84	USSSI/USAT 2	8/84
AT&T TELSTAR III	5/85		
		RCA SATCOM Ku 1	5/85
		RCA SATCOM Ku 2	1/86
		RCA SATCOM Ku 3	8/87
WU WESTAR 6	2/84		
WU WESTAR 7	1984		
WU WESTAR 8	1985		
		ABC 1	12/86
		ABC 2	2/87
HUGHES GALAXY I	6/83		
HUGHES GALAXY II	9/83	WU WESTAR 9	1985
HUGHES GALAXY III	7/84	WU WESTAR 10	1985
		WU WESTAR 11	1986
ECS-1	6/83		
ECS-2	8/83	RAINBOW RSI 1	8/86
ECS-3	4/84	RAINBOW RSI 2	11/86
ECS-4	1986		
INSAT 1-B	8/83	GTE GSTAR I	5/84
		GTE GSTAR II	8/84
		GTE GSTAR III	1985
ANIK D1	8/82		
ANIK D2	11/84	ANIK C-3	11/82
		ANIK C-2	6/83
		ANIK C-1	7/84
PALAPA B1	6/83		
PALAPA B2	2/84		
<u>BANDA DE 20/30 GHz</u>			
<u>H I B R I D O S</u>		L-SAT	3/86
SPC SPACENET 1	5/84		
SPC SPACENET 2	10/84		
SPC SPACENET 3	3/85		
MORELOS 1	4/85		
MORELOS 2	9/85		
AMERICAN SATELLITE 1	9/85		
AMERICAN SATELLITE 2	3/86		

(*) El rango de frecuencias que abarcan estas bandas puede verse en la Figura 4.1.c.

Figura 1.a Satélites que serán lanzados próximamente.

Capítulo 2

SATELITES ARTIFICIALES

2.1. DEFINICION

Un satélite artificial es todo cuerpo fabricado por el hombre y -
puesto por él en órbita terrestre, lunar o alrededor de cualquier otro -
astro (1).

2.2. ORBITAS TERRESTRES

Los satélites artificiales que gravitan alrededor de un astro, cum-
plen las mismas leyes que gobiernan el movimiento de los satélites natu-
rales.

La órbita de un satélite artificial terrestre, es la trayectoria --
que describe su centro de masa al gravitar en torno a la Tierra, y al -
tiempo que tarda en completar un ciclo orbital alrededor de nuestro pla-

(1) Se define como astro a un cuerpo celeste de forma determinada -
que puede ser estrella, planeta, satélite natural o cometa.

meta se le conoce como período de revolución, que se calcula de la siguiente manera:

$$T = 84.4 \left[\frac{r}{R} \right]^{3/2} \quad 2.2.a.$$

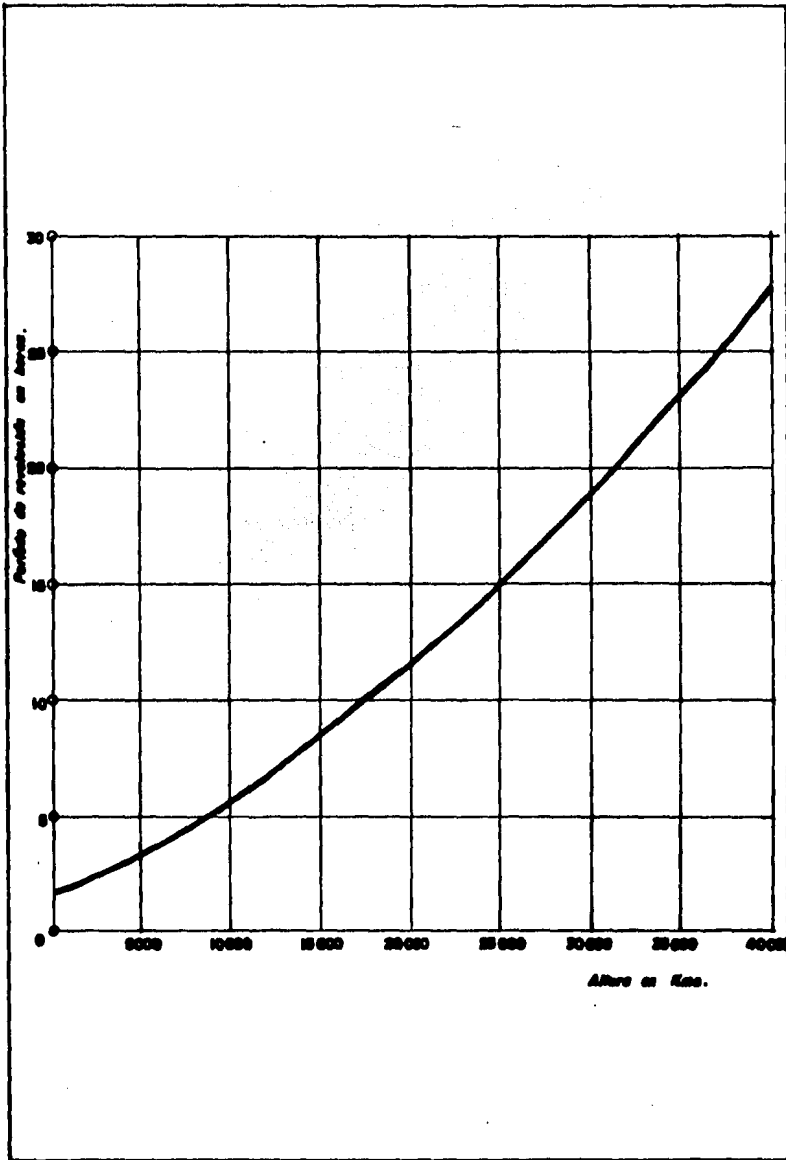
En la expresión anterior, el período de revolución T , se da en minutos; R y r , son respectivamente los radios terrestre y orbital desde el centro de la Tierra, que deben sustituirse con medidas de longitud iguales en unidades. (2)

La altura de la órbita de un satélite cuando se mueve en trayectoria circular alrededor de la Tierra, se define como la distancia $h = r - R$; es decir que nos referimos a la magnitud más pequeña que va desde el ecuador, al nivel del mar, hasta la intersección con la órbita donde se encuentra el satélite.

Podemos sustituir en la expresión 2.2.a, el radio de la órbita satelital " r ", por su equivalente $h + R$. Puesto que el radio medio terrestre " R " es una constante, podemos decir que el período de revolución de un satélite artificial terrestre, depende únicamente de la altura de su órbita. La figura 2.2.a, relaciona el período de revolución de los satélites artificiales terrestres en trayectorias circulares, con la altura de sus órbitas.

Existe una órbita en la que justamente el período de revolución de un satélite es de 24 horas. Esto quiere decir que si la translación del satélite artificial es en el mismo sentido que el movimiento de rotación de la Tierra, éste permanecerá aparentemente fijo respecto a cualquier punto de nuestro planeta, lo que representa una gran ventaja para las aplicaciones de telecomunicación, ya que el satélite puede ser observado desde un mismo lugar todo el tiempo que tenga de vida.

(2) El radio medio terrestre " R ", tiene un valor de 6,378 Km.



PERIODO DE REVOLUCION DE LOS SATELITES TERRESTRES PUESTOS EN ORBITAS CIRCULARES CON CTRQ. EN LA TIERRA.

F.

22 a.

Atendiendo al período de revolución correspondiente a una órbita determinada, los satélites artificiales terrestres se pueden clasificar en dos categorías:

i) Satélites geosíncronos, cuyo período de revolución es igual al de rotación de la Tierra sobre su eje, según los define la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Como un caso particular de los satélites geosíncronos, tenemos los satélites geoestacionarios, "cuya órbita circular se encuentra en el plano ecuatorial de la Tierra y giran en torno al eje polar de la misma, en el mismo sentido y con un período igual al de rotación de la Tierra" (1). Generalmente se manejan como sinónimos geosíncrono y geoestacionario; pero no son necesariamente lo mismo, ya que según la definición anterior, el satélite geosíncrono no tiene forzosamente órbita circular (puede ser elíptica), ni en el plano ecuatorial (puede estar en el plano polar), ni tiene que trasladarse en el sentido que gire la Tierra. La altura de la órbita del satélite geoestacionario es una constante y se acostumbra dar en forma aproximada y en números redondos como 36,000 kilómetros. Los satélites geosíncronos que no cayeran dentro del caso particular ya mencionado, se podrían agrupar bajo la denominación de satélites no geoestacionarios.

ii) Satélites asíncronos terrestres, cuyo período de revolución es diferente del de rotación de la Tierra.

2.3. PUESTA EN ÓRBITA DE UN SATELITE GEOESTACIONARIO

Para poner en órbita un satélite artificial, se necesita un vehículo transportador que lo coloque próximo a la trayectoria destinada. Se podría pensar en lanzar un cohete casi horizontalmente y que se fuese elevando poco a poco hasta llegar a un punto de la órbita asignada al -

 (1) Término 181. REGLAMENTO DE RADICOMUNICACIONES. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Ginebra, Suiza 1992.

satélite para allí inyectarlo. Esta es la solución más económica dado el ahorro de combustible que representa, pero irrealizable, ya que la atmósfera opondría gran resistencia a un vehículo con la velocidad requerida. Otro procedimiento, sería elevar el cohete verticalmente hasta llegar a alcanzar la altura deseada e inyectar horizontalmente al satélite en la órbita. Esto resulta simple, pero excesivamente costoso.

Lo que se hace en la práctica, es algo intermedio entre estas dos soluciones extremas. La nave despegue verticalmente y se va inclinando a medida que asciende, de tal manera que cuando llega a alcanzar la altura orbital, estará en posición horizontal respecto al ecuador terrestre.

Para el despegue es necesaria una gran cantidad de energía, la cual se obtiene del propergol, conjunto de dos o más compuestos químicos llamados ergoles, que al ponerse en contacto dan origen a una producción de gases con gran energía. Los ergoles no necesitan del oxígeno para reaccionar, lo que les da demasiada ventaja sobre los combustibles en aplicaciones espaciales. Conforme la nave gana altura, la atracción de la Tierra va disminuyendo y el ascenso se puede continuar con menor energía.

La nave tiene varios depósitos de ergoles que va utilizando por etapas. Cuando uno de ellos se ha vaciado, es desprendida del vehículo espacial, lo que disminuye peso inútil y contribuye a hacer necesaria aún menos energía para continuar la navegación (1). Como ilustración del viaje espacial referido, se presenta la figura 2.3.a.

Cuando el cohete llega al punto deseado, se pone en órbita al satélite, mas es difícil que su velocidad coincida con la correspondiente a la de la órbita circular, así que describirá una trayectoria elíptica de

 (1) Las etapas que se desprenden de la nave, se precipitan hacia la Tierra, pero antes de llegar a su superficie se desintegran a causa del proceso de gran fricción en su contacto con la atmósfera.

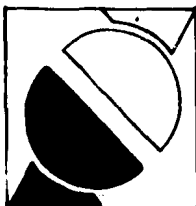
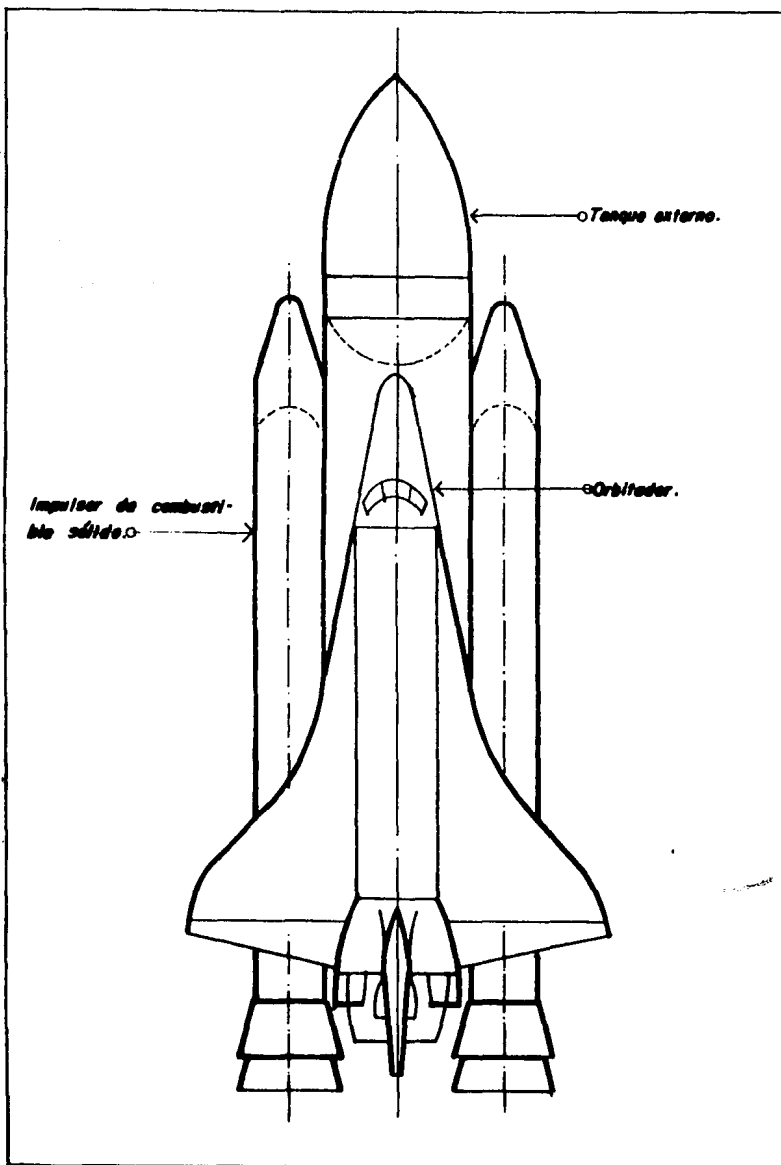
tal forma que si su velocidad es mayor que la circular, la parte más baja o perigeo, estará situada aproximadamente a la altura de 36,000 kilómetros; o si la velocidad del satélite es menor que la circular, entonces la parte más alta o apogeo de la trayectoria, estará a una altura -- aproximada de 36,000 kilómetros. Esto último es lo comúnmente programado en un proceso de satelización de este tipo.

El siguiente paso es medir lo más exactamente posible la órbita del satélite y orientarlo en la forma adecuada, para que cuando lleque al -- perigeo o apogeo, según el caso, se encienda alguno de los motores de los que va provisto y se haga el ajuste de la velocidad para que la órbita sea circular. Finalmente se ajusta su orientación, de forma que apunte correctamente a la Tierra.

Existe otra forma más novedosa de poner a un satélite en órbita, y es mediante la utilización de transbordadores espaciales lo que estudiaremos a continuación.

El sistema de transportación espacial o Shuttle consiste principalmente de dos impulsores de combustible sólido, los cuales son recobrados después del lanzamiento, recargados y reutilizados; un tanque externo, - el cual no se recupera, y un orbitador que propiamente dicho es la nave espacial.

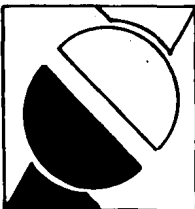
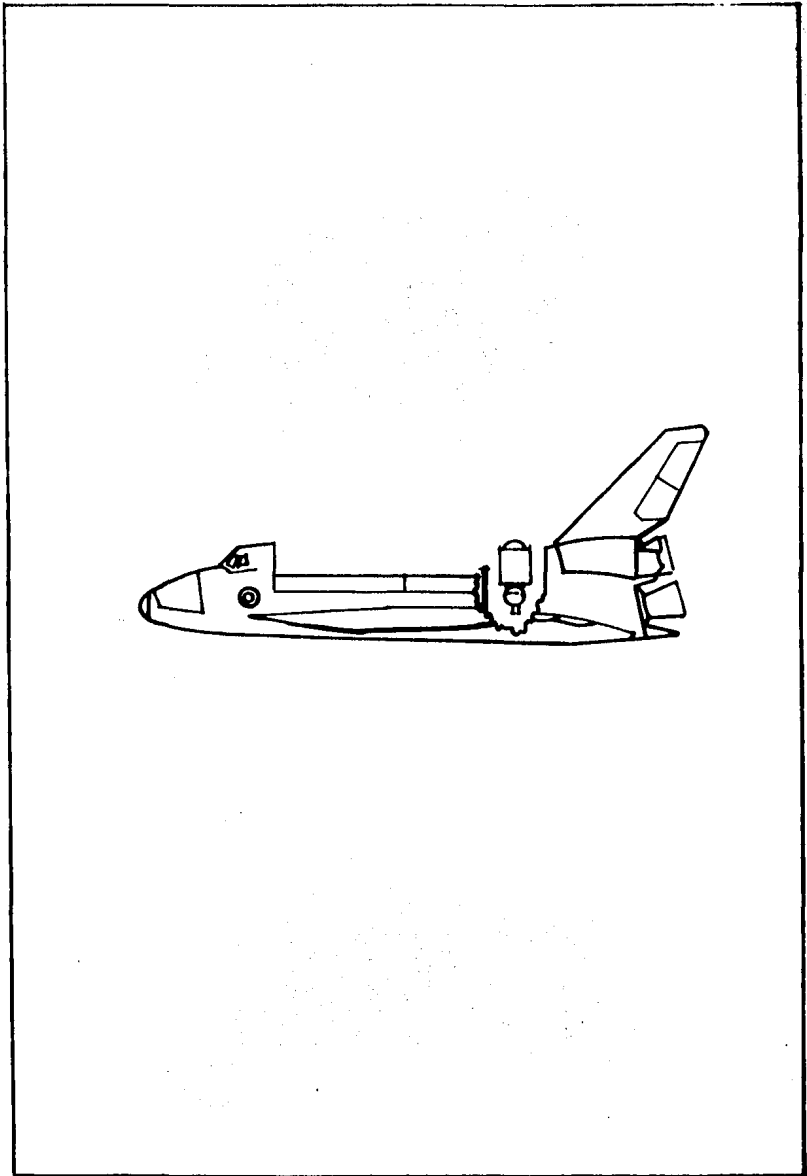
La figura 2.3.b, muestra las partes del transbordador espacial ya mencionadas y la figura 2.3.c, ilustra la forma en que se coloca al satélite dentro de éste. Así mismo en la figura 2.3.d, se pueden observar - las dos primeras etapas en la trayectoria ascendente del Shuttle. Una vez que el transbordador espacial se ha desprendido del tanque e impulsores, girará alrededor de la Tierra varias veces en una órbita denominada de estacionamiento y después de lograr una orientación adecuada dejará - en libertad al satélite en un tiempo y punto precisos. El satélite sale girando entre cincuenta y cincuenta y cinco revoluciones por minuto, lo



TRANSBORDADOR ESPACIAL .

F

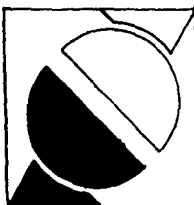
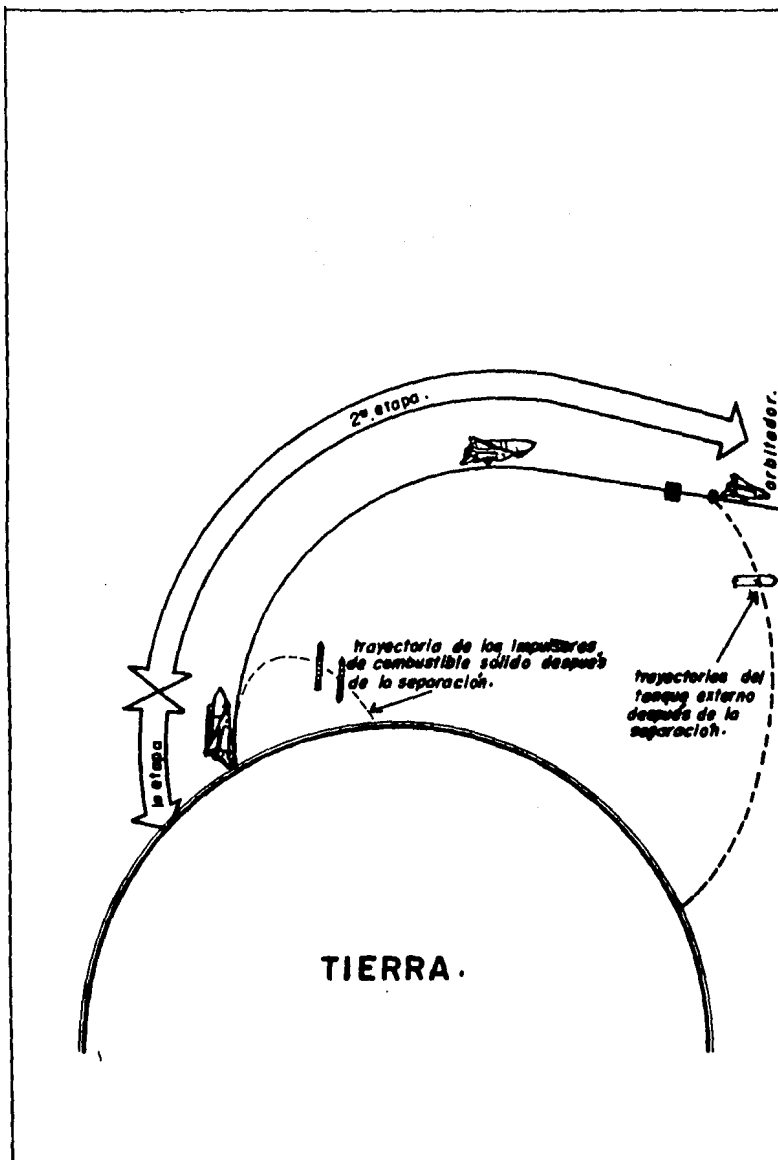
23.0.



**COLOCACION DEL SATELITE
DENTRO DEL ORBITADOR.**

F

23.c.



PRIMERAS ETAPAS DE SATELIZACION
CON TRANSBORDADOR ESPACIAL.

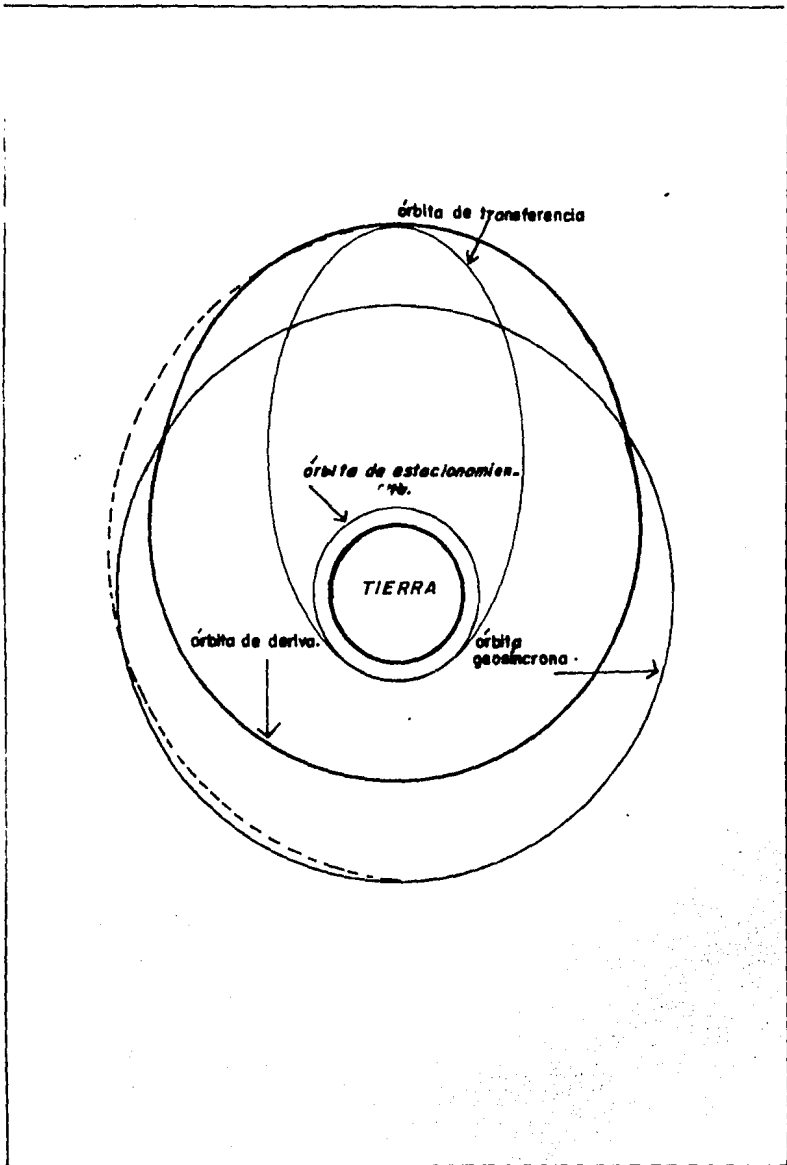
F

23. d.

que le da una cierta orientación y una estabilización por giro, se eleva lentamente hasta alcanzar una altura orbital de aproximadamente 300 kilómetros y una velocidad de 27,000 kilómetros por hora; a los 45 minutos - de su desprendimiento se encenderá su motor llamado de perigeo, que lo - colocará en una órbita elíptica llamada de transferencia y con apogeo de 35,800 kilómetros. Una vez que dicho motor agota su combustible se separa del satélite, el cual permanecerá tres días en esta órbita hasta que se le oriente adecuadamente para poder encender su motor de apogeo que - lo colocará en una nueva órbita, llamada de deriva, casi circular y muy cercana a la geostacionaria. La figura 2.3.e, ilustra las diferentes - órbitas mencionadas. Finalmente, por medio de pequeños ajustes realizados desde la Tierra, se logra colocar al satélite en una órbita geostacionaria.

Después de desplegar las antenas y de efectuar las pruebas con los equipos del satélite, éste queda listo para prestar sus servicios. Por supuesto, el transbordador espacial, una vez cumplida su misión, regresa a la Tierra para someterse a un proceso que lo deje en óptimas condiciones para un próximo vuelo con fines semejantes.

En ninguna de las dos puestas en órbita mencionadas la satelización es tan simple como parece, sobre todo si se toma en cuenta que hay que - evitar el choque con los satélites artificiales que ya se encuentran en órbita alrededor de la Tierra y otras cuestiones en las que no profundizaremos.



Orbitas de satelización con transbordador espacial.

F
23.e.

Capítulo 3

SATELITES DE COMUNICACIONES

3.1. GENERALIDADES

El uso que se puede hacer de los satélites artificiales es muy variado. Pueden emplearse para fines astronómicos, geofísicos, meteorológicos, ionosféricos, de percepción remota, de comunicaciones, geodésicos, para tripulación, etcétera. La figura 3.1.a, ejemplifica con algunos casos lo anterior.

En nuestro trabajo sin embargo fijaremos la atención en los satélites de comunicaciones. En un principio, éstos fueron pasivos. Por ejemplo, los ECHO 1 y 2 de los Estados Unidos (1960 y 1967), consistían en un gran globo que desde las alturas reflejaba las ondas de radio. Los satélites pasivos están destinados a transmitir señales de radiocomunicación por reflexión. Los satélites modernos de telecomunicaciones son satélites activos, los cuales están provistos de una estación de microondas y se les destina para transmitir o retransmitir las señales de radiocomunicación. Son además, por conveniencia, en general geostacionarios y sus

SATELITE	PAIS	FINES QUE SE PERSIGUIERON
ALOUETTE	CANADA	SERIE DE SATELITES LANZADOS POR TECNICOS CANADIENSES EN LA BASE DE LA NASA (EU), UNO EN 1962 Y EL OTRO EN 1965 PARA ESTUDIOS DE LA IONOSFERA.
BIOSATELITES	E.U.	LLEVARON AL ESPACIO UNA GRAN VARIEDAD DE PLANTAS Y ANIMALES (DESDE MICROORGANISMOS HASTA PRIMATES), PARA ESTUDIAR LOS EFECTOS DE LA INGRAVIDEZ Y LA RADIACION SOBRE LOS ORGANISMOS VIVIENTES. EL BIOSATELITE 1 SE LANZO EN 1966 Y FALLO; MIENTRAS QUE EL BIOSATELITE 2, LANZADO EN 1967, SI FUE RECUPERADO.
A T S	E.U.	SATELITES EXPERIMENTALES PARA DESARROLLAR NUEVAS TECNICAS DE NAVEGACION, METEOROLOGIA Y COMUNICACIONES. EL PROGRAMA SE INICIO EN 1967.
COSMOS	U.R.S.S.	SERIE DE SATELITES CON DIVERSAS FUNCIONES. LA MAYORIA DE ELLOS PROBABLEMENTE MILITARES Y SECRETOS; OTROS PARA VARIOS EXPERIMENTOS CIENTIFICOS. DESDE 1962 SE HA LANZADO UNA SERIE DE CENIENTAS DE ESTOS SATELITES. EL COSMOS 215 FUE UN SATELITE ASTRONOMICO.
DIADEME	FRANCIA	SERIE DE SATELITES PARA INVESTIGACIONES GEODESICAS QUE SIGUIO A LOS DIAMANT EN 1967.
EROS	E.U.	SATELITES PARA OBSERVACION DE LOS RECURSOS TERRESTRES. SU PROGRAMA SE INICIO EN 1969.
ERESAT	AUSTRALIA	PRIMER SATELITE EXPERIMENTAL AUSTRALIANO. FUE LANZADO EN LA BASE DE WOOMERA EN 1967.
HEOS	E.S.R.O.	SATELITE LANZADO EN 1968 POR LA ORGANIZACION EUROPEA DE INVESTIGACIONES POR SATELITE (ESRO). ESTUVO EN ORBITA EXCENTRICA DE 225,000 KILOMETROS DE APOGEO Y 440 KILOMETROS DE PERIGEO; LLEVO OCHO EXPERIMENTOS PARA EL ESTUDIO DE LA FISICA INTERPLENETARIA.
UK - 3	INGLATERRA	TERCER SATELITE INGLES. FUE LANZADO EN E.U. EN 1967.
SAN MARCO	ITALIA	SATELITES CIENTIFICOS ITALIANOS. EL SAN MARCO 1 SE LANZO EN 1964 DESDE E.U. PARA MEDICIONES DEL AIRE Y ESTUDIOS IONOSFERICOS. EL SAN MARCO 2 SE LANZO DESDE AFRICA EN 1967 Y SE DESTINO A LOS MISMOS FINES.
MIDAS	E.U.	SATELITE MILITAR. EL MIDAS 2, LANZADO EN 1960, ERA UN SISTEMA DE DEFENSA CONTRA ATAQUES DE COMETES.
VENERA	U.R.S.S.	SATELITES DE EXPLORACION PARA VENUS. FUE UNA SERIE DE TRES CUYO PRIMER LANZAMIENTO SE LLEVO A EFECTO EN 1961.
COURIER	E.U.	PRIMER SATELITE ACTIVO DE COMUNICACIONES. FUE LANZADO EN OCTUBRE 4 DE 1960.

FIGURA 3.1.a. Ejemplos de utilización de algunos satélites artificiales.

aplicaciones dentro de las telecomunicaciones son interesantes y varias como se muestra en la figura 3.1.h.

Los atractivos de utilizar satélites para comunicaciones, pueden resumirse como sigue: se establecen enlaces a grandes distancias, a costo reducido, con gran ancho de banda disponible y con gran confiabilidad. (1)

Cabe mencionar que aunque un satélite o sistema satelital de comunicaciones no forzosamente debe ser del tipo geostacionario, en la actualidad la mayoría lo son, ya que presentan grandes ventajas, las cuales se detallan conjuntamente con sus pocas desventajas en la figura 3.1.d. Como ejemplo ilustrativo, la figura 3.1.e, muestra la cobertura global del sistema MARISAT. Por un lado, se puede observar que son cubiertas grandes zonas de la superficie terrestre; pero por otro, la cobertura no alcanza las regiones polares. (2)

3.2. DEFINICION

Un satélite activo de comunicaciones es una estación repetidora de microondas construida y puesta en órbita por el hombre alrededor de un astro.

3.3. CONFIGURACION

Si vemos al satélite de comunicaciones como un sistema total, podemos

(1) Las distancias máximas de enlace en la Tierra, se han alcanzado con las redes de microondas y los cables submarinos. En el primer caso, las estaciones pueden estar alejadas una sucesiva de la otra, unos 50 kilómetros en promedio. Con el cable submarino, disponiendo amplificadores cada 61 kilómetros aproximadamente, se llegó a intercomunicar Norteamérica con otros continentes, pero a un costo muy alto con acceso muy limitado y sin la confiabilidad requerida para ciertas aplicaciones. Si observamos la figura 3.1.c, donde están relacionadas la separación máxima sobre la superficie de la Tierra de dos estaciones terrenas con la altura orbital del satélite que las intercomunica, veremos que los enlaces son superiores en distancia y con un solo eslabón, o sea el satélite. Supóngase como ángulo de elevación de las antenas terrenas un mínimo de 5° .

Telefonía doméstica, regional e intercontinental.

Televisión doméstica, regional e intercontinental.

*Imágenes televisadas de las misiones espaciales,
planetarias y lunares.*

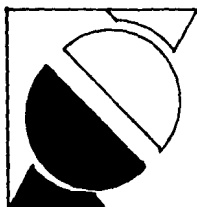
Programas de alfabetización.

Programas educativos.

*Asesoría quirúrgica o de medicina general
televisada.*

Asistencia técnica televisada.

Intercambio de Información científica.



Aplicaciones no militares de los
satélites de comunicación

F

3·1·b.

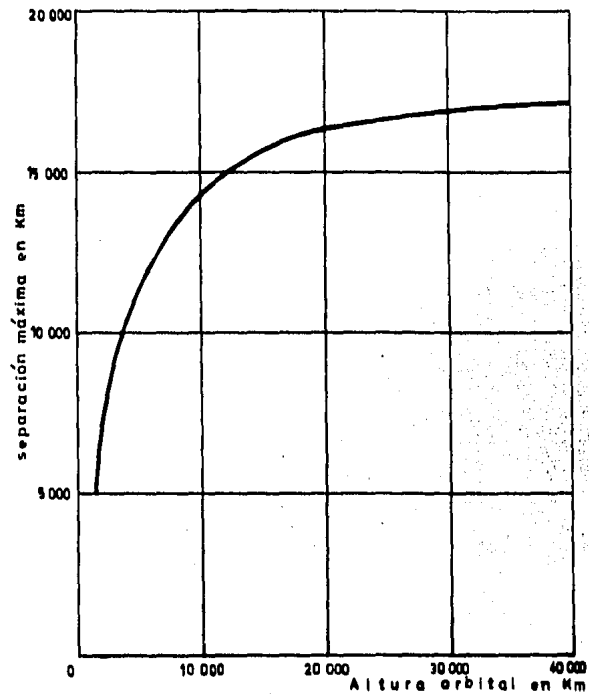
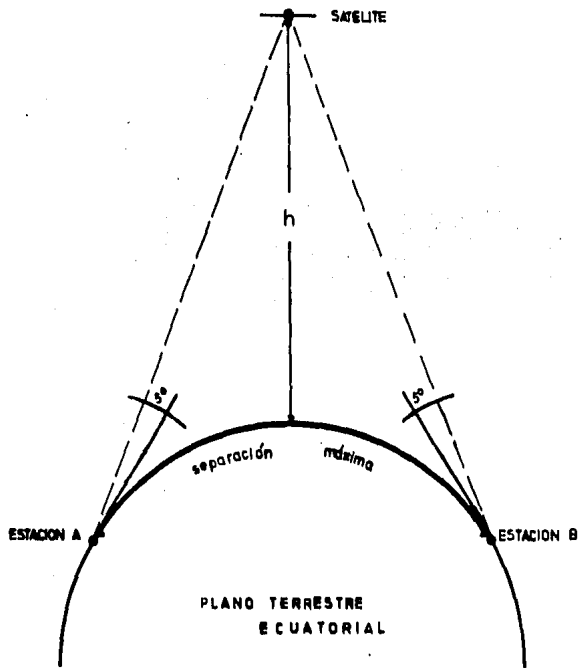


FIG. 3.1.c. Separación máxima entre estaciones terrenas dependiendo de la altura orbital del satélite.

VENTAJAS:

- EL SATELITE PERMANECE RELATIVAMENTE FIJO RESPECTO A LAS ANTENAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS, LO QUE DISMINUYE COSTOS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO; ADEMÁS DE QUE SON MÁS DESEABLES LAS ANTENAS FIJAS CUYOS PEQUEÑOS AJUSTES SE HACEN MANUALMENTE O CON SISTEMAS SENCILLOS Y NO LAS RASTREADORAS CON MECANISMOS COMPLICADOS.
- NO EXISTE LA NECESIDAD DE CONMUTACION ENTRE SATELITES, QUE POR NO SER GEOESTACIONARIOS, PASAN CADA DETERMINADO TIEMPO POR EL HORIZONTE.
- AL NO EXISTIR CONMUTACION ENTRE SATELITES NO HAY RUPTURA EN LAS COMUNICACIONES.
- PUESTO QUE EL SATELITE CUBRE APROXIMADAMENTE UN 42.4 % DE LA SUPERFICIE TERRESTRE, UN GRAN NÚMERO DE PUNTOS SOBRE LA TIERRA PUEDEN COMUNICARSE ENTRE SI.
- TRES SATELITES HACEN UNA COBERTURA GLOBAL, EXCEPTUANDO LAS REGIONES POLARES.
- COMO EL SATELITE SE ENCUENTRA RELATIVAMENTE FIJO RESPECTO A LA TIERRA, SE SIMPLIFICA LA RECEPCION YA QUE SE ELIMINA EL EFECTO DOPPLER O DE CAMBIO DE FRECUENCIA EN SU RADIACION, LO QUE SUCCEDERIA EN CASO DE QUE PASARA PERIODICAMENTE SOBRE EL HORIZONTE.

DESVENTAJAS:

- NO SE ALCANZA UNA COBERTURA DE POLO A POLO; ESPECIFICAMENTE PARA LAS LATITUDES MAYORES DE 91.25° AL NORTE Y AL SUR.
 - YA QUE EL SATELITE SE ENCUENTRA A GRAN DISTANCIA DE LA TIERRA Y CUBRE UN 42.4 % DE SU SUPERFICIE, LA POTENCIA DE RECEPCION EN LA ESTACION ES MUY BAJA, ADEMÁS DE QUE LA SEÑAL SUFRE RETARDOS DE HASTA APROXIMADAMENTE 0.54 SEGUNDOS, LO QUE EN ALGUNAS APLICACIONES NO RESULTA DEL TODO DESEABLE.
-

FIGURA 3.1.d. Satélites de comunicaciones geoestacionarios.

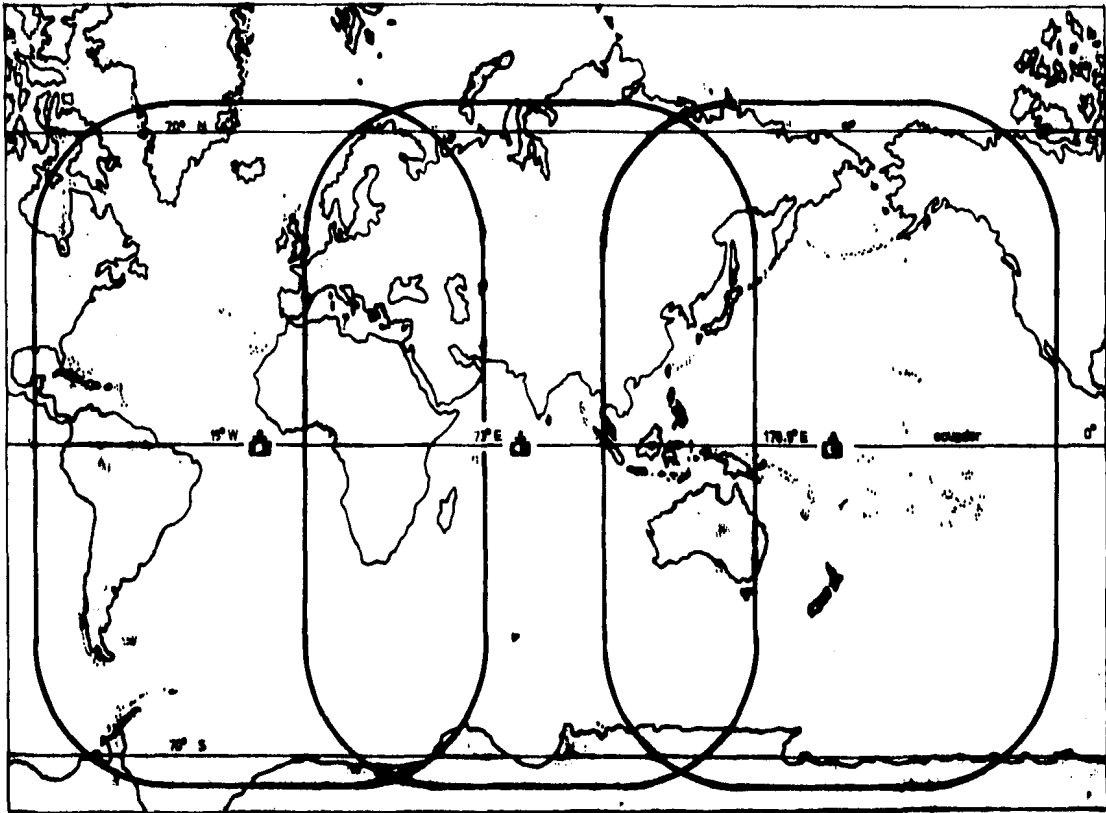


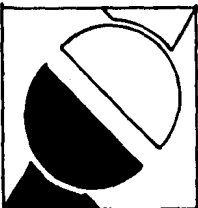
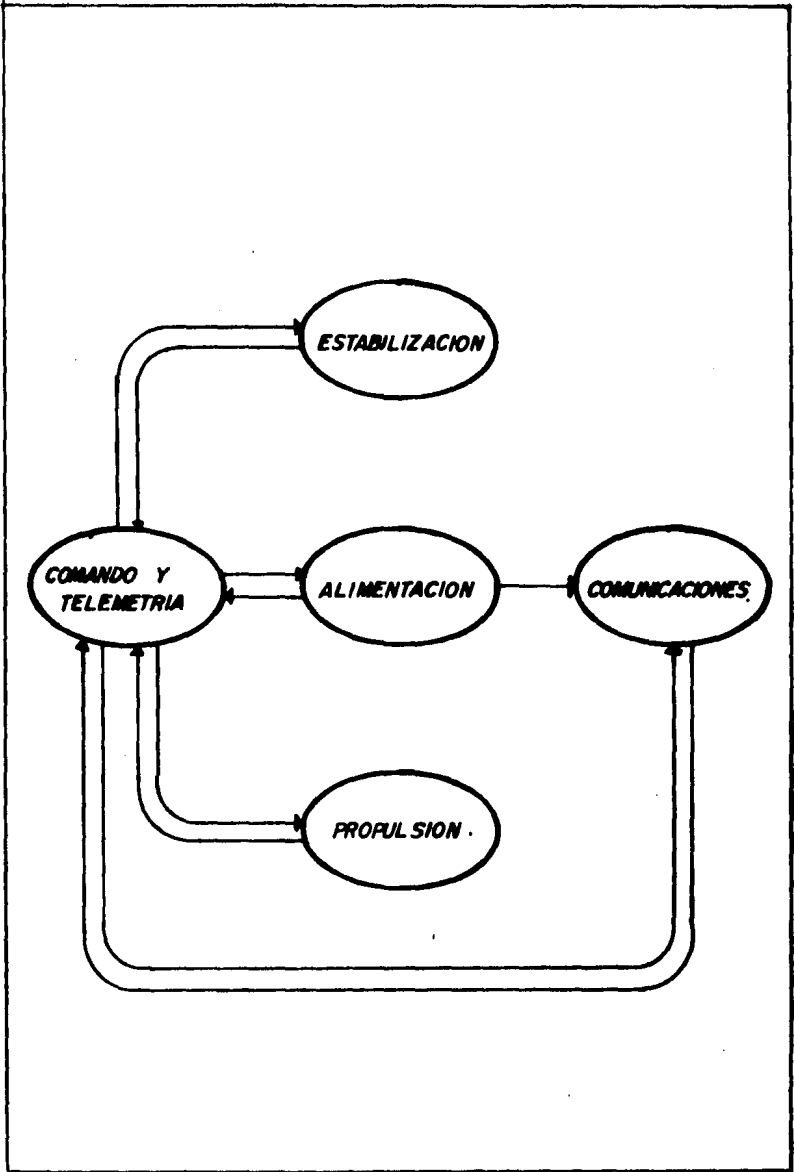
FIG. 3.1.e. Cobertura del sistema MARISAT.

mos dividirlo en subsistemas que le son indispensables para su funcionamiento, y de esta manera podemos establecer los siguientes:

- 1.- Subsistema de alimentación, que tiene por función suministrar y distribuir en las cantidades necesarias y en diversos valores, la potencia eléctrica requerida por las diferentes partes del satélite.
- 2.- Subsistema de comando y telemetría, cuyo objeto es transmitir - datos a la Tierra en relación a diversos parámetros del satélite, así como recibir órdenes para acciones de control.
- 3.- Subsistema de propulsión, cuya función es dar movimientos propios al satélite para poder hacer ajustes de orientación respecto a la Tierra y de posición orbital.
- 4.- Subsistema de estabilización, que tiene por objeto mantener al satélite fijo en determinada orientación, para que las antenas de que va provisto, siempre apunten a la Tierra en la dirección deseada.
- 5.- Subsistema de comunicaciones, cuya función es la de captar señales de emisiones de la Tierra, cambiarles la frecuencia portadora, amplificarlas y retransmitirlas nuevamente a nuestro planeta.

La figura 3.3.a, ilustra en un diagrama de bloques cómo se relacionan dentro del satélite de comunicaciones cada uno de los subsistemas --

- (2) Se puede ver de la figura 3.1.c, que la distancia máxima para estaciones terrenas intercomunicadas por un satélite geostacionario, es de unos 17,395 kilómetros. En un análisis aproximado, suponiendo perfectamente esférica a la Tierra, si la cobertura del satélite fuese de polo a polo, la máxima distancia entre estaciones terrenas sería la mitad del perímetro ecuatorial; es decir, 20,037 kilómetros. Comparando distancias, se deduce que a la altura de 36,000 kilómetros, un satélite no puede tener una cobertura total. De hecho, dada la condición de una elevación mínima de 5° en las antenas de estaciones en la Tierra, es imposible alcanzar esa cobertura sea cual sea la altura orbital del satélite.



Relación entre los diferentes sub-sistemas de un satélite de comunicaciones.

F
3.3.a.

mencionados.

3.3.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACION

Este subsistema se compone de fuentes de energía eléctrica y de un equipo acondicionador de potencia, que distribuye la energía según los requerimientos de cada parte del satélite; las fuentes de energía por lo regular son dos: celdas fotovoltaicas dispuestas en paneles y baterías -recargables.

Las celdas fotovoltaicas son transductores que convierten la energía luminosa a eléctrica, siendo el Sol la fuente de luz. Cada celda -- está hecha de silicio dopado, tiene una superficie de exposición de 2 -- centímetros cuadrados, pesa aproximadamente 1.14 gramos y puede producir alrededor de 50 milliwatts de potencia eléctrica. De aquí se desprende -- que para generar un watt, son necesarias unas 20 celdas, lo que para el satélite representa un peso de 23 gramos. Por otro lado, a los paneles-- solares llegan en forma de energía luminosa unos mil watts por cada me-- tro cuadrado de superficie expuesto perpendicularmente a los rayos del -- Sol; sin embargo, la eficiencia de las celdas es muy baja y aproximada-- mente el 65% de esta energía se pierde. De este modo, producir cada -- watt en el satélite cuesta unos 400 dólares. Por lo que respecta a los-- satélites de comunicaciones, su potencia ha estado limitada por mucho -- tiempo alrededor de un kilowatt, pero en lo futuro este límite será supe-- rado. Se espera que el INTELSAT VI dispondrá de una potencia de 2,300 -- watts.

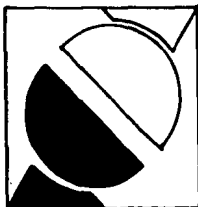
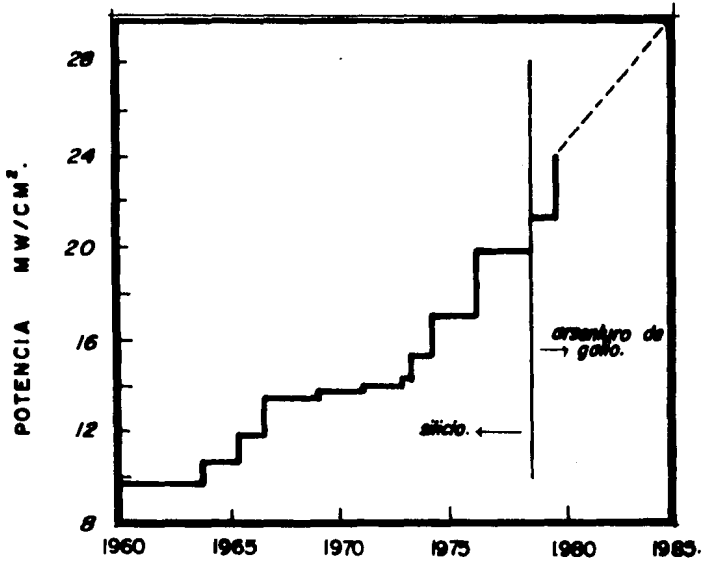
Las celdas fotovoltaicas van degradando su producción eléctrica con el tiempo, principalmente a causa de que están expuestas a las radiaciones solares y, en menor grado, debido a que el polvo cósmico puede depositarse sobre la superficie de iluminación, formando una capa delgada -- que obstaculiza el paso de la luz. Esta degradación plantea una limitación en la vida útil del satélite. Algunos como el Nimbus-3 de los Estados Unidos (1969), se equiparon con generadores eléctricos nucleares; sin

embargo, en los satélites comerciales de comunicaciones, no se utilizan por el momento más que celdas fotovoltaicas y baterías como fuentes de energía eléctrica.

Durante 25 años se han venido mejorando las celdas solares. Información actual, nos indica que se están construyendo celdas de arseniuro de galio (GaAs) cuya eficiencia es del 18% por el momento y presentan un 50% menos de degradación por radiación solar y condiciones térmicas rigurosas respecto a las celdas de silicio. Se espera reducir el elevado precio de éstas, así como su espesor, para poder justificar su aplicación operacional en los satélites comerciales de comunicaciones. Como ilustración a esto, véase la figura 3.3.1.a.

Los primeros satélites activos de comunicaciones han sido de forma cilíndrica, y sobre su cuerpo se han dispuesto celdas fotovoltaicas. Esto limita el área iluminada, con el inconveniente agregado de una disminución eléctrica de las celdas, ya que los rayos del Sol no inciden perpendicularmente en el total de esa superficie. Una solución para mejorar esto ha sido disponer las celdas fotovoltaicas en paneles planos a manera de grandes alas o remos (1). Utilizando un sensor solar, los paneles pueden ir siguiendo al Sol sin importar el movimiento de traslación del satélite en su órbita, de tal modo que los rayos de luz siempre inciden perpendicularmente sobre la superficie de éstas. Pero ahora las celdas están directamente y por más tiempo expuestas al Sol, lo que puede apresurar su degradación, además de que hay que mantenerlas a una temperatura adecuadamente baja para que los paneles no sufran distorsiones mecánicas; sin embargo, la próxima generación de INTELSAT, la número VI, volverá a utilizar el satélite cilíndrico con la innovación del panel solar telescópico de uso reciente que permite duplicar la potencia primaria en las celdas solares.

(1) Para tener una idea del aspecto de los satélites comerciales de comunicaciones puede verse la figura 3.4.a.



Progresión en la eficiencia de la celda solar.

F

331 a.

Por lo que respecta a las baterías, su uso es necesario durante los eclipses que la Tierra produce sobre el satélite, ya que cuando en la superficie terrestre es de noche, entre el satélite y el Sol se interpone la Tierra y de esta manera no puede llegar luz a las celdas solares y es necesario tomar energía eléctrica de otra fuente. Se han desarrollado a últimas fechas, baterías de níquel-hidrógeno que proporcionan el doble de la intensidad energética que sus predecesoras y son menos sensibles a los ciclos de carga y descarga, además de que pueden soportar misiones de unos 15 años. En el futuro se espera poder utilizar baterías de zinc-bromo y litio, que proporcionarán una reducción de peso a potencia de un 50 a 75 %. Por lo pronto la nueva generación INTELSAT VI irá equipada con baterías de níquel-hidrógeno.

Generalmente durante los eclipses sólo funciona una parte del equipo de comunicaciones, ya que el satélite en limitaciones de peso, no lleva el número suficiente de baterías que lo puedan mantener trabajando a su máxima capacidad. Por fortuna, en estos casos es de noche en la Tierra y el tráfico de comunicaciones es bajo. Otra situación que ayuda, es la inclinación del eje terrestre, con lo que se inclina el plano de la órbita del satélite en relación al Sol y así sólo se tienen eclipses 44 noches en primavera y 44 noches de otoño, quedando libres 277 noches al año. Los eclipses más prolongados se presentan por espacio de 65 minutos en las noches de equinoccio (1).

Las baterías después de ser utilizadas son recargadas por las celdas solares. Como ejemplo ilustrativo, se mencionará que el satélite Westar se equipó con dos baterías de 8.4 amper-hora y cada una de ellas era recargada por 28 celdas fotovoltaicas.

Cabe agregar que los eclipses por Luna son mucho menos frecuentes -

(1) Períodos del año en que los días tienen la misma duración que las noches, ya que los polos del planeta se encuentran a igual distancia del Sol. Los equinoccios ocurren dos días al año: el 21 o 22 de Marzo y 22 o 23 de Septiembre.

en el satélite que los provocados por la Tierra.

3.3.2. SUBSISTEMA DE COMANDO Y TELEMETRIA

Este subsistema se encarga de enviar a la estación terrena de control, información continua sobre el satélite y las señales que llegan a los transpondedores. También a través de éste, se comanda al satélite para que mantenga una posición orbital determinada y guarde un funcionamiento correcto. La dirección de los haces de las antenas en órbita puede controlarse desde la estación terrena, lo mismo que el cargar o utilizar las baterías, por ejemplo. En el satélite, algunos mecanismos de control actúan independientemente en forma automática; pero existe la posibilidad de hacer un comando desde la Tierra, en caso de que éstos fallen.

La información del subsistema de comando y telemetría es de muy baja velocidad, por lo que éste puede utilizar una línea de radio separada del subsistema de comunicaciones, así como una antena independiente no direccional para baja frecuencia. El subsistema resulta altamente confiable, no obstante que la eficiencia de sus canales de comunicación sea baja a causa de la velocidad con que se maneja la información.

3.3.3. SUBSISTEMA DE PROPULSION

Este subsistema tiene por objeto corregir la posición, orientación y velocidad del satélite en órbita.

Teóricamente, un medio carente de atmósfera no tendrá fricción y el satélite debería moverse por tiempo indefinido en una misma trayectoria sin perder velocidad; sin embargo, la presencia de la Luna y del Sol, -- así como la imperfección del campo gravitacional terrestre y las radiaciones solares, que se comportan como un viento tenue pero permanente, -- alteran su posición, orientación y velocidad.

La Luna y el Sol, tienden a inclinar la órbita del satélite unos -- 0.86° por año respecto al plano ecuatorial y a cambiar su velocidad, respecto a la de sincronía, en unos 170 Km/hr anualmente. Así pues, la influencia gravitacional de estos astros, da por resultado cambios de la posición en el sentido Norte-Sur respecto a la Tierra. La no perfecta -- esfericidad del campo gravitacional terrestre, influye en cambios de posición en el sentido Este-Oeste.

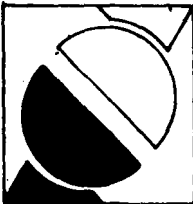
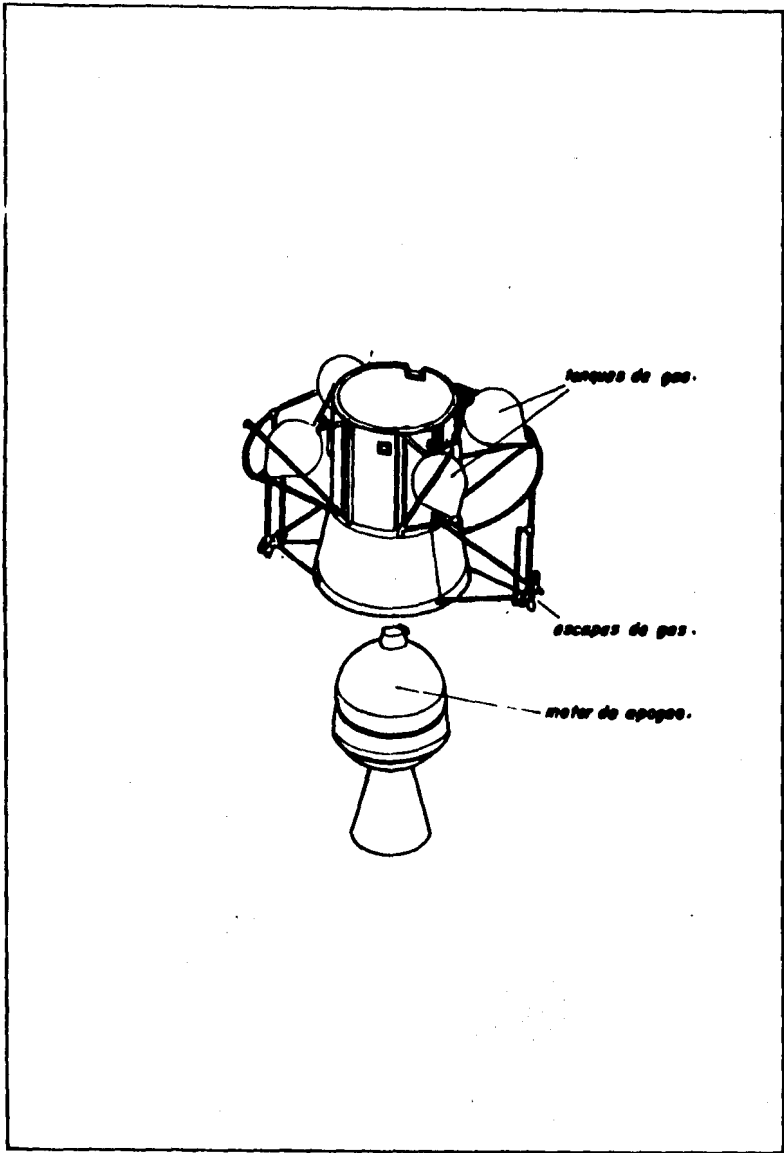
Los satélites con grandes paneles, incrementan su deriva por radiación solar, ya que ésta depende de su volumen; no obstante, es pequeña -- si se compara con las de origen gravitacional.

Para producir los movimientos de empuje, el subsistema de propul -- sión ya bien libera gas a presión, o en los grandes satélites, utiliza -- pequeños cohetes. La figura 3.3.3.a, ilustra la composición típica de -- este subsistema, mientras que la figura 3.3.3.b, muestra los tres tipos -- de giro que puede efectuar un satélite sin salirse de su órbita.

3.3.4. SUBSISTEMA DE ESTABILIZACION

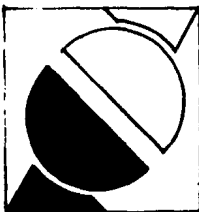
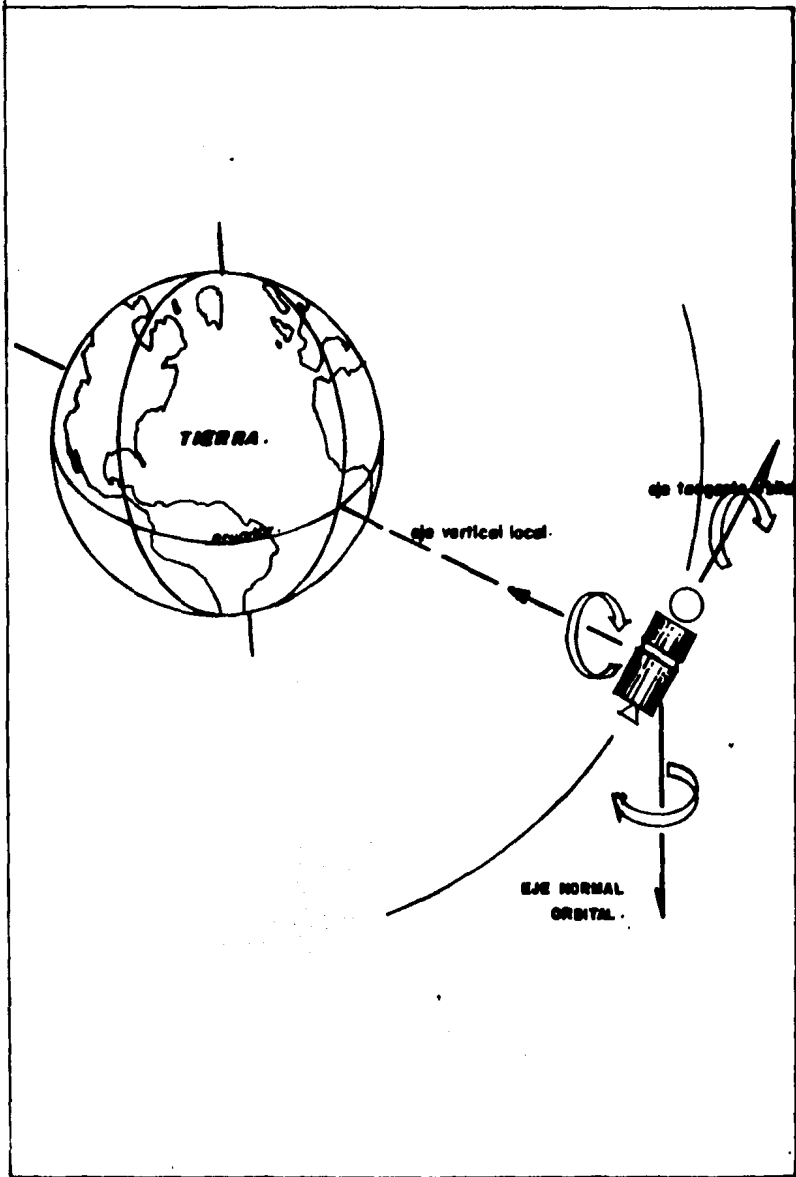
El satélite debe ser fijado en determinada orientación con objeto -- de mantener bien orientadas sus antenas, para que éstas efectúen las co -- bertas deseadas sobre la Tierra. Esta tarea la cumple el subsistema -- de estabilización.

Un satélite cilíndrico se estabiliza con sólo girar sobre su eje. -- Esto implica que sea diseñado y construido con simetría; además de que se requiere no incluir en la rotación a las antenas, lo cual se logra con -- un motor eléctrico que las hace girar en sentido contrario al resto del -- cuerpo y mediante un servomecanismo, que mantiene siempre fija la veloci -- dad relativa entre antenas y satélite, de tal modo que estas no pierden -- su orientación. Típicamente, el satélite gira a unas 100 revoluciones -- por minuto y sus variaciones de orientación son de 0.1° .



Subsistema de propulsión típico de un satélite.

F
333a.



Movimientos giratorios de un
satélite sobre tres ejes.

F
333b

También existe la posibilidad de estabilización por volante giratorio. Se puede emplear para tal efecto, el movimiento de un fluido como el mercurio encerrado en un circuito alrededor del cuerpo del satélite.

En satélites con paneles solares en forma de alas, la estabilización que se requiere ya no es en un eje, sino en tres; esto requiere de mecanismos más complicados del tipo giroscópico y de una mayor potencia eléctrica en el subsistema de alimentación.

A la fecha, ya se ha despejado la incógnita de cuáles satélites son mejores, si los cilíndricos estabilizados por giro o los de grandes alas estabilizados triaxialmente por fuselaje. Tanto unos como otros han demostrado ser confiables y su elección depende del uso que se les dé y de la experiencia y familiaridad de los clientes con alguno de estos tipos.

3.3.5. SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

El objeto de un satélite de comunicaciones, es tener una estación repetidora de microondas en el espacio y ésa la constituye este subsistema.

Para captar las señales provenientes de la Tierra, así como para retransmitirlas a ésta, se encuentran las antenas; mientras que para cambiar su portadora y amplificarlas, se encuentran los transpondedores.

En un satélite hay antenas receptoras y transmisoras y/o antenas -- que cumplen ambas funciones a la vez y, según el caso, deben detectar -- y/o enviar las señales a determinadas áreas de la Tierra. Por la cobertura del haz, las antenas de un satélite de comunicaciones pueden ser de tres tipos:

- 1) Antenas de haz global, cuya cobertura es la máxima posible; o -- sea, la totalidad de la superficie terrestre vista por el satélite. El haz correspondiente tiene una abertura de 17.34° y la

superficie que baña es aproximadamente un 42.4% de la terrestre. Para tal efecto se utilizan en la recepción y transmisión, antenas de corneta en el satélite.

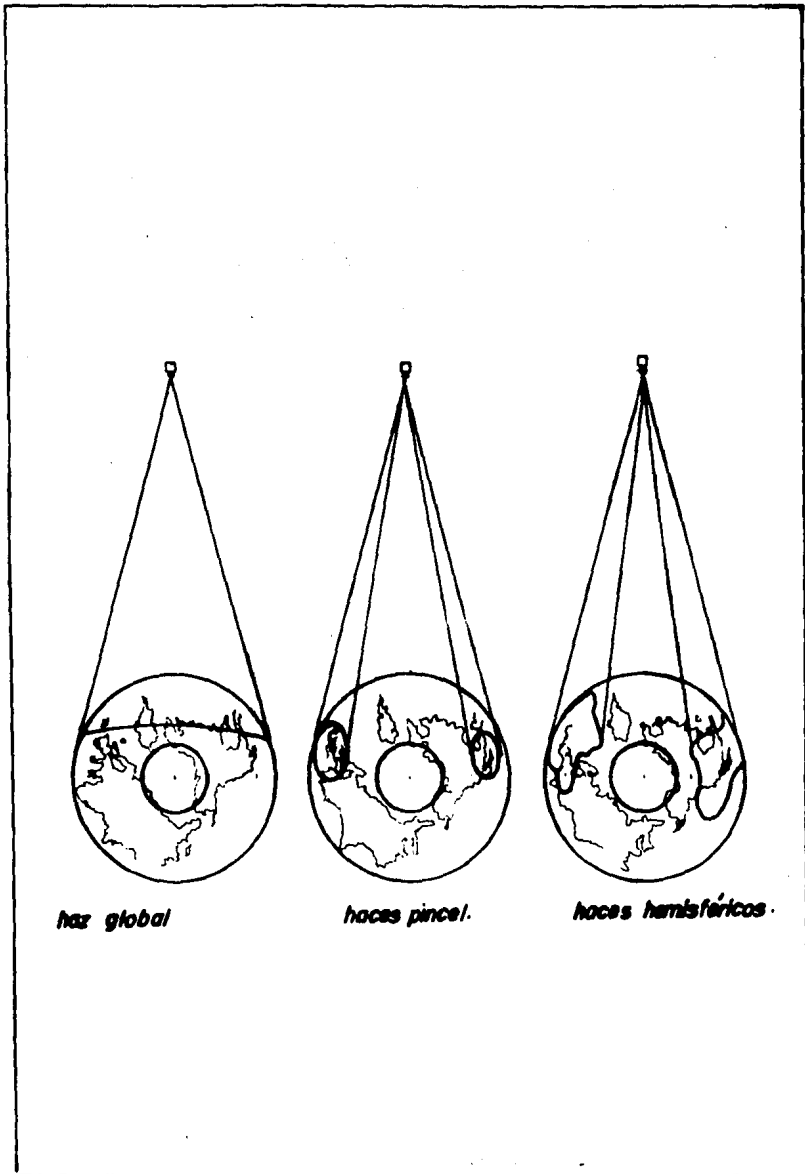
ii) Antenas de haz regional cuya cobertura es amplia pero más restringida que la del haz global. El objeto es concentrarse en determinada área más eficientemente. Por ejemplo, si se quiere una comunicación intercontinental no tiene caso desperdiciar potencia en una cobertura que incluya los océanos; así que las antenas se deben diseñar para cubrir exclusivamente zonas terrestres. Las áreas a abarcar pueden ser muy variadas (hemisferios, océanos, continentes o parte de ellos) y se puede utilizar para el efecto, según el caso, una antena o varias en arreglo.

iii) Antenas de haz pincel, cuya cobertura es por así decirlo casi puntual. El haz correspondiente es muy estrecho pues tiene una abertura máxima de 4.5°. Para el efecto se utilizan antenas parabólicas.

Para ejemplificar lo anterior, la figura 3.3.5.a, ilustra diferentes coberturas, mientras que la 3.3.5.b, el arreglo de las antenas en los satélites INTELSAT IV.

De la figura 3.3.5.b, se puede observar el requerimiento de antenas por pares o bien, una que cumple doble función. Por ejemplo, a un disco para transmisión le corresponde otro para recepción. La antena omnidireccional es para el uso del subsistema de comando y telemetría.

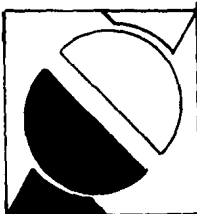
Los satélites internacionales de comunicaciones pueden hacer uso de cualquiera de los tres tipos de antenas vistos anteriormente; mientras que cuando el satélite es doméstico o regional, se utilizan los dos últimos, pues se debe restringir la cobertura al país o región de servicio; es decir, que la mayor parte de energía de las señales debe concentrarse



haz global

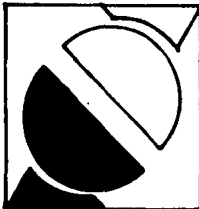
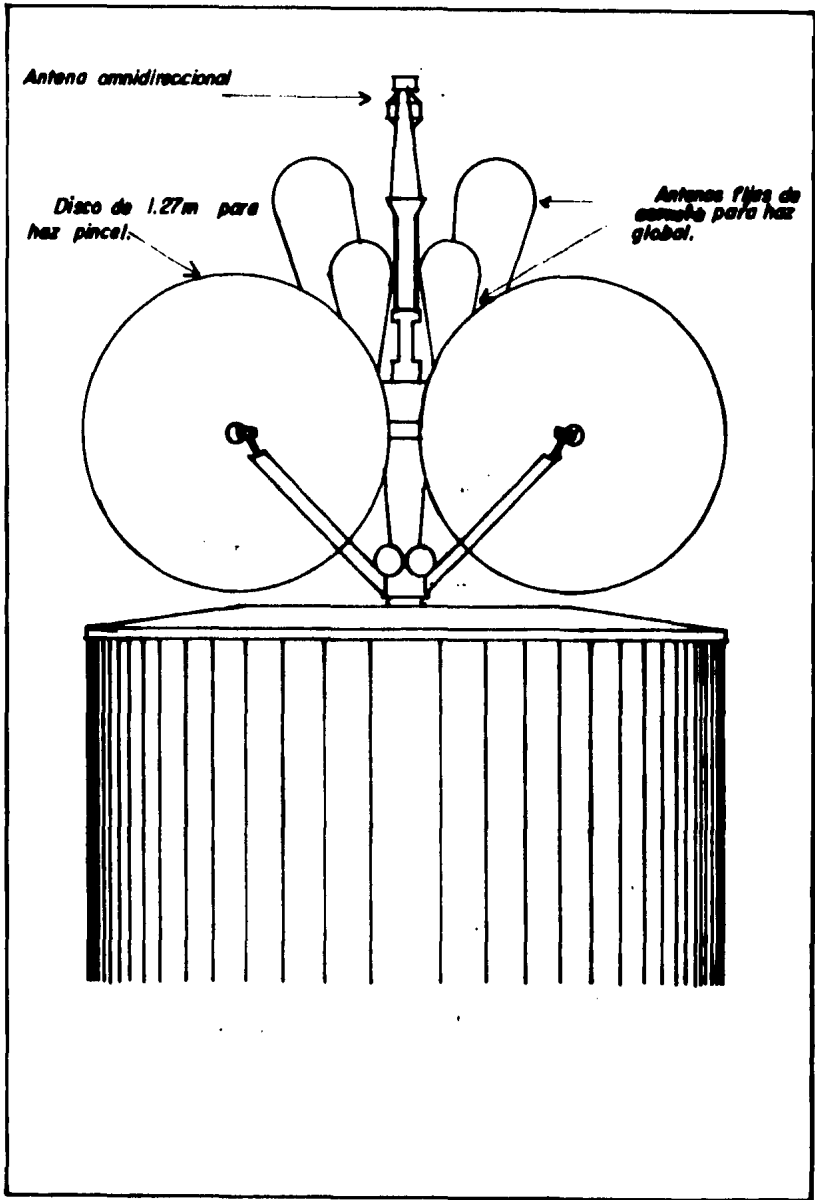
haces pincel.

haces hemisféricos.



Ejem. de diferentes coberturas de los haces en el satélite INTELSAT IV-A.

F
335.0



Antenas utilizadas en los satélites
INTELSAT . IV.

F
335b.

en una área determinada por caprichosa que ésta sea. Esto puede hacer - que la antena sea más complicada que una simple parábola o corneta.

Lo que generalmente se utiliza para coberturas doméstica y regional, y en algunos casos para conmutar haces pincel a diferentes zonas de la - Tierra en un satélite internacional de comunicaciones, es hacer incidir- los haces de un alimentador múltiple sobre un disco reflector, de tal -- modo que se puedan obtener coberturas adecuadas para las áreas que lo - requieran.

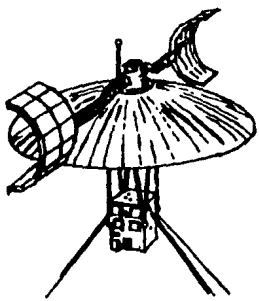
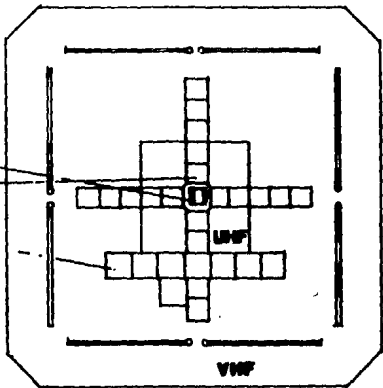
La figura 3.3.5.c, muestra el alimentador múltiple del satélite - - ATS-6 de los Estados Unidos. Los 21 haces pueden ser conmutados entre - sí y reflejados en un gran disco; cada uno de ellos tiene una abertura - de 10° , lo que representa una ganancia de aproximadamente unas 300 veces- más de su antena en relación a una de haz global. La figura 3.3.5.d, -- ejemplifica cómo se puede lograr una cobertura determinada utilizando un arreglo de antenas de corneta para alimentación y un disco reflector.

Como comentario final acerca de las antenas, cabe agregar que cuando una órbita está saturada, es necesario prevenir que no haya interferen-- cia entre los haces de los satélites adyacentes.

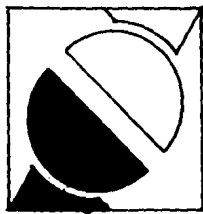
Los transpondedores reciben la señal de la antena receptora del saté- lite, le cambian la frecuencia y aumentan su potencia, dejándola lista - para enviarse a la Tierra por la antena transmisora. La razón del cam- bio de portadora es para que en la comunicación no exista interferencia de la señal que llega al satélite con la que de éste baja a nuestro pla- neta.

La figura 3.3.5.e, muestra en diagrama de bloques la configuración- básica de un transpondedor de 36MHz. Primeramente se filtrarían las se- ñales provenientes de la antena receptora ya que el ancho de banda que - debemos manejar es de 500 MHz en total. El preamplificador, amplifica -

banda c
banda s
banda l

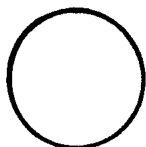


SATELITE.
ATS - 6

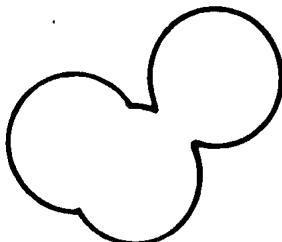


Satélite ATS-6 y su alimentador múltiple.

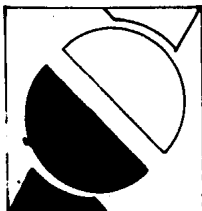
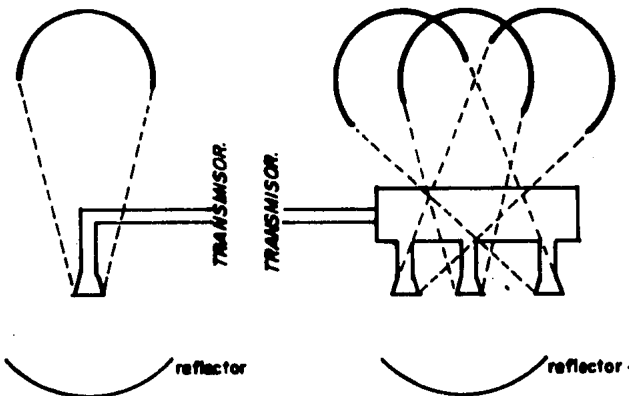
F
335c.



cobertura de una antena de corneta con reflector.

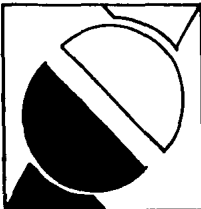
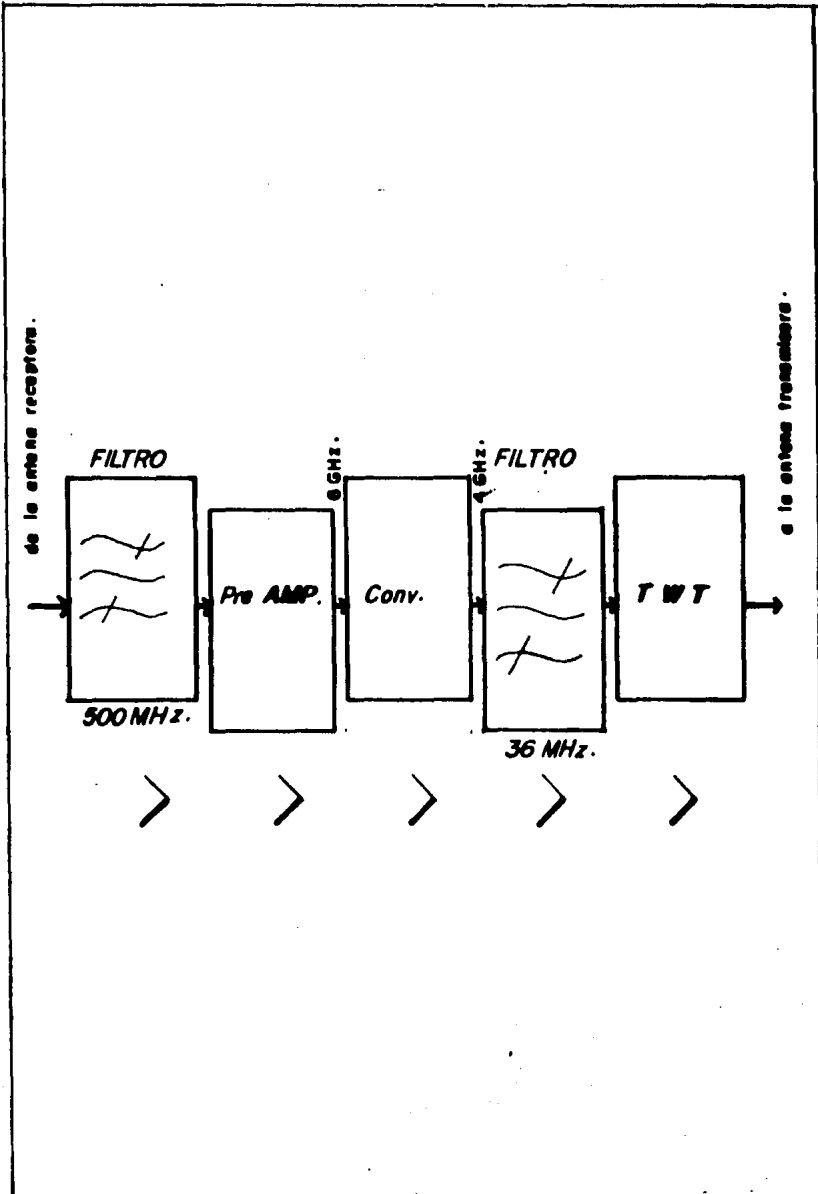


cobertura de un arreglo de tres antenas alimentadoras de corneta con un reflector.



Coberturas.

F
335-d.



Configuración básica de un transpondedor de 36 MHz

F
335 e

las señales que ya de por sí se han debilitado en su viaje de la Tierra al satélite, mientras que el convertidor cambia las portadoras de la información de las frecuencias en la banda de 6 GHz a frecuencias en la banda de 4 GHz.

Hasta aquí se han manejado 500 MHz de ancho de banda, por lo que se puede decir que ésta es una etapa común a cada transpondedor ya que posteriormente se tendrán filtros en paralelo de 36 MHz que nos separarán en partes el total de información contenida en 500 MHz de ancho de banda. Así pues, separada ya una porción de la información correspondiente a 36 MHz, ésta se alimenta a un amplificador de alta potencia, consistente en un tubo de ondas progresivas (TWT), el cual amplifica lo suficiente a la señal para que pueda ser radiada a la Tierra por la antena transmisora del satélite.

Una de las razones por las cuales la frecuencia de las portadoras que se reciben en el satélite es mayor que la de las que se transmiten, reside en el hecho de que las pérdidas de potencia en el viaje de las señales son más pronunciadas a altas que a bajas frecuencias. En la estación terrena transmisora no tenemos limitaciones fuertes de potencia; mientras que en el satélite sí, de modo que se prefiere que las señales del satélite a Tierra tengan menor frecuencia que las que suben, ya que de este modo su potencia disminuirá menos que si se bajasen en una banda de frecuencias más altas.

Por otro lado, aunque tradicionalmente los transpondedores han tenido un ancho de banda de 36 MHz, pueden funcionar con otros mayores. Así por ejemplo, en los satélites Morelos 1 y 2 del Sistema Doméstico Mexicano, se tendrán dentro de la banda de 6/4 GHz transpondedores tanto de 36 MHz como de 72 MHz.

Un satélite de comunicaciones tiene varios transpondedores y cada uno de ellos puede manejar señales de televisión, voz y datos. Un ejem-

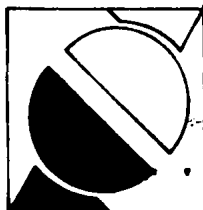
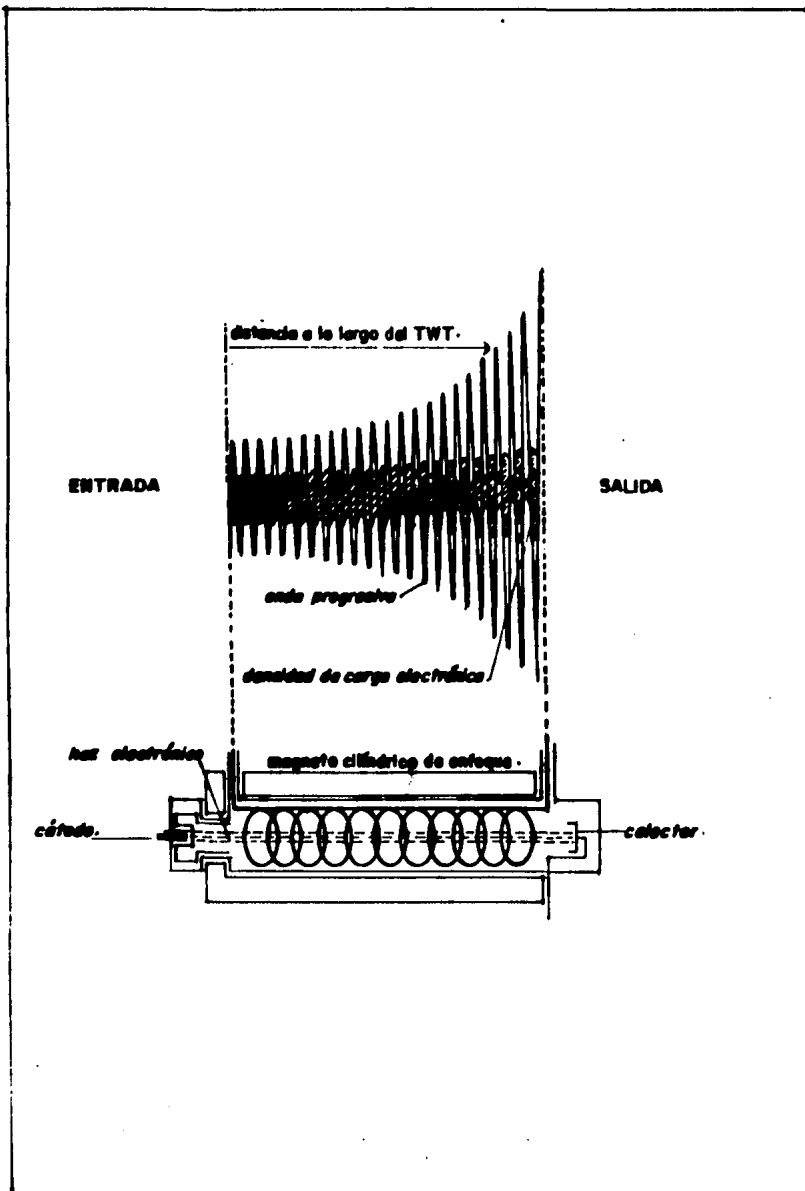
plo típico de transpondedores de 36 MHz, lo es el satélite Westar, cuyos transpondedores pueden manejar, cada uno, cualquiera de las siguientes señales:

- a) Un canal de televisión a color con sonido
- b) 1,200 canales de voz
- c) Datos a una velocidad de 50 mega-bits por segundo

Dentro del equipo de los transpondedores hay una parte medular -- que es el tubo de ondas progresivas (T.W.T., del inglés Travelling Wave-Tube). Este dispositivo puede amplificar prácticamente cualquier señal -- sin importar su frecuencia, pues no se basa para ello en el principio de resonancia. En la figura 3.3.5.f, se muestra su constitución básica y -- la amplificación sucesiva de amplitud de una onda senoidal que pasa a -- través de éste.

La señal de microondas viaja por la helicoide envuelta en el tubo -- de vacío, a través del cual pasa un haz lanzado por el cañón electrónico y recibido en el colector. El espacio entre cada una de las espiras, es -- tal que la señal de microondas tarda en entrar y salir del tubo el mismo -- tiempo que los electrones del haz tardan en cruzarlo. De esta manera la -- señal de radiofrecuencia crea un campo eléctrico variable, el cual dá -- lugar a una separación de los electrones tendiendo a formar grupos de -- ellos. Estos al viajar así por el tubo, inducen en la helicoide una se- -- gunda señal proporcional a la primera y que se le suma aumentándola. Al -- ser mayor la señal de radiofrecuencia se producen grupos electrónicos -- más determinados, los que a su vez contribuyen a sumar una señal más -- fuerte a la original y así sucesivamente. La continuación del proceso a -- lo largo del tubo origina una gran amplificación de la señal de radiofre- -- cuencia, como puede verse de la misma figura 3.3.5.f.

La amplificación crece en forma exponencial con la longitud del -- tubo y la ganancia en decibeles, que son unidades logarítmicas, es apro-



Constitución básica de un TWT y relación de la amplitud de una onda progresiva senoidal con la densidad de carga de haz electrónico.

F

335-f.

xinadamente proporcional a dicha longitud.

En el INTELSAT IV, los tubos eran de 61 centímetros de largo y la ganancia en potencia de 50 decibeles (lo que significa que la señal original se amplificaba 100,000 veces), la potencia de salida era de 6 - - watts y su eficiencia del 31 %. En el CTS (Canadian Technology Satellite) se colocaron tubos de ondas progresivas de una eficiencia del 50% y potencia de salida de 200 watts.

Otro aspecto que caracteriza a los satélites modernos, es el estar capacitado para el reuso o reutilización de frecuencia. Dentro de las - bandas de frecuencia que se utilizan para las comunicaciones vía satélite, sólo se dispone de un ancho de banda de 500 MHz que se pueden repartir en 12 transpondedores de 36 MHz cada uno para manejar 12 canales de televisión diferentes, por ejemplo. Sin embargo, si dentro de ese mismo ancho de 500 MHz aumentamos al satélite otros 12 transpondedores de 36 - MHz cada uno de tal modo que trabajen con otros 12 canales de televisión diferentes a los primeros pero con polarización opuesta a éstos, podremos manejar en lugar de los 12 canales originales, 24 programas de televisión sin ninguna interferencia. A este método es al que se le conoce como reutilización de frecuencia y se logra gracias a la diferencia de - polarización en las señales. También es posible manejando idénticas fre - cuencias al utilizar haces de antena destinados a diferentes lugares geo - gráficos. Combinando ambas posibilidades se logra multiplicar aún más - el uso que demos a nuestro ancho de banda. Así por ejemplo, los satélites INTELSAT VI tendrán capacidad para utilizar seis veces su frecuencia.

3.4. DESARROLLO

La configuración de los satélites posiblemente sea siempre la misma. Lo que es susceptible de cambio es cada subsistema en sí, como de -- hecho ha venido ocurriendo. Para tener una idea más cuantitativa de lo que son los satélites de comunicaciones y de su desarrollo, haremos un resumen de las características y propósitos de las generaciones del con-

servicio INTELSAT, organización cuya relevancia dentro de las comunicaciones espaciales se referirá en el inciso 3.6, dentro de este mismo capítulo.

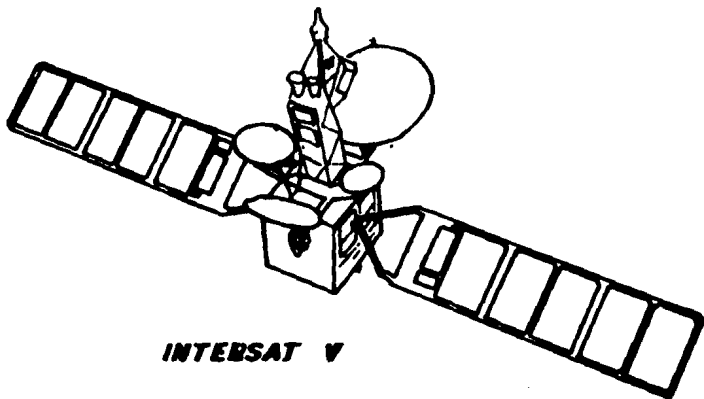
Como ilustración de los dos aspectos principales que hasta ahora han dominado en los satélites comerciales de comunicaciones, presentamos en la figura 3.4.a, a los satélites de las generaciones INTELSAT IV-A y V. En la primera, la estabilización se realiza por giro y en la segunda, por fuselajé.

La primera generación de INTELSAT la constituyó el satélite mundialmente conocido como "Pájaro Madrugador", lanzado al espacio en el año de 1965 con propósitos experimentales en un inicio; pero que terminó por ser un satélite operativo que dió servicio a Norteamérica con Europa. Se calculaba que sólo duraría 18 meses con vida útil, pero ésta se prolongó hasta 5 años. La importancia de esta generación radica en que demostró al mundo la viabilidad de la órbita geostacionaria y de las comunicaciones por satélite confiables.

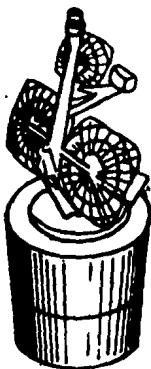
La estabilización del satélite se realizaba por giro y se contaba con una antena omnidireccional que por supuesto no concentraba toda su energía en la superficie visible de la Tierra. Tenía capacidad para manejar 240 circuitos telefónicos o bien uno de televisión; pero en su caso o se manejaba telefonía o televisión, además de que sólo un par de estaciones terrenas podían trabajar con el satélite simultáneamente. La energía primaria de la que se disponía era de 40 watts y el ancho de banda total de 50 MHz.

La segunda generación de INTELSAT, la constituyeron los satélites INTELSAT II, cuyo primer lanzamiento se efectuó en el año de 1966.

El propósito de esta generación fue lograr una cobertura a través de los océanos Atlántico y Pacífico. Nuevamente la estabilización se --



INTELSAT V



INTELSAT IV-A.



Ejemplo del aspecto que presentan los satélites estabilizados por giro y por fuselaje.

F

3-4-a.

realizaba por giro y se contaba con una antena omnidireccional. La capacidad de estos satélites era igual a la de la generación predecesora; -- pero se contaba con una innovación muy importante, que consistió en que a partir de esta segunda generación, todas han tenido la facilidad de intercomunicar a más de dos estaciones terrenas simultáneamente; es decir, se inició lo que se conoce como acceso múltiple.

El primer lanzamiento de la generación INTELSAT III fue en el año de 1968. Ahora se tenía como objetivo lograr por primera vez una cobertura global; es decir para todo el orbe, lo que se realizó al año siguiente. La estabilización siguió efectuándose por giro y las innovaciones -- consistieron en utilizar un arreglo direccional de dipolos que cubrían -- la superficie visible de la Tierra, la incorporación de un sistema de -- contra-rotación para las antenas y el aumento de capacidad a 1,500 circuitos telefónicos más 4 canales de televisión simultáneamente. Se lo -- graba por primera vez un ancho de banda útil total de 500 MHz.

En 1971 se efectuó el primer lanzamiento de la generación de satélites INTELSAT IV con propósitos de aumentar la capacidad de la cobertura global y su eficiencia. El subsistema de antenas se hizo más complejo, consistiendo de dos reflectores parabólicos orientables desde la tierra para haz pincel y cuatro antenas de corneta para coberturas globales. Se aumentó la capacidad a 3,750 circuitos telefónicos más 2 canales de -- televisión, con lo que se tuvo un ancho de banda total útil de 500 MHz -- otra vez. Los satélites se equiparon con 12 transpondedores de 36 MHz.

La generación INTELSAT IV-A comenzó a funcionar en 1975 y fue muy similar a su predecesora, pero con varias innovaciones. Se disponía de mayor potencia primaria, aumentó la capacidad a 5,000 circuitos telefónicos más dos canales de televisión y lo principal, se utilizó por primera vez con éxito el método de reutilización de frecuencias.

La generación de satélites INTELSAT V tuvo su primer lanzamiento --

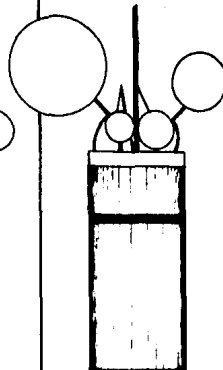
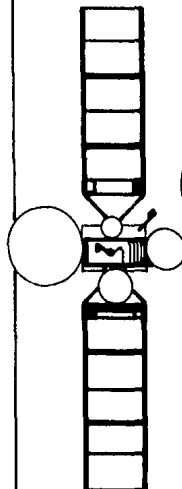
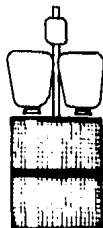
en el año de 1980. Se dieron cambios radicales en cuanto a la forma -- tradicionalmente cilíndrica de los satélites anteriores. Y ahora la estabilización se efectuó por fuselaje. El sistema de antenas proporciona haces globales, hemisféricos, de pincel y zona. Estos últimos trabajan con polarización cruzada, lo que permite utilizar 4 veces la frecuencia. Se trabaja en la banda tradicional de 6/4 GHz y en una nueva de 14/11 -- GHz. La capacidad de canales aumentó a 12,500 circuitos telefónicos más dos de televisión, con lo que el ancho de banda útil es de 2,321 MHz. -- La potencia primaria disponible llega a un valor de 1,354 watts.

El primer lanzamiento de la serie INTELSAT V-A fue en el año de -- 1983. Esta generación es muy similar a la anterior, sólo que se le incorporaron algunas mejoras como son la utilización de baterías de níquel-hidrógeno, la inclusión de dos antenas orientables de haz pincel para 4-GHz y se aumentó la capacidad a 15,000 circuitos telefónicos más dos canales de televisión, con lo que se obtiene un ancho de banda útil de -- 2,570 MHz.

La generación de satélites INTELSAT VI retoma la estabilización -- por giro, no porque ésta sea mejor que la de fuselaje, sino porque la constructora que diseñó el mejor subsistema de comunicaciones trabaja -- únicamente satélites de forma cilíndrica. Se tiene planeado que el primer lanzamiento de esta serie se lleve a efecto en el año 1986. Las innovaciones serán el panel solar telescopico para duplicar la potencia -- primaria (2,300 watts), un control más preciso de la posición a través -- de un sistema de rastreo por radiofaro y el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) con una antena trioceánica que por polarización cruzada permitirá utilizar 6 veces la frecuencia. La capacidad aumentará a 40,000 circuitos telefónicos más cuatro de televisión y la vida útil esperada es de 10 años.

Un cuadro sumamente ilustrativo del desarrollo de los satélites comerciales de comunicaciones, se presenta en la figura 3.4.b, donde ade--

ASPECTO
DE LOS
SATELITES.



SERIE.	I	II	III	IV	IV-A	V	VA	VI
CONSTRUCTORA.	HUGHES.	HUGHES.	TWR.	HUGHES	HUGHES.	FORD.	FORD.	HUGHES.
PRIMER AÑO DE LANZAM.	1965.	1966.	1968.	1971.	1975.	1980.	1983.	1986.
TIEMPO DE VIDA EN AÑO.	5.	3.	5.	7.	7.	7.	7.	10.
DIMENSIONES (Diámetro φ, Long.l, Ancho. e. J.)	φ = 0.72 m. l = 0.59 m.	φ = 1.42 m. l = 0.673 m.	φ = 1.42 m. l = 1.04 m.	φ = 2.38 m. l = 3.28 m.	φ = 2.38 m. l = 3.80 m.	l = 18.8 m e = 6.4 m.	l = 15.8 m e = 6.4 m.	φ = 3.6 m. l = 11.3 m (no estándar.)
MASA EN ORBITA EN Kg.	38.	67.3	182.	700.	780.	950.	950.	2,243.
POTENCIA PRIMARIA en W	40.	75.	120.	400.	800.	1,334.	1,350.	2,300.
NUM. de TRANSPONDORES	1.	1.	2.	12.	20.	27.	27.	-
CAPACIDAD DE CTOS. TELFCOS.	240	240	1500+4e. T.V.	4000+2e. T.V.	6000+2e. T.V.	12500+2e. T.V.	15000+2e. T.V.	40,000+4e. T.V.
ANCHO DE BANDA UTL. T. en MHz	50.	130.	500.	500.	600.	2,321.	2,570.	3,262.



ALGUNOS DATOS DE LOS SATELITES DEL SISTEMA INTELSAT.

F
3.4. b

más de algunos datos técnicos de los satélites INTELSAT aparece la figura de cada uno de ellos y el nombre de la compañía constructora.

Para concluir, debe señalarse que el límite en el peso del satélite lo impone la fuerza del vehículo de lanzamiento. Por ejemplo, uno de los designados como Delta, restringe el peso del satélite a sólo 907 kilogramos. Esto de algún modo establece una limitante en la cantidad de celdas solares y baterías, lo que a su vez restringe la potencia de salida de los tubos de ondas progresivas.

Continuamente se busca lograr adelantos en materia aeroespacial -- con objeto de aumentar el peso del satélite así como en dispositivos que le den más energía eléctrica primaria; también se persiguen avances en la tecnología de las comunicaciones para crear mejores y más eficientes técnicas del manejo de las señales por satélite, elevar la frecuencia de banda, etcétera.

3.5. DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS SATELITALES

Un sistema satelital es un conjunto de comunicaciones que se compone de dos partes principales. Una de ellas se encuentra constituida por los satélites que forman parte del sistema y a la que se le designa como segmento espacial. La otra parte se constituye por las estaciones terrenas (ver definición en inciso 5.1.) que posea el sistema y se le conoce como segmento terrestre.

Los sistemas satelitales de comunicaciones, según los propósitos de su utilización, se pueden agrupar en comerciales, militares y experimentales como se ilustra en la figura 3.5.a.

Un sistema internacional del tipo comercial, presta servicios a países que pueden estar muy alejados entre sí. Citemos al sistema INTELSAT (Consortio Internacional de Satélites de Comunicaciones), organización formada por varios países que la financian y que tienen la propie-

A) CON FINES COMERCIALES:

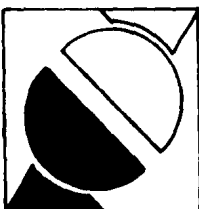
- a.1. Internacionales.
- a.2. Domésticos y Regionales.
- a.3. de estaciones móviles.

b) CON FINES MILITARES:

- b.1. de estaciones móviles.
- b.2. de estaciones fijas.

c) CON FINES EXPERIMENTALES:

- c.1. Civiles.
- c.2. Militares.



Sistemas satelitales de comunicación.

F

3-5 a.

dad de los satélites. Los satélites se encuentran situados por encima de los océanos Pacífico, Atlántico e Indico, y suministran un servicio global de comunicaciones para el planeta. Un ejemplo más, lo tenemos con el sistema INTERSPUTNIK de la Unión Soviética, que da servicio a los países socialistas.

Los sistemas comerciales domésticos, prestan sus servicios a un país. Se pueden citar varios ejemplos. El sistema TELESAT del Canadá maneja señales de voz, video y datos. En la Unión Soviética se desarrolló desde los años sesentas un sistema con satélites no geoestacionarios, los Molniya, y fue hasta 1975 cuando se dieron los primeros pasos para un sistema de satélites geoestacionarios llamado STATIONAR. En los Estados Unidos existían hasta hace poco cuatro sistemas domésticos: el Westar, el RCA-Satcom, el Comstar y el SBS. (1).

Los sistemas satelitales regionales, prestan sus servicios a varios países que por su extensión sólo o en conjunto forman un área de consideración. Por ejemplo, los países árabes o europeos.

Los sistemas comerciales de estaciones móviles, brindan sus servicios a estaciones terrenas que cambian constantemente de lugar, tales como las que pueden estar en barcos, aviones o vehículos terrestres. Los satélites MARISAT, sirven a la marina norteamericana en todo el mundo; pero además, ofrecen servicios comerciales de voz y teletipo en las regiones oceánicas del Pacífico y del Atlántico en la banda de 6/4 GHz. La porción no comercial de este sistema trabaja en la banda de 1.5/1.6 GHz.

Los sistemas militares, ya sean de estaciones fijas o móviles, tienen como fin satisfacer las necesidades de índole militar dentro del área de las telecomunicaciones. Se persiguen comunicaciones a grandes -

(1) El número de sistemas tiende a crecer, con la reciente introducción de redes como la Galaxy y Teistar, por ejemplo.

distancias con un alto grado de seguridad y velocidad para los llamados-servicios de estrategia e inteligencia. La banda de operación es la de 8/7 GHz y como ejemplo de estos sistemas con estaciones fijas podemos citar el DSCS, el Skynet y el Nato; mientras que con estaciones móviles - está el FLT - Satcom.

Los sistemas experimentales, tienen por objeto hacer evaluaciones de la nueva tecnología relacionada con las comunicaciones vía satélite - tanto a nivel civil como militar. Dentro del plano civil citaremos como ejemplos al sistema ATS - 6, el CTS (Canadian Technology Satellite), el BSE del Japón, el ECS y el STATSTAR-OTS (Orbital Test Satellite) de la Unión Soviética. Dentro del plano militar puede citarse como ejemplo el sistema LES (Lincoln Experimental Satellites) de los Estados Unidos.

Para finalizar, diremos que se manejan internacionalmente con otros términos algunas de las cosas que se han mencionado aquí, por lo que incluiremos dos definiciones de servicios por satélite que hemos considerado pertinentes para redondear el panorama expuesto.

Servicio fijo por satélite:

Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas situadas - en puntos fijos determinados, cuando se usan uno o más satélites (1).

Servicio móvil por satélite:

Servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres, o entre estaciones móviles a través de uno o más satélites (2).

(1) Unión Internacional de Telecomunicaciones. Reglamento de Radiocomunicaciones. Término 3.3. Ginebra, Suiza. 1982.

(2) Ibid, Término 3.3.

3.6. I N T E L S A T

Aproximadamente las dos terceras partes de las comunicaciones transoceanicas internacionales en el mundo se transmiten a través de satélites pertenecientes a la organización INTELSAT.

Esta organización internacional fue establecida con el fin de adaptar técnicas estándar para los países que usan satélites y asegurar el funcionamiento normal de las comunicaciones.

La entidad precursora de INTELSAT fue constituida el 20 de agosto de 1964, fecha en que representantes de 11 naciones suscribieron acuerdos interinos mediante los que se fundó el Consorcio Internacional de Telecomunicaciones por Satélite.

En aquella época, tan sólo siete años después de haberse colocado en órbita el Sputnik, primer satélite artificial del mundo, la utilización sobre bases comerciales de la naciente tecnología de las telecomunicaciones por satélite era más una posibilidad teórica que una realidad práctica. Sin embargo, en el transcurso de los años siguientes, al comprobarse la viabilidad comercial del concepto y establecerse un sistema mundial, se unieron al Consorcio muchos países más. En consecuencia, conforme a lo dispuesto en los acuerdos interinos, se celebró en Washington, D.C. una serie de conferencias plenipotenciarias durante el período de 1969 a 1971, con el fin de establecer una estructura más permanente. Como resultado de ellas se formalizaron dos acuerdos, que entraron en vigor en 1973. Mediante estos acuerdos se creó la Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite (INTELSAT), dotada de una estructura organizativa conformada por cuatro órganos:

ASAMBLEA DE PARTES. o reunión de los representantes de los gobiernos que son partes del Acuerdo.

La asamblea considera los asuntos de Intelsat que resulten primor -

dialmente de interés para las partes como Estados soberanos, así como -- las resoluciones, recomendaciones y puntos de vista que le remitan la -- Reunión de Signatarios o la Junta de Gobernadores. Está facultada para formular políticas y objetivos a largo plazo que sean compatibles con -- los principios, propósitos y alcances de las actividades de INTELSAT.

Cada parte tiene derecho a voto.

El acuerdo establece que la asamblea de partes debe celebrar una -- reunión ordinaria cada dos años, a no ser que disponga otra cosa entre -- una reunión y la siguiente, y podrá reunirse con carácter extraordinario conforme se requiera.

REUNION DE SIGNATARIOS. Constituida por los representantes de to -- dos los signatarios del acuerdo operativo (los gobiernos o las entida -- des de telecomunicaciones por ellos designadas). Considera las resolu -- ciones, recomendaciones o puntos de vista que le remitan la Asamblea de Partes o la Junta de Gobernadores, así como asuntos relacionados con los aspectos financieros, técnicos y operativos del sistema. Entre sus di -- versas responsabilidades, la Reunión de Signatarios considera y decide -- sobre cualquier recomendación hecha por la Junta de Gobernadores en rela -- ción con un aumento en el tope de la inversión de capital; fija anualmen -- te la participación de inversión mínima que da derecho a representación -- ante la junta; y establece reglas generales, mediante recomendación de -- la Junta de Gobernadores y para orientación de ésta, en relación con la aprobación de las estaciones terrenas para el acceso a los satélites -- INTELSAT, la asignación de capacidad en satélites INTELSAT, y el estable -- cimiento y ajuste de los cargos por el uso de dichos satélites sobre una base no discriminatoria. Cada signatario tiene derecho a un voto.

Se celebre una Reunión Ordinaria de Signatarios cada año civil así -- como reuniones extraordinarias conforme se requiera.

JUNTA DE GOBERNADORES. Constituida por los signatarios cuyas participaciones de inversión, individualmente o en grupos, no sean menores que un valor mínimo establecido. La reunión de signatarios fija anualmente la participación mínima, procurando que el número de miembros de la Junta sea aproximadamente de 20 en todo momento.

Además, podrán tener representación ante la Junta hasta cinco grupos, cada uno de no menos de cinco signatarios que pertenezcan a la misma región de la UIT, cualquiera que sea el total de sus participaciones de la inversión.

La junta de gobernadores se encarga de tomar todas las decisiones relativas a la concepción, desarrollo, construcción, establecimiento, explotación y mantenimiento de los satélites INTELSAT, y de todas las decisiones necesarias para que INTELSAT emprenda cualquier actividad. La junta considera todas las resoluciones, recomendaciones y puntos de vista que le remitan la Asamblea de Partes o la Reunión de Signatarios. Está asesorada por las comisiones consultivas de asuntos técnicos y de planificación, así como por una comisión examinadora de presupuestos y cuentas.

La junta procura adoptar sus decisiones por unanimidad, y generalmente lo logra. A falta de acuerdo unánime, toma sus decisiones por voto ponderado sobre la base de las participaciones de inversión.

ORGANO EJECUTIVO. Con una planilla de unos 400 empleados de más de 40 nacionalidades.

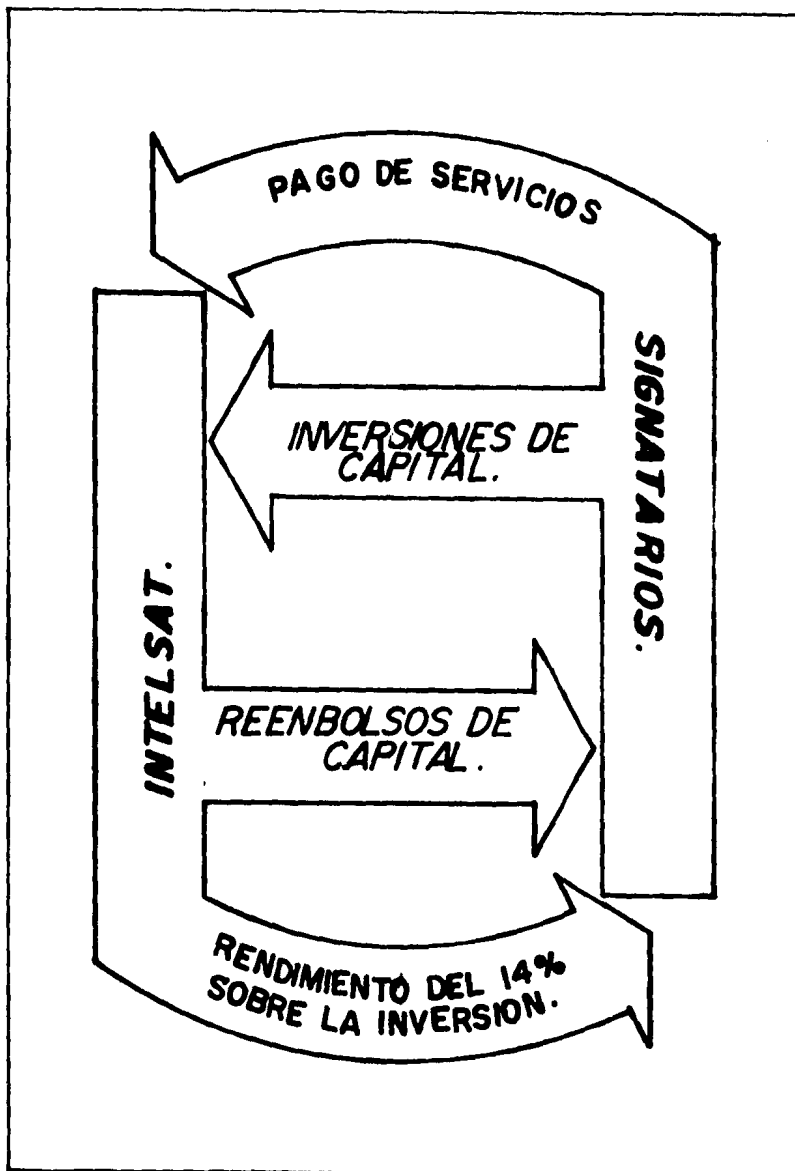
El órgano ejecutivo tiene su sede en Washington, D.C. y está encabezado por un Director General, responsable ante la Junta de Gobernadores de la administración y dirección cotidianas de INTELSAT.

INTELSAT actúa a manera de cooperativa financiera, de suerte que su propiedad es compartida por todos sus países miembros. Se podría decir, entonces que es un patrimonio financiero que pertenece al mundo entero, vende su capacidad a un cargo de utilización que cubre sus gastos de operación y la amortización del sistema, y ofrece un rendimiento del 14 por ciento sobre las inversiones de sus signatarios. Una vez sufragados los gastos de operación, los ingresos percibidos se distribuyen entre los países miembros. Sin embargo, esos mismos países, en su condición de usuarios, habrán contribuido a producir dichos ingresos originalmente. Existen acuerdos que permiten ajustar las participaciones de aquellos países que deseen tener un porcentaje más alto o más bajo que el indicado por su utilización.

Las participaciones no sólo determinan el porcentaje de inversión de capital que cada signatario contribuye al sistema, y los ingresos que recibe, sino que también establecen los derechos de votación del signatario en la Junta de Gobernadores.

La figura 3.6.a muestra la relación entre INTELSAT y sus signatarios. En sus primeros quince años de actividades, INTELSAT ha reducido su cargo por circuito telefónico internacional vía satélite aproximadamente a un sexto del nivel original, a pesar de la inflación mundial. Esta tendencia se sigue presentando, lo que pone a las comunicaciones internacionales de alta calidad al alcance de un número cada vez mayor de personas. El acuerdo de INTELSAT establece en su preámbulo que la comunicación por medio de satélites debe estar al alcance de todas las naciones del mundo "...con carácter universal y sin discriminación alguna". A la luz de esta consideración, el sistema INTELSAT está también a disposición de los países que no son miembros de la organización. Los cargos para estos usuarios son idénticos a los que se aplican a los países miembros.

Cuando no se necesita la capacidad de los satélites INTELSAT para-



**RELACION ENTRE INTELSAT Y
SUS SIGNATARIOS.**

F

36-a

curso de servicios internacionales, puede ser alquilada a diversos países a fin de que la aprovechen para prestar servicios nacionales de telecomunicación dentro de sus propios territorios.

Hacia 1979, el número de países miembros de INTELSAT había aumentado a 109 países.

Como es lógico, los satélites de INTELSAT constituyen únicamente un segmento del sistema INTELSAT (el segmento espacial). El otro segmento, el terrestre, está formado por cientos de estaciones terrenas transmisoras y receptoras ubicadas en países del mundo entero. Por regla general, dichas estaciones terrenas son propiedad de las organizaciones de telecomunicaciones internacionales de los países en los que están situadas, y su explotación corre a cargo de estas unidades.

INTELSAT generalmente alquila capacidad de satélite a las entidades de telecomunicaciones por años ; por unidades, estas entidades a su vez venden dicha capacidad en forma de llamadas telefónicas, circuitos, telegrafías y canales de televisión.

INTELSAT ha apoyado de manera eminente el desarrollo de la tecnología de satélites de comunicaciones en base a un programa de investigación hecho desde su creación, cuyos objetivos generales han sido:

- Hacer óptimos el diseño, desarrollo, construcción y establecimiento del sistema INTELSAT;
- Lograr el mantenimiento, utilización y explotación eficaces del sistema;
- Hacer los preparativos para el futuro a largo plazo del sistema INTELSAT, tanto en lo referente a los servicios actuales como a nuevos tipos de servicios; y

- Suministrar, por medio de las técnicas más avanzadas disponibles y para beneficio de todas las naciones del mundo, los servicios más económicos y eficaces que resulten compatibles con la mejor y más equitativa utilización del espectro de frecuencias radio -- eléctricas.

De investigaciones realizadas con el patrocinio de INTELSAT, han -- surgido muchos adelantos significativos que han contribuido a mejorar la eficacia, economía, capacidad de tráfico y vida útil de los satélites.

En concordancia con su política, que estipula que sus actividades -- deben ser encaminadas en beneficio de todos los países del globo, INTEL-SAT delega la realización de proyectos de investigación y desarrollo a -- entidades del mundo entero y pone los resultados de sus actividades a -- disposición de todos sus países miembros.

Para 1986, INTELSAT lanzará su serie VI, pero más allá de la época de los INTELSAT VI los encargados de la planificación del sistema INTEL-SAT tienen en perspectiva una serie de conceptos interesantes: Plata -- formas espaciales de aplicaciones múltiples, conglomerados de satélites -- e hileras de satélites conectados entre sí por medio de enlaces radio -- eléctricos. Han surgido nuevos conceptos en vehículos de lanzamiento -- para satélites que presentan oportunidades de nuevos sistemas y economías. La tecnología de los satélites para comunicaciones está cambiando constan -- temente, y habrá de ofrecer oportunidades sustanciales en lo que respec -- ta a poderosos sistemas nuevos. Las innovaciones en el plan de acción y en la técnica seguirán a la orden del día, y bien pueden modificar de -- forma significativa el carácter de los sistemas de comunicaciones vía -- satélite antes de que finalice la presente década.

Capítulo 4

CONCEPTOS GENERALES DE COMUNICACIONES VIA SATELITE

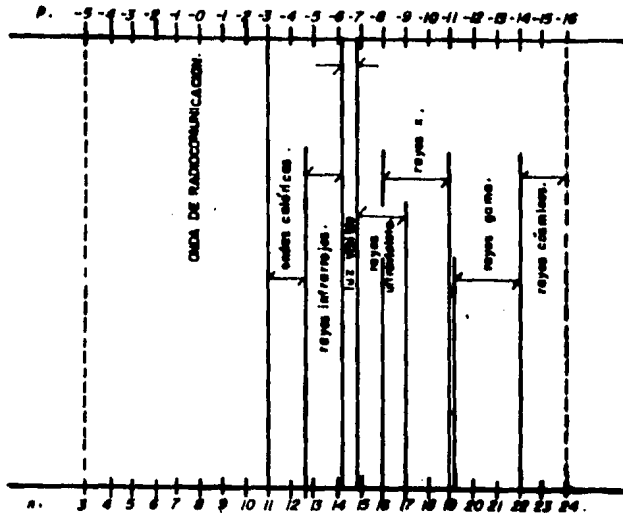
4.1. ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

Las ondas electromagnéticas son el producto de la propagación de un campo eléctrico asociado a un campo magnético, siendo dichos campos ortogonales entre sí; la propagación se produce a la velocidad de la luz en el vacío.

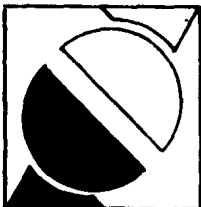
En las ondas electromagnéticas están incluidas desde las ondas de larga longitud, como las de radiocomunicación, hasta las de longitudes de onda más pequeñas, como son los rayos cósmicos. Las figuras 4.1.a, 4.1.b y 4.1.c, muestran diversas clasificaciones de las ondas electromagnéticas según su frecuencia, siendo las dos últimas las más comunes en comunicaciones.

No existe un límite exacto de frecuencias para definir el rango de las microondas, pero generalmente se usa tal calificativo para designar a las señales con longitudes de onda menores a un metro. Por esto, en -

LONGITUD DE ONDA $10^3(m)$.



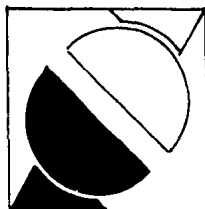
FRECUENCIA $3 \times 10^8 (Hz)$.



Clasificación de las ondas electro-
magnéticas.

F
4.1.0.

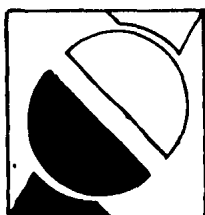
<i>Designación de banda.</i>	<i>Abrev. del Inglés.</i>	<i>Banda de frecuencia</i>	<i>Límites de longitud</i>
<i>muy baja frecuencia.</i>	<i>VLF</i>	<i>30KHz o menos</i>	<i>10KM o mayor.</i>
<i>baja frecuencia.</i>	<i>LF</i>	<i>30-300 KHz.</i>	<i>10-1 Km.</i>
<i>frecuencias medias.</i>	<i>MF</i>	<i>300-3000KHz</i>	<i>1-0.1Km.</i>
<i>alta frecuencia.</i>	<i>HF</i>	<i>3-30 MHz.</i>	<i>100-10m.</i>
<i>muy alta frecuencia.</i>	<i>VHF</i>	<i>30-300 MHz.</i>	<i>10-1 m.</i>
<i>ultra alta frecuencia.</i>	<i>UHF</i>	<i>300-3000 MHz.</i>	<i>1-0.1 m.</i>
<i>super alta frecuencia.</i>	<i>SHF</i>	<i>3-30 GHz.</i>	<i>10-1 cm.</i>
<i>extremadamente alta frec.</i>	<i>EHF</i>	<i>30-300GHz.</i>	<i>10-1 mm.</i>



Clasificación de las ondas de radiocomunicación.

F
4-1-b.

BANDA .	RANGO DE FRECUENCIAS EN GHz .
P	0.2 a 0.4.
L	1.53 a 2.7
S	2.5 a 2.7
C	3.4 a 6.425.
X	7.25 a 7.75
Ku	10.95 a 14.5
Kc	17.7 a 21.2
K	27.5 a 31.0



Clasificación por letras de una parte del espectro electromagnético.

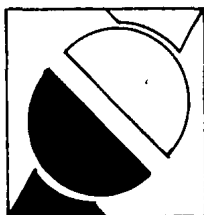
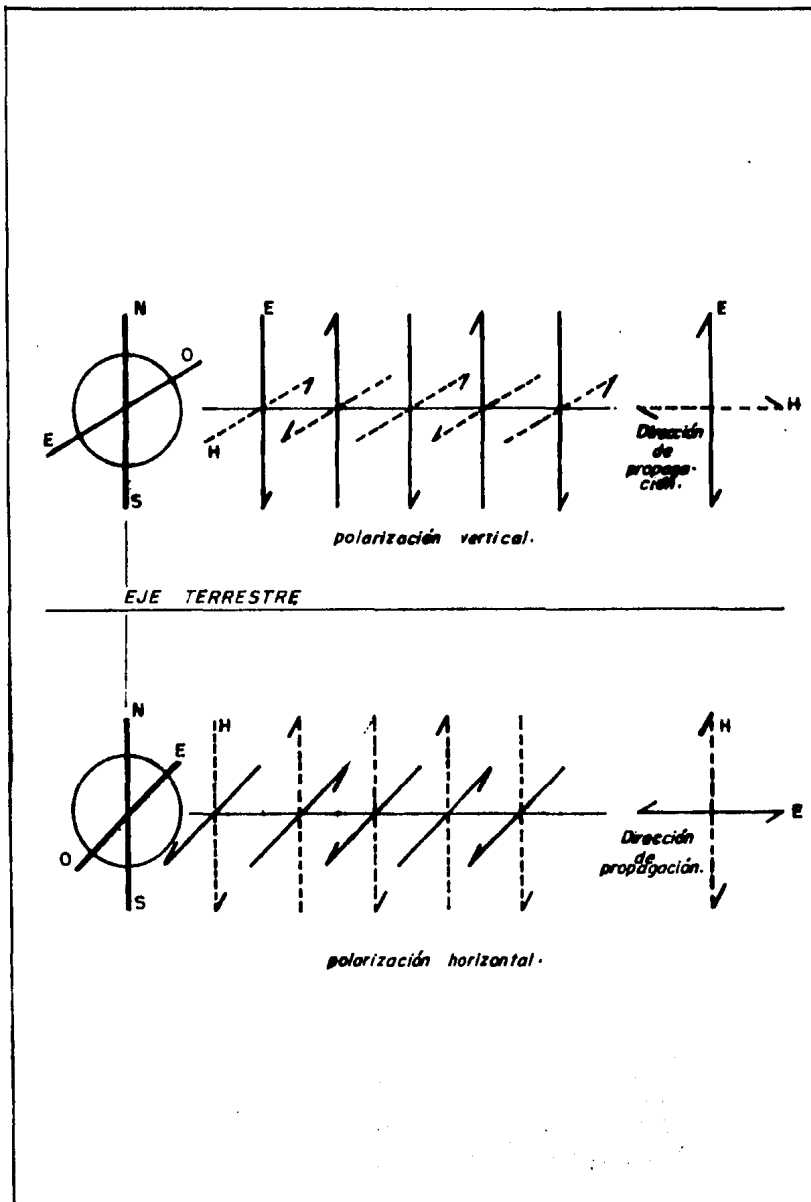
F
41 c.

ocasiones se usa el término microonda para referirse en forma genérica a las ondas LF, MF, o bien, a las EMF.

Tanto la luz como las microondas son formas de ondas electromagnéticas y como puede verse en la figura 4.1.a sus límites de frecuencia son cercanos; consecuentemente guardan bastante semejanza. Sus caracteres - similares se enumeran a continuación:

- 1.- Así como la luz, también las microondas producen sombras por -- atrás de los edificios, montes, etc.
- 2.- La luz se refleja en un espejo, así, las microondas se refle -- jan muy bien en superficies terrestres planas.
- 3.- La luz sufre refracción; semejantemente la trayectoria de pro -- pagación de microondas cambia por refracciones que sufre cuando pasa por el límite de medios diferentes.
- 4.- En superficies irregulares la luz se dispersa, asimismo las mi -- croondas sufren dispersión por las diferencias de la superficie terrestre.
- 5.- Tanto la luz como las microondas, al encontrar un obstáculo a -- su paso sufren difracción.

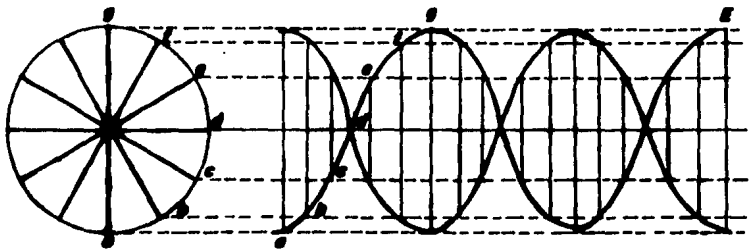
La polarización de una señal electromagnética se define como la posición relativa de su campo eléctrico durante la propagación, según la -- figura 4.1.d, cuando el plano de oscilación del campo eléctrico de la -- onda es paralelo al eje terrestre, se tiene una onda de polarización ver -- tical, y cuando es perpendicular, se tiene una onda de polarización ho -- rizontal. Ambas ondas se denominan ondas de polarización lineal o plana. Si hacemos girar el campo eléctrico sobre su dirección de propagación, -- se producen las ondas con polarización giratoria. Si el vector del cam -- po eléctrico de la onda, al girar describe un círculo perfecto, se dice -- que la onda es de polarización circular. En cambio, si aquel describe -- una elipsoide se tiene una onda de polarización elíptica; ésta se puede -- observar en la figura 4.1.e. Dos polarizaciones son ortogonales si sus



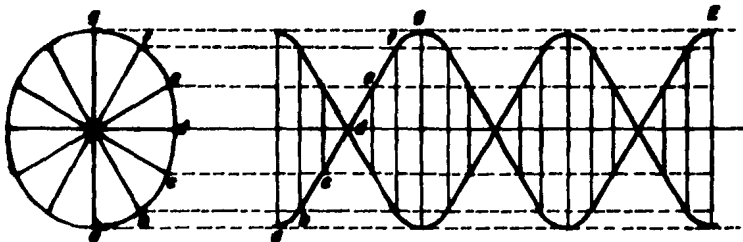
Polarización vertical y horizontal

F

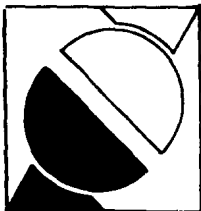
470.



**POLARIZACION
CIRCULAR**



**POLARIZACION
ELIPTICA.**



Polarización giratoria.



F

4-1-e.

ángulos de inclinación son mutuamente perpendiculares, si la magnitud de sus componentes axiales es igual y si sus sentidos son opuestos.

Las frecuencias más bajas asignadas para los satélites geosíncronos son de 1.5 GHz.

Los reglamentos de radio han dividido al mundo en tres regiones.-- La región 1 consta de Europa, parte de Asia Menor, Africa, Rusia y Mongolia. La 2 incluye el Hemisferio Oeste, toda América incluyendo a Hawái y Groenlandia. La 3 abarca a Nueva Zelanda, Australia, Oceanía y la región de Asia que no comprende la región 1.

Las frecuencias menores de 1.5 GHz son para una función muy específica y no para comunicaciones. Las frecuencias ideales para transmisiones vía satélite que no son afectadas notoriamente por los ruidos, tormentas o nubes están en la banda de 4/6 GHz.

Los factores que han influido para el desarrollo de satélites que operan a frecuencias mayores, son:

- 1.- La necesidad de mayor espectro.
- 2.- Mayor ganancia de las antenas, y
- 3.- La disminución de interferencias que afecten a los sistemas terrestres de microondas y viceversa.

Los factores negativos que se dan al aumentar las frecuencias de operación son principalmente:

- 1.- El incremento de la atenuación de la señal en la atmósfera, especialmente por lluvia, y
- 2.- La disminución de la sensibilidad de los receptores, debido al incremento de la temperatura de ruido.

4.2. FRECUENCIAS DE OPERACION

La elección de la frecuencia a la cual un satélite opera se determina por dos factores principalmente. Primero, la frecuencia debe ser acogida para evitar interferencias perjudiciales ya que al existir mucha demanda por un espectro determinado se puede interferir una señal con otra si no existe un control adecuado. Segundo, como se sabe, algunas transmisiones a ciertas frecuencias son más susceptibles a pérdidas, absorción y ruido que otras, por lo que la frecuencia debe ser seleccionada para minimizar el costo de la transmisión o maximizar la capacidad de información.

Va que las transmisiones por vía satélite pueden traspasar fronteras, es muy importante que exista un acuerdo para el uso de las frecuencias en este tipo de transmisiones.

Dichos acuerdos tuvieron su origen en la Conferencia Administrativa de Radio bajo los auspicios de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y comprenden los reglamentos de radio que tienen la fuerza de un pacto, el cual cada país incluido tiene la obligación de respetar.

La asignación de frecuencias para el uso de satélites artificiales ha sido dada por dos conferencias: la Conferencia Extraordinaria Administrativa de Radio de 1963 (EARC) y la Conferencia Mundial Administrativa de Radio para las Telecomunicaciones en el Espacio de 1971 (WARC).

Las frecuencias para usar en satélites son las más altas de las UHF, la banda de SHF y las más bajas de la EHF.

4.3. ENLACES

Un enlace por satélite es un "enlace radioeléctrico efectuado entre una estación terrena transmisora y una estación terrena receptora por medio de un satélite" según lo define la Unión Internacional de Telecomuni

caciones en su Reglamento de Radiocomunicaciones de 1982. También se nos especifica en la misma que un enlace a través de satélite "está formado por un enlace ascendente y un enlace descendente".

En la figura 4.3.a, podemos ver los enlaces ascendente y descendente de una comunicación vía satélite. El primero se efectúa de la estación terrena transmisora al satélite, digamos de subida; mientras que el segundo se efectúa del satélite a la estación terrena receptora, digamos de bajada.

En la figura 4.3.a, los enlaces se llevan a cabo en la banda "C" lo que se abrevia de la siguiente forma 4/6 GHz o bien 6/4 GHz. En esta notación, el número mayor, independientemente del orden, siempre corresponderá a la banda de frecuencias en GHz del enlace ascendente y el número menor, será el correspondiente a las frecuencias en GHz de la banda asignada al enlace descendente. Así por ejemplo, pueden existir sistemas que operen dentro de la banda "Ku" en una banda de enlace ascendente que va de 14.0 a 14.5 GHz y para el descendente en bandas que van de 11.7 a 12.2 GHz o de 11.45 a 11.7 GHz y de 10.95 a 11.2 GHz, como se ilustra en la figura 4.3.b. Las bandas de trabajo anteriores se pueden abreviar de la forma siguiente 11/14 GHz o bien 14/11 GHz.

Los satélites que operan en las bandas de 20/30 GHz, tendrán un ancho de banda mayor y usarán 27.5 a 29.5 GHz y 29.5 a 31 GHz en el enlace ascendente y 17.7 a 19.7 y 19.7 a 21.2 GHz en el enlace descendente como también se ilustra en la figura 4.3.b.

La conveniencia de utilizar frecuencias mayores en el enlace ascendente y menores en el descendente puede explicarse del modo siguiente:

Las pérdidas de potencia que sufren las señales en su viaje, son mayores a altas que a bajas frecuencias. En la estación terrena transmisora no tenemos limitaciones fuertes de potencia; pero en cambio, en el --

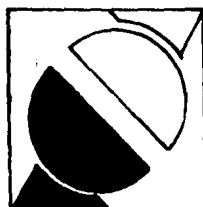
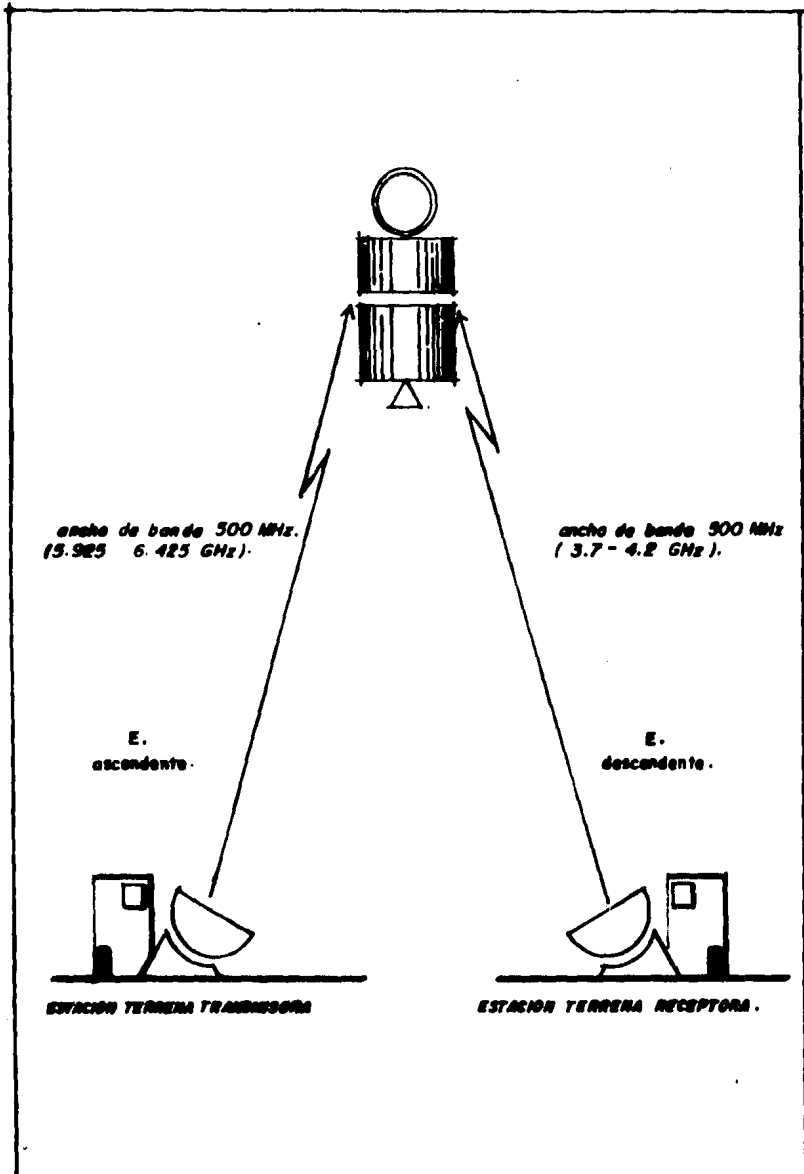
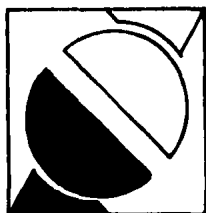
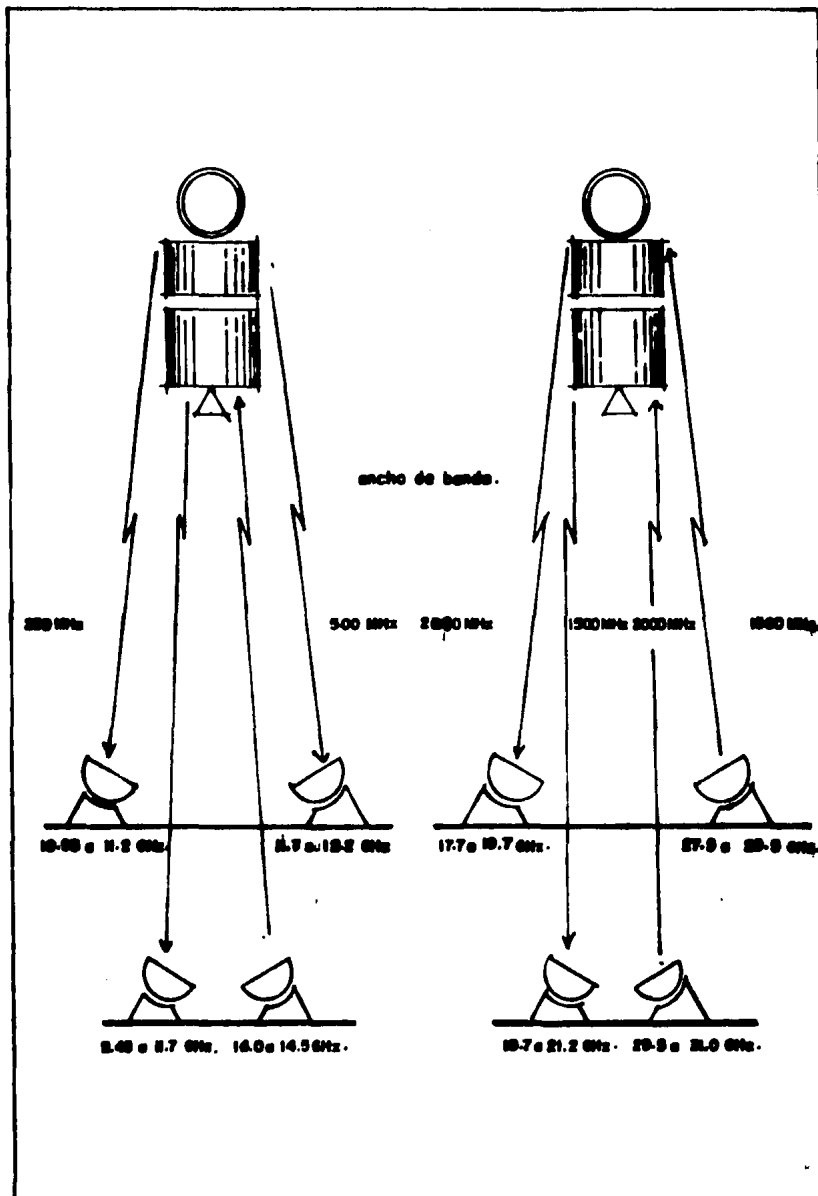


Diagrama de bloques simplificado
de un enlace a través de un satélite
de comunicaciones.

F

4.3.a.



Diferentes enlaces .



satélite si las hay, de modo que es preferible que las frecuencias del enlace descendente sean menores que las del ascendente para que su potencia disminuya menos en el trayecto que si bajasen en una banda de frecuencias más altas.

Finalmente, podemos decir que las bandas en las que operarán los enlaces de un sistema satelital, se establecen tomando como un criterio los anchos de banda en donde las pérdidas de potencia por efectos atmosféricos son mínimas, pues como veremos más adelante, existen rangos de frecuencias en los cuales el fenómeno de pérdida de energía de las señales es mínimo en relación al de frecuencias contiguas mayores o menores.

4.4. DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS PARABOLICAS

Las antenas son impedancias de acoplamiento entre el equipo transmisor o receptor y el medio de transmisión. Son dos sus funciones básicas: radiar y captar señales electromagnéticas.

Cualquier antena transmite energía de sus terminales al medio de transmisión con la misma eficiencia que lo hace de ese medio a sus terminales, siempre y cuando se maneje idéntica señal con igual polarización y bajo las mismas condiciones de impedancia de acoplamiento.

Una antena isotrópica, es aquella que radía una señal electromagnética con un 100% de eficiencia e igual potencia en todas direcciones. Físicamente no existe, pues sería un punto pero es una buena referencia teórica para la práctica.

Una señal electromagnética radiada por una antena isotrópica, presentará superficies equipotenciales esféricas cuyo centro coincidirá con la misma antena. De este modo si desde ella se radía originalmente una potencia P_r , a una distancia "d", la densidad de potencia será:

$$S = \frac{P_r}{4\pi d^2}$$

donde S , es la densidad de potencia expresada en unidades de potencia sobre unidades de superficie. P_r , es la potencia radiada originalmente -- por la antena isotrópica y $4\pi d^2$, es la superficie de la esfera con centro en la antena isotrópica y radio " d ", que es la distancia a la que se quiere saber la densidad de potencia.

Una antena real no radia energía uniformemente, de este modo se puede establecer la relación de densidad de potencia radiada por una antena en cierta dirección y de la densidad de potencia que emitiría la antena isotrópica a igual distancia cuando la señal de alimentación es la misma. A esta razón se le conoce como la ganancia g , de una antena, que -- evaluada en el máximo del campo eléctrico, se conoce como directividad D . Desde luego la ganancia de una antena se ve también afectada por su eficiencia.

Nuestra atención se enfocará a las antenas parabólicas, dado que -- son las más comúnmente utilizadas en enlaces de microondas. Su nombre -- lo toman de la curva que revolucionada da origen a la superficie de su -- reflector. El paraboloides reflector tiene como función cambiar las ondas esféricas provenientes de la antena alimentadora, situada en el punto focal de la superficie, a ondas planas y enviar las señales en cierta dirección.

La antena parabólica es una parte fundamental en las comunicaciones vía satélite, ya que además de su contribución para hacer posible una -- transmisión o recepción y suministrar la ganancia para ello, discriminará señales indeseables y minimizará la interferencia de las propias dentro de otros sistemas, además de que proporcionará la polarización de la señal. Veamos algo de geometría.

Se define como parábola al lugar geométrico de un punto que se mueve en un plano, de tal manera que su distancia a una recta fija dentro -- del plano y llamada directriz de la parábola, es siempre igual a la dis-

tancia a punto fijo que no pertenece a la recta, pero que se encuentra en el mismo plano y es llamado foco de la parábola.

La parábola es una curva abierta, véase la figura 4.4.a. Para medir el grado de su apertura, basta dividir la longitud focal, que no es más que la distancia que va del vértice al foco, entre la longitud de la cuerda perpendicular al eje (no todas lo son) que pasa a la distancia -- considerada; o sea, que la apertura de una parábola está definida por la razón de la distancia focal referida a la longitud de la cuerda respectiva.

Por la definición de parábola se puede inferir que la longitud focal es igual en magnitud a la distancia que hay del vértice de la parábola al punto de intersección de la directriz con su eje.

Veamos a continuación algunas propiedades de la parábola.

a) La distancia que hay del foco de la parábola a cualquier punto de ésta y de ese punto perpendicularmente a una cuerda normal al eje, es siempre constante; o sea que es igual para cualquier punto de la parábola.

DEMOSTRACION (Ver figura 4.4.b.)

$$P''P' = P''P + PP' \text{ y}$$

$$Q''Q' = Q''Q + QQ'$$

Teniendo en cuenta que por definición de la parábola $FP = P''P$ y

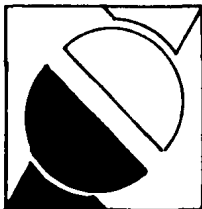
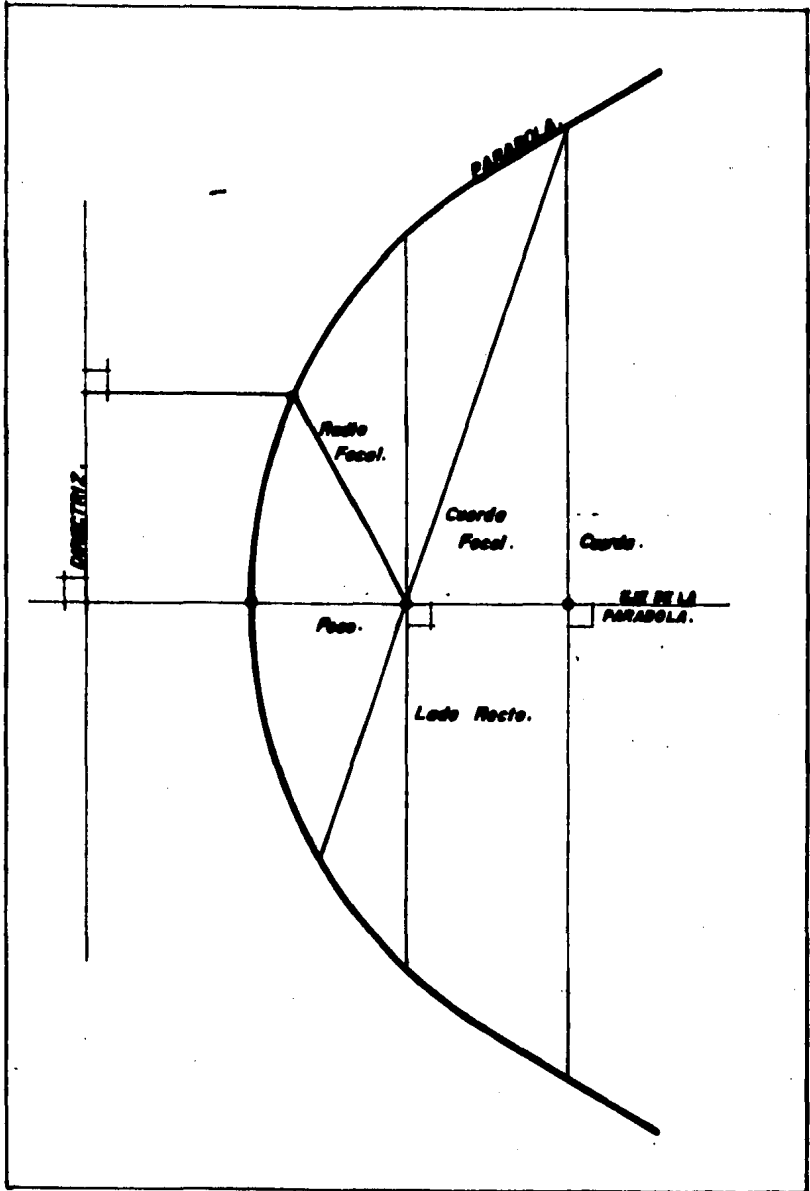
$FQ = Q''Q$, substituyendo se tendría:

$$P''P' = FP + PP' \text{ y}$$

$$Q''Q' = FQ + QQ'$$

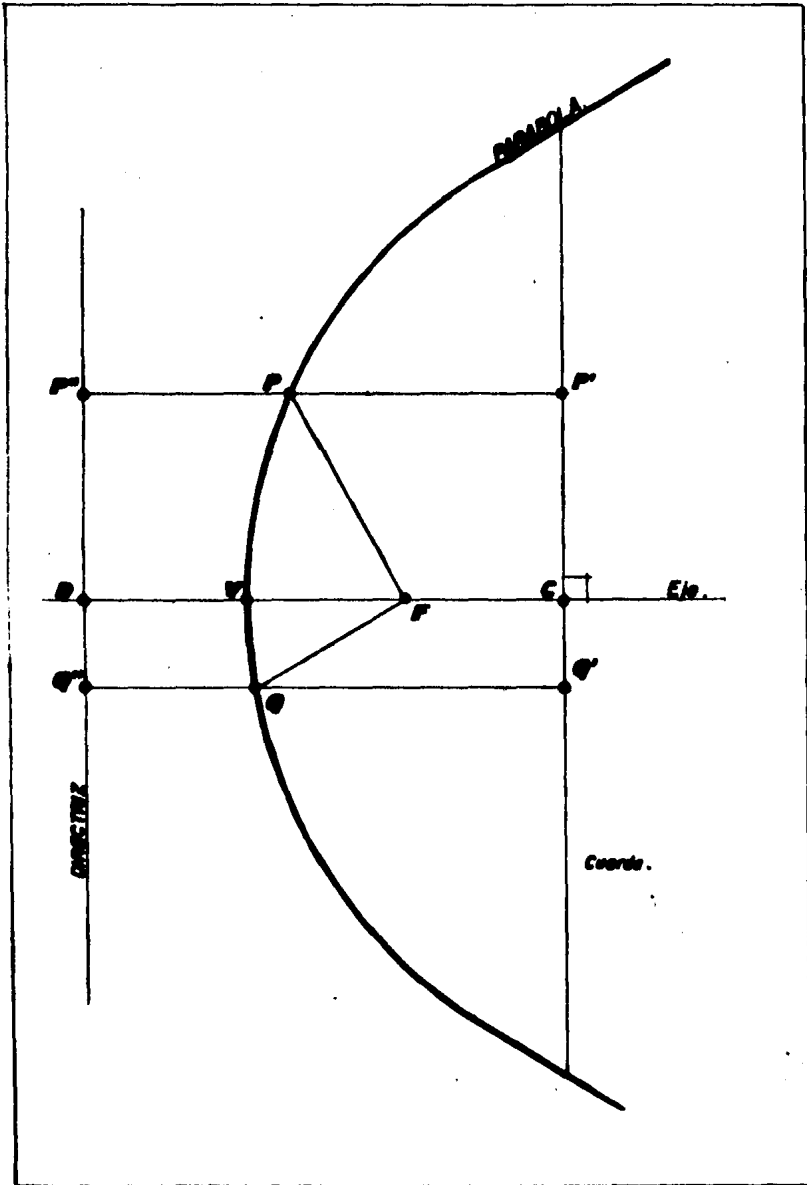
Puede observarse que $P''P' = Q''Q'$, de donde

$$FP + PP' = FQ + QQ' \text{ lo cual queda demostrado.}$$



La Parábola .

F
440.



Propiedad de las distancias.

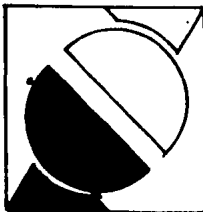
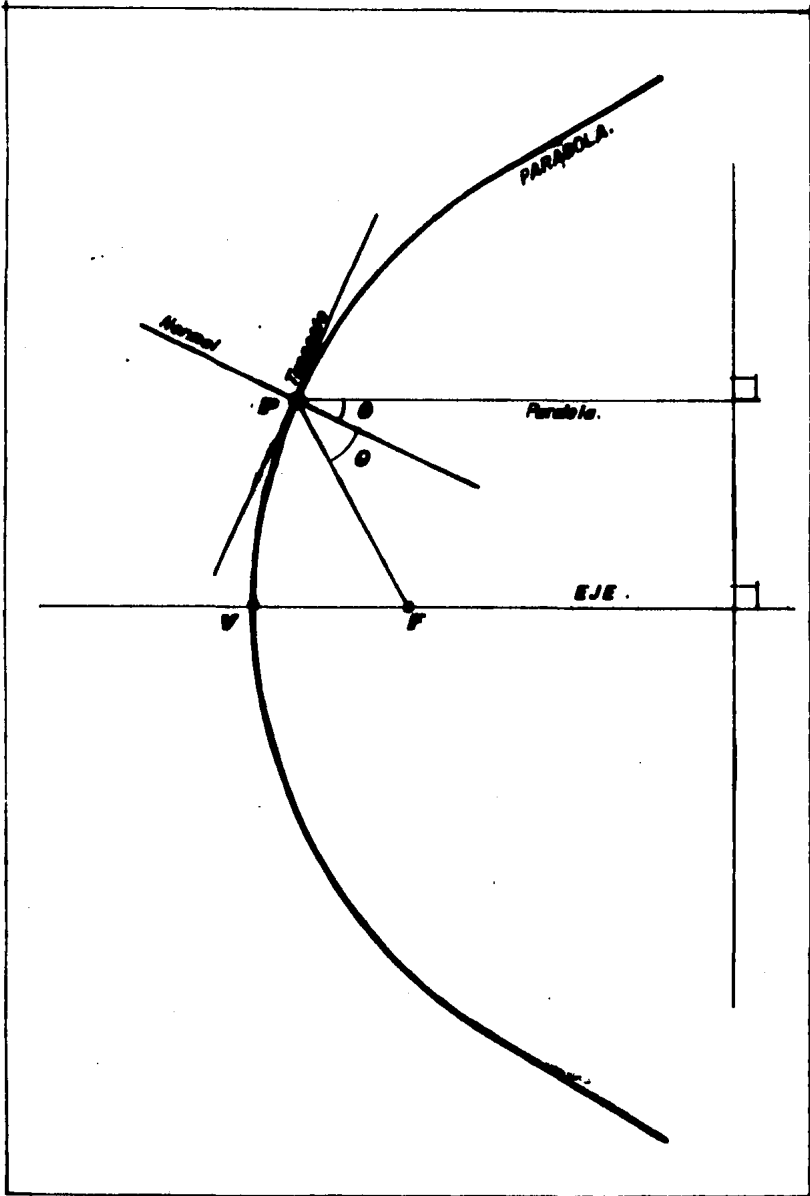
F
4.4. b

b) El ángulo que forma una paralela al eje de la parábola que pasa por un punto cualquiera de la curva con la normal a la tangente en ese punto, es igual al ángulo formado por la normal con el radio focal del punto. (Ver figura 4.4.c.).

Si revolucionamos la curva sobre su eje, se formará una superficie-parabólica llamada paraboloide. Las propiedades ya vistas se hacen exten- sivas a esa superficie y nos importan para entender el principio de fun- cionamiento de las antenas de este tipo.

Si en el punto focal de un paraboloide colocamos una antena de mi- croondas que bañe su superficie, tendremos el arreglo más simple de lo - que designamos como antena parabólica, la cual presenta las característi- cas siguientes relacionadas con las propiedades geométricas vistas ante- riormente.

- i) Cualquier onda electromagnética que viaje paralela al eje del pa- raboloide e incida sobre su superficie, llegará al punto focal - situado sobre dicho eje. De no ser así, no es válido lo ante- rior.
- ii) Similarmente si las señales electromagnéticas salen del punto fo- cal de la antena, al reflejarse en la superficie, viajarán para- lelamente al eje del paraboloide.
- iii) Dado que las ondas electromagnéticas viajan la misma distancia - del punto focal a cualquier parte de la superficie del reflector y de allí a cualquier lugar del espacio, las señales siempre lle- garán al punto focal o saldrán de la antena en fase. Esto es -- válido en antenas parabólicas hasta frecuencias de 100 GHz y --- siempre que el diámetro de la boca del reflector no sea menor de diez veces la longitud de onda de la señal, lo que las hace im- prácticas para bajas frecuencias, más no así para microondas.



Propiedad de los ángulos.

F
4.4.c.

Lo anterior nos hace inferir que una antena parabólica es muy direccional pues transmite como capta señales en una sola dirección que es paralela al eje de la antena. Teóricamente, como una primera aproximación, si dos antenas tienen el mismo eje y diámetro, se pueden acoplar idealmente y toda la energía radiada por una será recibida por la otra. Desde luego, las antenas primarias, situadas en el punto focal del reflector, que son principalmente dipolos o cornetas electromagnéticas, deberán tener idéntica polarización. En la realidad una antena de este tipo no es 100 % eficiente dada su constitución física. En primer lugar, la antena alimentadora no baña uniformemente la superficie reflectora y en segundo lugar, dicha superficie no es rigurosamente un paraboloide perfecto y liso. Lo anterior se traduce en que el área del disco reflector no se aprovecha completamente sino en parte, de modo que la eficiencia de una antena de este tipo puede verse como una relación entre el área real de la boca del reflector y la que efectivamente se aprovecha.

La ganancia de potencia de una antena directiva sobre la isotrópica, depende sólo de ella y de la señal que se maneje y pueda expresarse mediante la siguiente relación.

$$g = \eta D$$

donde η es la eficiencia óhmica de la antena dada por la razón de potencia de RF aceptada por la antena a la potencia radiada en el espacio. Para una apertura cualquiera se tiene que la directividad máxima D_m de una antena, viene dada por:

$$D_m = \frac{4\pi A}{\lambda^2}$$

donde λ , es la longitud de onda de la señal que se maneja y A , es el área máxima de apertura proyectada. En el caso de que ésta sea circular, $A = \pi d^2/4$ y al substituirse en la expresión anterior, nos da que:

$$D_m = \left[\frac{\pi d}{\lambda} \right]^2$$

donde d , es el diámetro de la boca de la antena expresado en las mismas unidades de λ .

Cuando no se tiene una distribución uniforme de apertura, la densidad máxima se ve afectada por un cierto factor k_1 , llamado índice de distribución que en la práctica es siempre menor que la unidad y que para antenas parabólicas varía entre 0.5 y 0.9.

$$D = k_1 D_m = k_1 \left[\frac{\pi d}{\lambda} \right]^2$$

Así pues, la ganancia de potencia de una antena, si sustituimos la expresión anterior, viene dada por:

$$g = \eta k_1 \left[\frac{\pi d}{\lambda} \right]^2$$

Al producto ηk_1 se le llama eficiencia de apertura de la antena y para el caso de las parabólicas, varía entre 0.5 y 0.65; típicamente es igual a 0.55.

Sabemos que $\lambda = c/f$, donde c , es la velocidad de la luz y f , la frecuencia de la señal. En las ecuaciones, λ y d deben estar expresadas en las mismas unidades, de modo que si tomamos el diámetro en metros y sustituimos λ por su equivalente, expresando f en GHz, tendremos que incluir un factor dimensional que nos dará la longitud de onda en metros también. Este factor es 10^9 . Sustituyendo ηk_1 por su valor típico y λ por su equivalente como se ha mencionado, obtendremos la expresión de la ganancia de una antena parabólica típica.

$$g = 60.314 (fd)^2$$

Podemos expresar esta ganancia típica en dB_1 , que nos indican que están en referencia a la antena isotrópica.

$$G = 10 \log g = 10 \log 60.314 (fd)^2 \quad (\text{dB}_1)$$

$$G = 17.8 + 20 \log f + 20 \log d \quad (\text{dB}_1)$$

Si mantenemos una frecuencia fija, podemos graficar la ganancia en decibeles de la antena parabólica típica en función del diámetro de su - apertura, como puede verse de la figura 4.4.d, misma de la que se puede - observar que es factible obtener un mismo valor de ganancia con varias - combinaciones de frecuencia y diámetro de la antena (línea punteada). -- Similarmente, cuanto más aumenta la frecuencia de trabajo o el diámetro - del reflector, éste se hará más direccional; es decir, que su ángulo de - apertura disminuirá.

4.5. POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVAMENTE

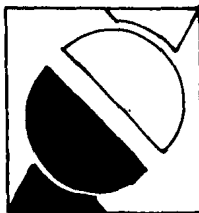
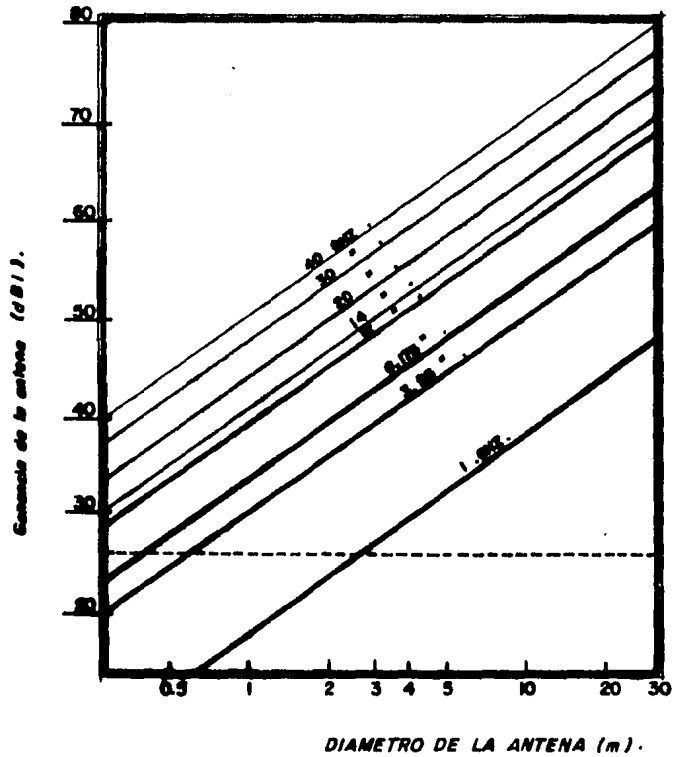
Este concepto es una herramienta de suma importancia en el cálculo - de enlaces, pues asumiendo una referencia idealizada podemos llegar a -- obtener valores de potencia reales sin mayores complicaciones.

La potencia isotrópica radiada efectivamente de una antena direccio - nal, puede definirse como la potencia que necesitaría transmitir una an - tena isotrópica para proporcionar la misma densidad de potencia que la - antena en cuestión a esa distancia.

Se puede obtener una relación para calcular el parámetro comúnmente - abreviado como PIRE o EIRP en inglés.

La densidad de potencia proporcionada por una antena isotrópica a - determinada distancia, será:

$$S_1 = \frac{P_{r1}}{4\pi d^2}$$



Ganancia v.s. diámetro de una antena parabólica.

F
4.4.d.

donde S_i , es la densidad de potencia de la antena isotrópica; P_{ri} , es la potencia radiada por la antena isotrópica; d , es la distancia a la cual corresponde S_i y $4\pi d^2$, es el área de una esfera de radio d .

La ganancia de una antena direccional, como ya vimos en el inciso anterior, es esencialmente la relación de densidad de potencia producida por esa antena en la dirección principal de radiación, a la densidad de potencia que produciría a la misma distancia una antena isotrópica que radiare originalmente igual potencia que la antena direccional. De este modo se establece que:

$$g = \frac{S_d}{P_r/4\pi d^2}$$

donde g , es la ganancia de la antena directiva.

S_d , es la densidad de potencia de la antena directiva.

P_r , es la potencia radiada por la antena directiva.

Así pues, despejando de la expresión anterior la densidad de potencia, se tiene:

$$S_d = \frac{gP_r}{4\pi d^2}$$

Para definir la potencia isotrópica radiada efectivamente debemos asumir, según la definición, que $S_d = S_i$ a la misma distancia d . Considerando ésto, finalmente obtendremos que:

$$P.I.R.E. = P_{ri} = gP_r$$

Así pues, la potencia isotrópica radiada efectivamente por una antena direccional en la dirección principal de radiación, se obtiene simplemente multiplicando su ganancia direccional respecto a la antena iso-

trópica, por la potencia que radiará la antena directiva en cuestión.

4.6. PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

Cuando estudiábamos las características de las antenas parabólicas en el inciso 4.4, mencionamos que idealmente dos antenas iguales, una -- transmisora y otra receptora, cuyo eje de superficie coincidiera, se acoplarían con un 100 % de eficiencia; es decir, que toda la potencia que se radiara por una sería recibida por la otra. En la realidad esto no sucede ya que el medio de propagación absorbe parte de la potencia de -- las señales y además, el haz de energía no forma un bloque cilíndrico, si no cónico que a medida que las ondas electromagnéticas se alejan de su fuente se va ensanchando. Esto ocasiona que la potencia original de las señales transmitidas se reparta en áreas del medio de propagación cada vez mayores conforme nos alejamos de la fuente de radiación, de tal manera que la antena receptora, dada su área de apertura, sólo capta una parte de la energía originalmente transmitida.

En un medio ideal de propagación no existirá el fenómeno de absorción de potencia a las señales, pero la energía que se recibe será menor que la transmitida originalmente por lo que se ha explicado anteriormente. A la diferencia de potencia en dB de lo que se transmite y recibe -- sin tomar en cuenta la ganancia de la antena receptora, se le conoce como pérdidas en el espacio libre. Esto se puede expresar en razón de potencias como:

$$L_{bs} = \frac{P_t}{P_r} \quad 9$$

donde L_{bs} , son las pérdidas en el espacio libre en razón de potencias.

P_t , es la potencia transmitida.

P_r , es la potencia recibida en iguales unidades que la anterior.

g , es la ganancia de la antena receptora.

Aquí hay que hacer una aclaración para evitar confusiones. Las pérdidas en el espacio libre son independientes de las ganancias de las antenas puesto que se dan por la dispersión de energía; por eso mismo multiplicamos por la ganancia de la antena receptora la razón P_t/P_r , ya que dicha ganancia está implícita en la potencia recibida P_r y al hacer esta multiplicación se elimina automáticamente como veremos en el desarrollo posterior.

La densidad de potencia radiada por una antena isotrópica a una distancia "d", hemos visto que se determina como:

$$S_i = \frac{P_t}{4\pi d^2}$$

La potencia que recibiría una antena parabólica estaría determinada por la densidad de potencia a la distancia que se encontrara de la antena radiadora y por su área efectiva de apertura.

$$P_r = A_e S_i$$

Donde A_e , es el área efectiva de la antena parabólica receptora.

La ganancia de la antena parabólica viene dada como:

$$g = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2}$$

Recordemos que $A_e = \eta A$, donde A es el área física de apertura de la parábola y η la eficiencia de la antena.

$$A_e = \frac{g\lambda^2}{4\pi}$$

Entonces

$$P_r = \frac{g\lambda^2}{4\pi} \cdot \frac{P_t}{4\pi d^2}$$

de modo que

$$L_{BS} = \frac{P_t}{P_r} g = \left[\frac{4\pi d}{\lambda} \right]^2$$

donde d , es la distancia entre las antenas transmisora y receptora.

λ , es la longitud de onda de la señal transmitida en las mismas unidades que d .

El hecho de haber considerado como antena transmisora a una isotrópica, no invalida el cálculo de pérdidas en el espacio libre cuando se trate de otra antena, pues en la expresión anterior estas pérdidas no dependen de ningún parámetro de las antenas, sino sólo de la longitud de onda de la señal y la distancia, además de que siempre en la práctica podremos encontrar un equivalente isotrópico de cualquiera que sea la antena transmisora lo que se consigue con el cálculo de la PIRE, concepto -- visto anteriormente.

Se acostumbra expresar las pérdidas en el espacio libre en decibelios:

$$L_{BS} = 10 \log \left[\frac{4\pi d}{\lambda} \right]^2$$

$$L_{BS} = 20 \log 4\pi d - 20 \log \lambda$$

Es conveniente utilizar la relación anterior en términos de la frecuencia de una señal y no de su longitud de onda. Para ello sabemos que $\lambda = c/f$; pero antes debemos de hacer ciertas consideraciones.

Nos conviene expresar la frecuencia f , en MHz y la distancia d , entre las antenas del satélite y la estación terrena en Km; pero hay que recordar que λ , debe de estar en las mismas unidades que d , de modo que en la equivalencia de la longitud de onda hay que incluir un factor de conversión. Se puede determinar que:

$$\lambda \text{ (Km)} = \frac{c \text{ (Km/seg)}}{f \text{ (MHz)}} \cdot 10^{-5} \frac{\text{Hz}}{\text{MHz}}$$

Substituyendo se tendría finalmente que las pérdidas L_{BS} , en el espacio libre vienen dadas por:

$$L_{BS} = 32.4 + 20 \log d + 20 \log f \quad (\text{dB})$$

donde d , es la distancia entre las antenas del satélite y la estación terrena en Km.

f , es la frecuencia de la señal portadora en MHz.

Por último, debemos mencionar que la potencia que capta una antena-receptora, indudablemente depende de su ganancia, de modo que ésta debe ser considerada de alguna forma en el cálculo de enlaces. Como veremos posteriormente en el inciso 6.4, esta inclusión en el enlace se hace en el parámetro G/T , que representa la figura de mérito de un sistema receptor y cuyo concepto trataremos en el inciso 4.9.

4.7. ABSORCIÓN ATMOSFERICA

Independientemente de la reducción de densidad de potencia a medida que aumenta la distancia a la antena transmisora, en las comunicaciones-vía satélite existen pérdidas de potencia ocasionadas por el medio de -- propagación, que para nuestro caso se dan en la atmósfera. Estas pérdidas son causadas por una absorción de energía de la atmósfera, debida a sus factores principales:

- 1.- Moléculas de oxígeno
- 2.- Vapor de agua
- 3.- Lluvia
- 4.- Niebla y nubes
- 5.- Granizo y nieve
- 6.- Electrones libres en la atmósfera

Los primeros dos factores son relativamente predecibles, pero los cuatro últimos varían considerablemente según las condiciones atmosféricas. Podemos decir que la absorción atmosférica es mayor en la medida que el ángulo de elevación de las antenas en tierra sea menor, pues de esta manera las señales tienen que cruzar una mayor distancia en la atmósfera ya sea en transmisión o recepción.

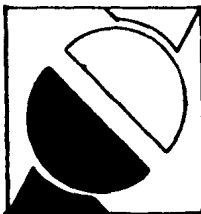
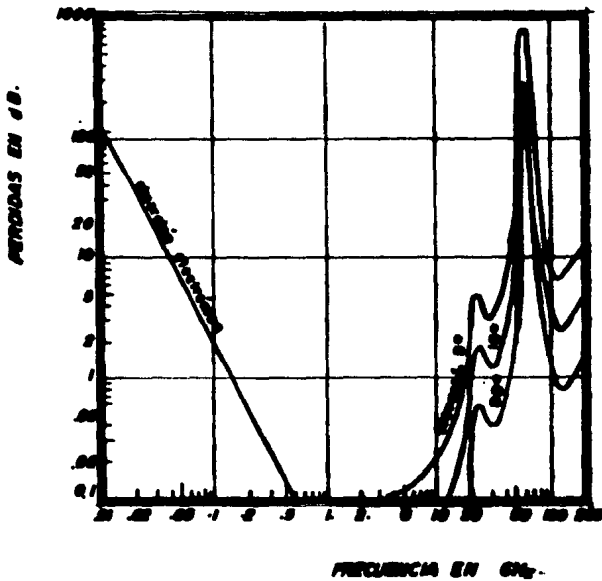
Las pérdidas por absorción atmosférica se deben al hecho de que -- las moléculas de oxígeno, agua o electrones libres, entran en resonancia con las ondas electromagnéticas a ciertas frecuencias aumentando su energía cinética a costa de una pérdida de potencia en las señales.

La densidad de electrones libres en la ionósfera se reduce generalmente con la obscuridad; de modo que la absorción por este factor, baja considerablemente durante la noche; sin embargo, esta pérdida de potencia afecta principalmente a señales cuya frecuencia es menor de 100 MHz.

En la figura 4.7.a, pueden verse las pérdidas atmosféricas debidas a electrones libres, vapor de agua y oxígeno en una forma combinada.

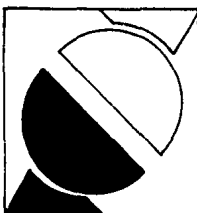
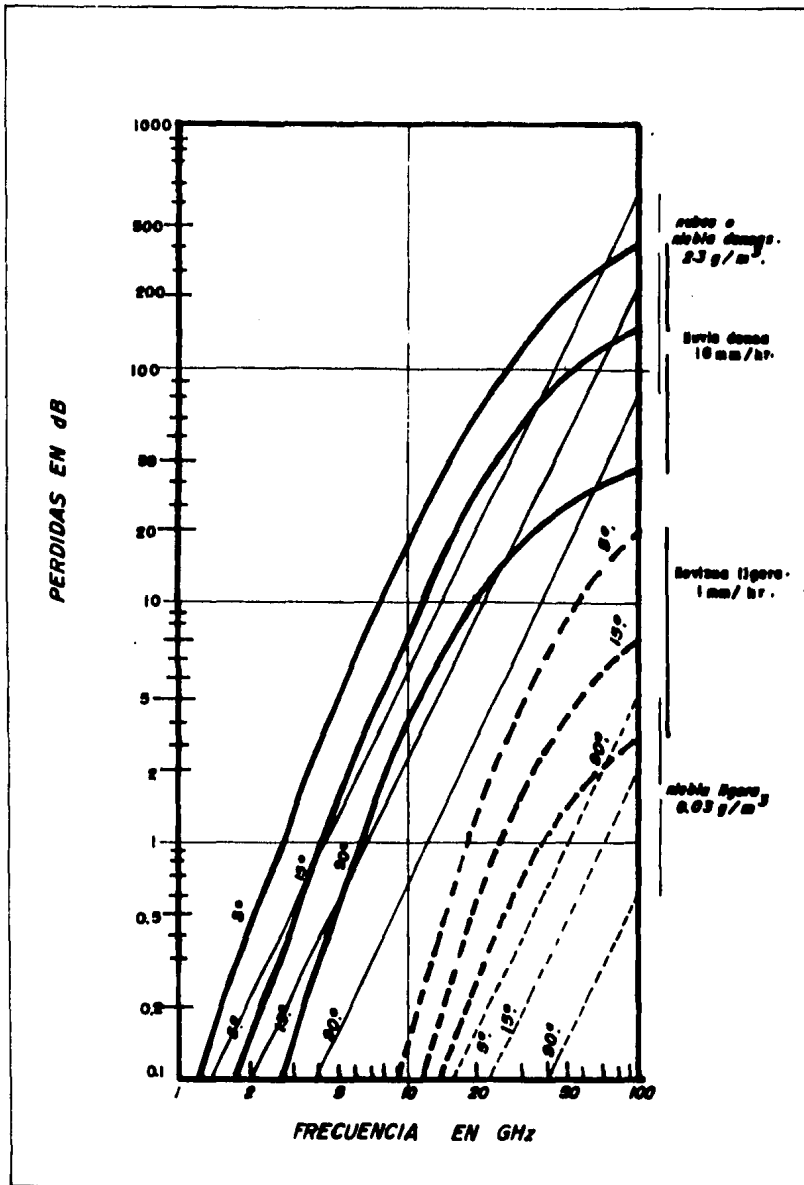
Tanto el granizo como la nieve causan menor atenuación que la lluvia y niebla. Las lluvias ocurren más frecuentemente a altitudes menores de 2000m. De este modo, algunas veces conviene colocar las estaciones terrenas en altas montañas, ya que tanto se reduce la probabilidad de lluvia en el lugar como la cantidad de atmósfera que las señales tienen que atravesar en el enlace.

La figura 4.7.b, muestra una gráfica ilustrativa en relación a las pérdidas por lluvia, nubes y niebla en la atmósfera. Hay que hacer notar que tanto esta gráfica como la anterior están referidas al nivel del mar y las pérdidas disminuyen conforme se gana altitud.



**PERDIDAS POR ELECTRONES
LIBRES, VAPOR DE AGUA Y MO-
LECULAS DE OX. EN LA ATM.**

F
4.7.a.



Pérdidas por lluvia, nubes y niebla en la atmósfera.

F
4.7. b.

Todas las pérdidas vistas hasta aquí, pueden determinar en parte la utilización de bandas de frecuencia en enlaces por satélite. Como se puede observar de la figura 4.7.a, existen ventanas de frecuencia en las cuales las pérdidas llegan a un mínimo en relación a frecuencias continuas mayores o menores. Así que podemos pensar en situar allí las frecuencias de los enlaces ascendente y principalmente del descendente.

4.8. RUIDO

Cuando se calcula un enlace de microondas por satélite, no nos interesan tanto los niveles de potencia de señales por sí solos sino su magnitud en relación a los niveles de ruido presentes y posibles. Si nuestro nivel de ruido es mayor o igual que el de nuestra señal, toda la información de ésta se perderá; pero si la potencia de nuestra señal es mayor que el nivel de ruido por encima de ciertos valores de seguridad que se dan en la práctica como normas o recomendaciones, la información aunque tenga ruido será recuperable y tendrá calidad. Así pues, lo importante no es qué tanto aumentar las señales si son débiles, sino cuidar que su nivel de potencia nunca sea menor de cierto valor en relación al ruido en un enlace.

Debemos tomar en cuenta que el ruido siempre estará presente tanto dentro de un dispositivo eléctrico como fuera de éste.

4.8.1. TEMPERATURA DE RUIDO

Los niveles de potencia del ruido, se expresan normalmente como temperaturas ya que existe una relación estrecha entre aquellos y éstas.

Por mucho que un dispositivo o equipo se aisle de fuentes externas de ruido, este último se producirá internamente en el dispositivo o equipo.

Sabemos que a temperaturas por encima del cero absoluto las moléculas de la materia tienen energía cinética. Las moléculas contienen --

partículas eléctricas que generaron señales de ruido al vibrar aleatoriamente las primeras. Con esta sencilla explicación podremos comprender - que el ruido es inevitable porque es propio de la materia.

La potencia de ruido térmico que afecta en un rango de frecuencias, es proporcional al ancho de banda de que se trate y a la temperatura absoluta de trabajo :

$$P_N = kTB$$

donde P_N , es la potencia de ruido térmico en watts.

k , es la constante térmica de Boltzmann. $(1.38 \times 10^{-23} \frac{W.s}{K})$

T , es la temperatura absoluta en $^{\circ}K$.

B , es el ancho de banda en Hz.

La importancia de la expresión anterior, radica en que también se pueden asociar temperaturas de ruido a las fuentes externas, para manejar todo bajo un parámetro común, ya que :

$$T = \frac{P_N}{kB}$$

Frecuentemente a la potencia de ruido por cada Hertz de ancho de banda, o sea al cociente P_N/B , se le denomina densidad de ruido N_0 , que de la expresión anterior se puede ver que también es equivalente al producto kT .

4.8.2. FUENTES EXTERNAS

Para un enlace satelital, pueden considerarse como fuentes externas de ruido las siete siguientes :

- 1) El Sol
- 2) La Luna
- 3) La Tierra

- 4) La Atmósfera
- 5) Fuentes galácticas
- 6) Fuentes cósmicas
- 7) Fuentes de producción humana

Todas estas fuentes difieren en intensidad e importancia. Nosotros expondremos sólo los rasgos más generales relacionados con ellas.

El ruido proveniente del Sol varía según la actividad solar; si una antena de un satélite apuntara directamente a éste, se perdería completamente la señal ya que la temperatura de ruido del Sol es de 100,000 K o más. En la figura 4.8.2.a, se pueden ver tres curvas características -- del ruido solar.

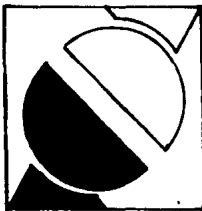
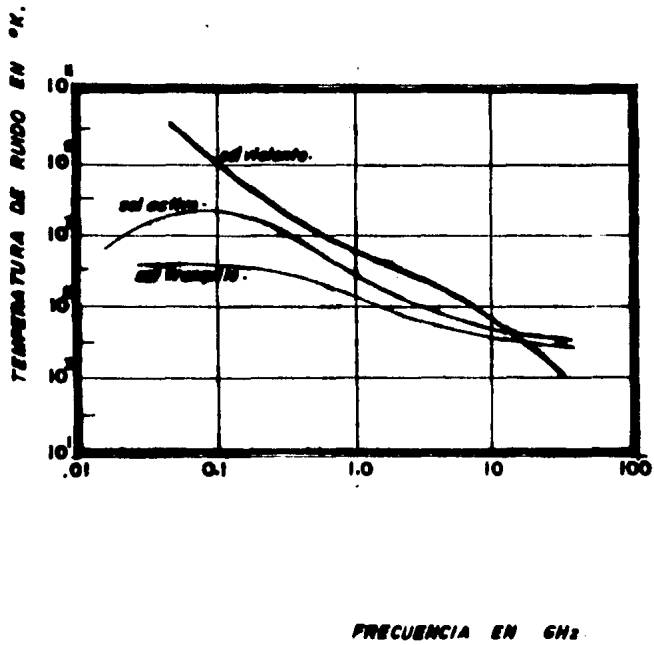
La temperatura de ruido de la Tierra en el espacio es en promedio -- de 254 K.

El ruido galáctico proveniente de radio-estrellas, así como el ruido cósmico proveniente de otras fuentes del espacio exterior, es despreciable a frecuencia por arriba de 1 GHz.

Los relámpagos y descargas eléctricas de la atmósfera, son las mayores fuentes de ruido cuando se opera a frecuencias abajo de 30 MHz.

El ruido atmosférico se origina principalmente por el oxígeno y moléculas de agua en forma de vapor y lluvia. A las frecuencias en que la absorción de estos elementos es alta también la producción de ruido lo será, pues al entrar en resonancia las moléculas de oxígeno o vapor de agua con las señales del enlace, por absorción de potencia, estas partículas adquirirán mayor energía cinética y al tenerla producirán más ruido.

El ruido debido a fuentes producidas por el hombre está presente --



· RUIDO SOLAR ·

F
482.a.

en la Tierra, presentando mínimos efectos a frecuencias de operación por arriba de 1 GHz y se debe principalmente a maquinaria eléctrica (1).

La figura 4.8.2.b, ilustra los efectos combinados de ruido para -- las fuentes externas mencionadas. El ruido recibido por la antena del - satélite es básicamente el producido por la temperatura de ruido de la - Tierra (línea punteada); mientras que el ruido recibido por las antenas de las estaciones terrenas, es la combinación de los efectos de varias - fuentes (líneas continuas). En dicha figura se excluyen los efectos - producidos por lluvia, nubes y bruma. Al ruido total, producto de fuentes ajenas a la Tierra y su atmósfera, se le conoce como ruido de cielo- o caeleste y por lo regular su temperatura correspondiente es alrededor - de 30 K.

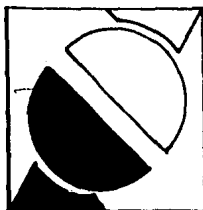
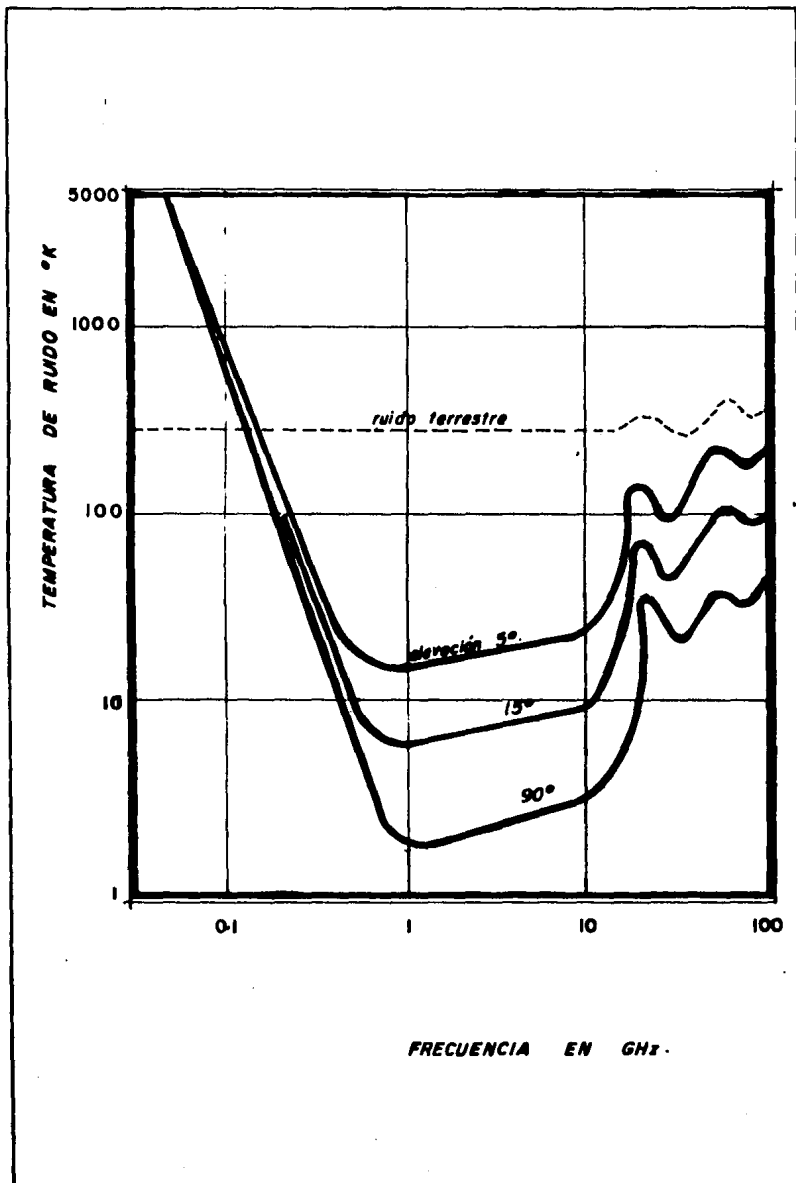
La lluvia muy densa causa más problemas de ruido que cualquier com- binación de las fuentes externas ya vistas y sus efectos son peores cuan- to mayor es la frecuencia de trabajo, por lo que a altas frecuencias hay que evitar los ángulos pequeños de elevación para las antenas de las es- taciones terrenas.

La figura 4.8.2,c, muestra por un lado el ruido causado por vapor- de agua (líneas punteadas) y por otro, el ruido causado por lluvia (lí- neas continuas).

4.9. FIGURA DE MERITO

La figura de mérito de un sistema receptor es un parámetro muy im- portante que se debe tomar en cuenta como una extensión del criterio ya- mencionado sobre niveles de potencia en relación con el ruido. En cá- bulos de enlaces se maneja, según el punto de que se trate, no la poten- cia de la portadora o señal; sino la relación portadora a ruido. (C/N) o bien la relación señal a ruido. (S/N). Cuando alguna portadora con -

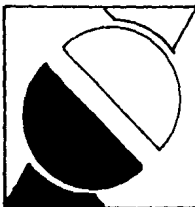
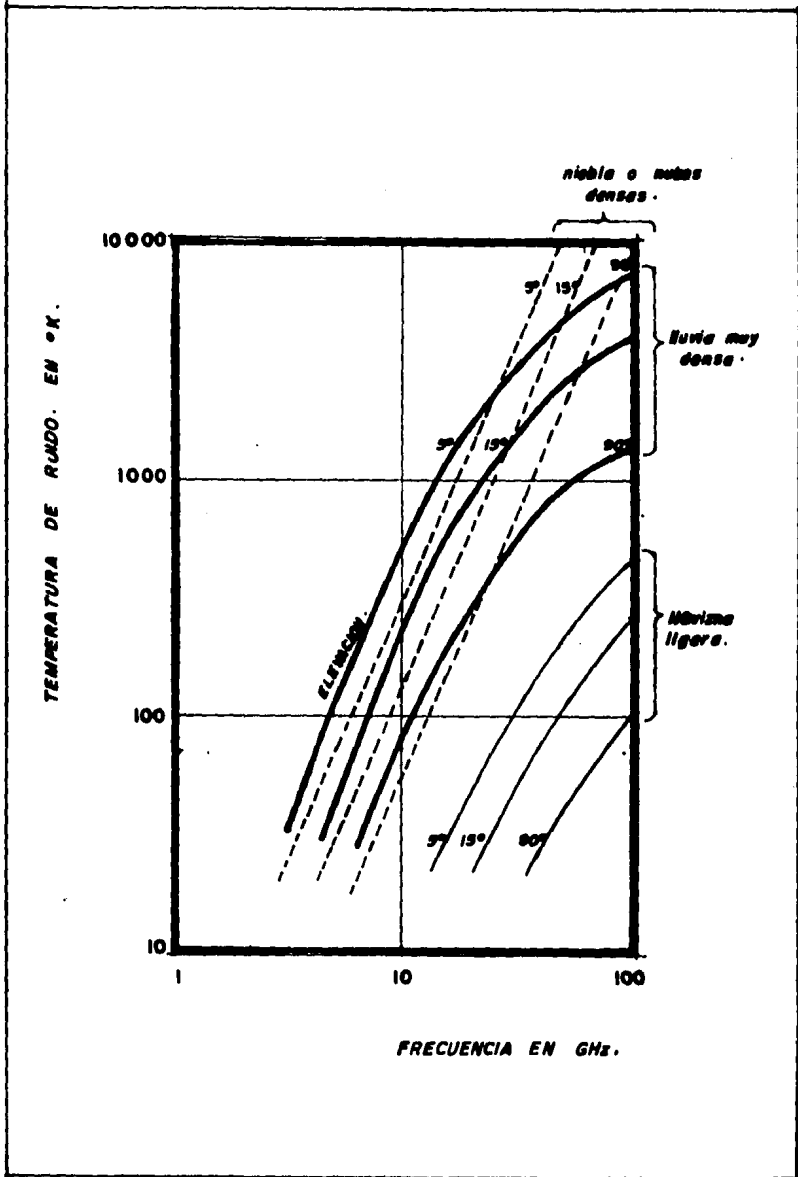
(1) También en el espacio existe ruido de fuentes producidas por el hombre, el que proviene de otros satélites.



EFFECTOS COMBINADOS DEL
RUIDO DE FUENTES EXTER-
NAS.

F

482b.



RUIDO PRODUCIDO POR AGUA
EN ESTADO LIQUIDO Y GA-
SEOSO.

F
482c.

su información llega a un sistema receptor, la potencia recibida dependerá de la densidad de ésta en el área de recepción y de la ganancia de la antena receptora; pero el equipo que integra el sistema receptor también producirá ruido, por lo que se hace necesario establecer un parámetro que involucre estas características del sistema. Dicho parámetro se conoce con el nombre de figura de mérito y se define como:

$$\text{FIGURA DE MERITO} = \frac{G}{T}$$

donde G , es la ganancia adimensional de la antena.

T , es la temperatura de ruido en K del sistema receptor referida en este caso a la antena.

Se acostumbra expresar la figura de mérito en dB/K, para ello se tiene que :

$$\text{FIGURA DE MERITO} = 10 \log G - 10 \log T \quad (\text{dB/K})$$

$$\text{FIGURA DE MERITO} = G_{\text{dB}} - 10 \log T \quad (\text{dB/K})$$

Se puede demostrar que una determinada figura de mérito de un sistema receptor, se mantiene constante en cualquier punto de éste.

La figura de mérito es un parámetro importantísimo en la recepción de señales, ya que sus determinantes pueden manipularse para que con diversos valores de éstos podamos obtener relaciones portadora a ruido - - (C/N) convenientes para recuperar la información con calidad.

La figura 4.9.a, nos muestra las figuras de mérito típicas de una estación receptora según la frecuencia de operación y el diámetro de la antena parabólica. Como podemos observar existen idénticos valores de G/T para diámetros diferentes de antenas y también para frecuencias diferentes.

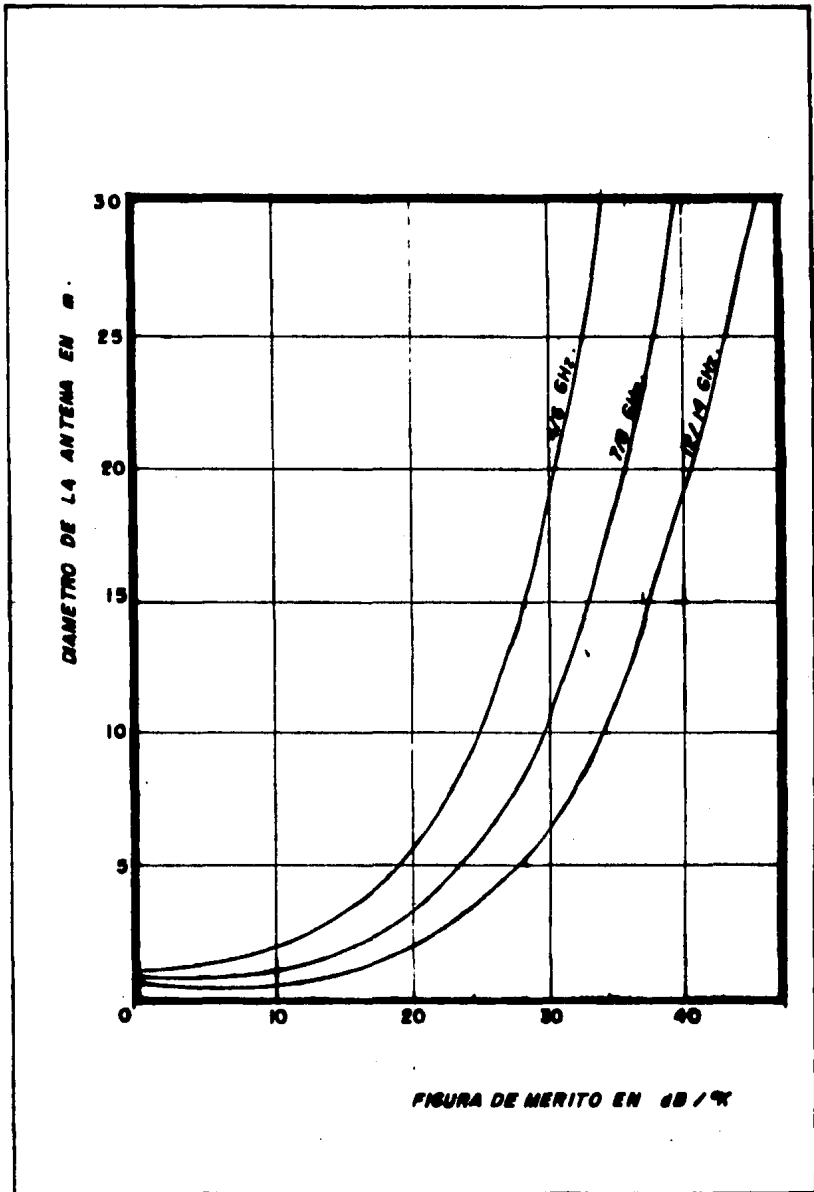
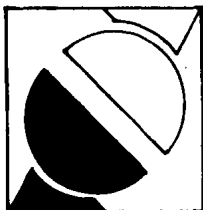


FIGURA DE MERITO EN dB / K



FIGURAS DE MERITO TÍPICAS
DE UNA ESTACION RECEPTORA.

F

4.9.a

4.10. TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

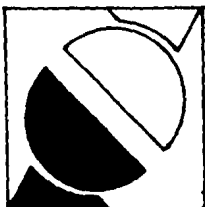
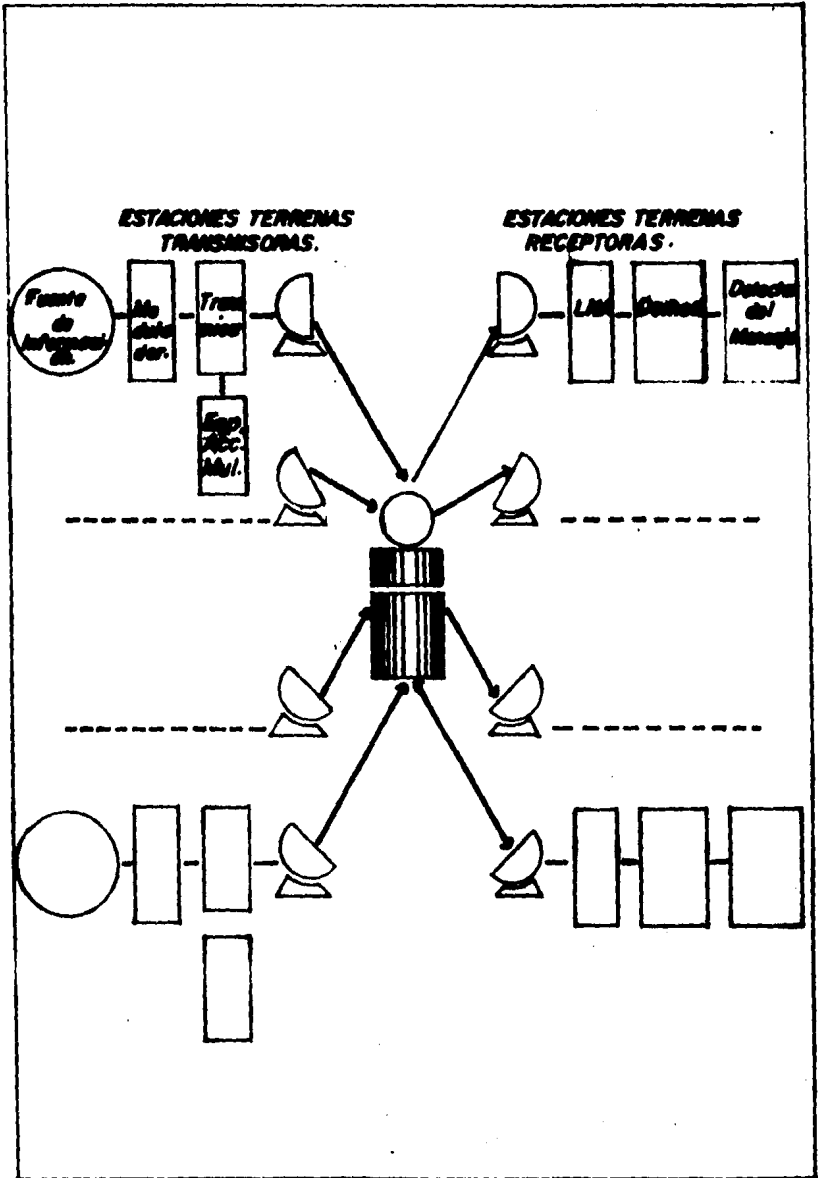
Los satélites de comunicación hoy en día, han demostrado que pueden proveer igual o superior capacidad de comunicación que la disponible mediante otros sistemas, ya que una comunicación sencilla por satélite puede habilitar muchos canales para ser utilizados entre puntos separados por grandes distancias.

Las comunicaciones espaciales son una realidad gracias al desarrollo que ha tenido la tecnología; actualmente, debido a ella existe la capacidad para que numerosas estaciones terrenas establezcan comunicación con otras estaciones por mediación del satélite sin interferencias importantes. Las dificultades técnicas y teóricas que involucraba tener un sistema con tales características dieron lugar a la aparición de diferentes métodos buscando optimizar la utilización de los recursos de potencia y ancho de banda del satélite, a los que se les da el nombre de TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE.

El flujo de la señal en una red de comunicaciones por satélite se ejemplifica en la figura 4.10.a en donde se muestra un enlace sencillo entre dos estaciones terrenas. Sin embargo, cada estación transmisora tiene la posibilidad de entablar comunicación con más de una estación receptora.

Las señales transmitidas son radiadas a través de una antena y sufren pérdidas por su viaje en el espacio libre hasta ser captadas por la antena del satélite; en éste se filtra, amplifica y "direcciona" la señal compuesta hacia los destinatarios, obteniendo cada receptor, una vez demodulada, la parte de ésta que le corresponde.

Así pues, con las técnicas de acceso múltiple, cada estación terrena que transmite una señal RF al satélite debe tener en cuenta dos aspectos importantes. El primero es que su transmisión afecta lo menos posible a la transmisión de otras estaciones, y segundo que la señal que se trans-



**FLUJO DE LA SEÑAL EN UNA
RED DE COMUNICACIONES POR
SATELITE.**

F
4.10.a.

mite pueda ser captada por diferentes estaciones receptoras que cumplan el requisito de tener el demodulador adecuado.

La figura 4.10.b muestra el modelo de un sistema de comunicaciones y el lugar que en él guardan las técnicas de acceso múltiple, algunas de las cuales se enumeran enseguida:

Acceso Múltiple por División en Frecuencia,
FDMA (Frequency Division Multiple Access).

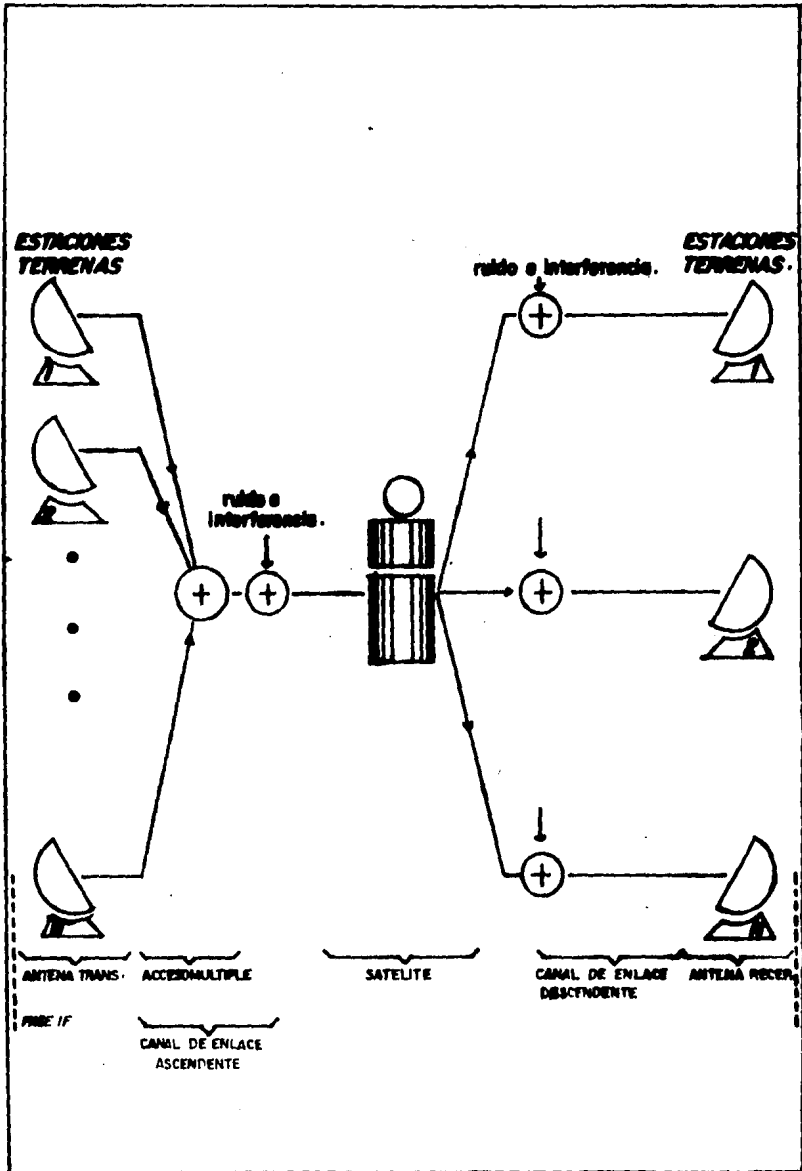
Acceso Múltiple por División en Tiempo,
TDMA (Time Division Multiple Access).

Acceso Múltiple por Expansión de Espectro,
SSMA (Spread-Spectrum Multiple Access).

Acceso Múltiple por Desplazamiento de Haz,
SBMA (Spatial Beam Multiple Access).

Debido a que comercialmente son las más comúnmente utilizadas, las dos primeras técnicas son las únicas que se analizarán; el acceso múltiple por expansión de espectro únicamente ha encontrado aplicaciones en sistemas satelitales militares en donde los factores de privacidad y seguridad tienen alta prioridad.

Por lo que hace al acceso múltiple por desplazamiento de haz, éste comenzó a ser popular en satélites de alta capacidad por la oportunidad que brinda de reaprovechar las frecuencias disponibles dirigiendo haces angostos hacia zonas terrestres específicas. Una desventaja de esta técnica, es que el satélite necesita disponer de una antena muy grande (del orden de 10 metros) para producir haces dirigidos angostos, además de correrse el riesgo con la imposibilidad de reparar cualquier falla del equipo de conmutación o switcheo de haces.



MODELO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES.

F
4.100.

4.10.1 FDMA

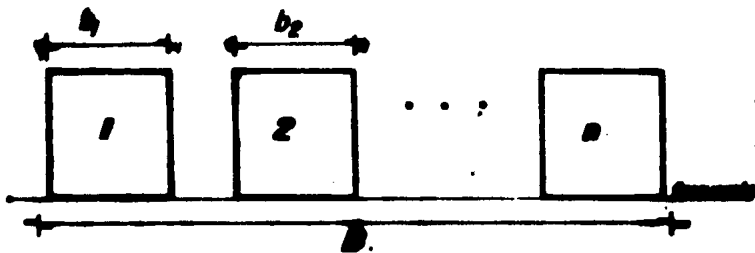
En las comunicaciones convencionales, el asignamiento de bandas de frecuencias distintas como un medio para separar las señales de radio es una práctica común.

Así, en el acceso múltiple por división de frecuencia varias estaciones transmisoras con frecuencias portadoras distintas comparten el ancho de banda del transpondedor de un satélite; (B) el cual se divide en pequeños anchos de banda, (b_1, b_2, b_3) que constituyen los canales de acceso, asignándose un canal a cada enlace, como se muestra en la figura 4.10.1.a. La figura 4.10.1.b muestra un enlace sencillo entre dos estaciones terrenas que comparten el mismo transpondedor.

Una estación puede transmitir en una o más de las subdivisiones, las cuales son capaces de transportar uno o varios canales de voz según sea su ancho de banda. Un mecanismo de control asegura que no haya 2 estaciones transmitiendo en la misma subdivisión al mismo tiempo, además de que se conoce la portadora para transmitir y sobre la que se recibirá. Cada transpondedor es compartido por varias señales, cada enlace tiene su portadora y cada transpondedor retransmite las diferentes señales; las estaciones terrenas demodulan la señal recibida total y por último seleccionan su canal. Esto se encuentra ilustrado en la figura 4.10.1.c.

Un aspecto que es importante destacar, es el hecho de que en un satélite se utilizan amplificadores con características no lineales debido a lo cual las múltiples portadoras tienden a modularse unas a otras, y por los productos de esta intermodulación se generan interferencias haciéndose necesarias bandas de protección entre portadoras.

La figura 4.10.1.d muestra el arreglo de frecuencias de 2 portadoras y sus intermodulaciones y la figura 4.10.1.a muestra el espectro debido a la intermodulación en un plan típico de frecuencias. Es por esto que la transmisión es operada por debajo del total de la potencia posi-



$b_1 =$ Ancho de Banda del canal 1.

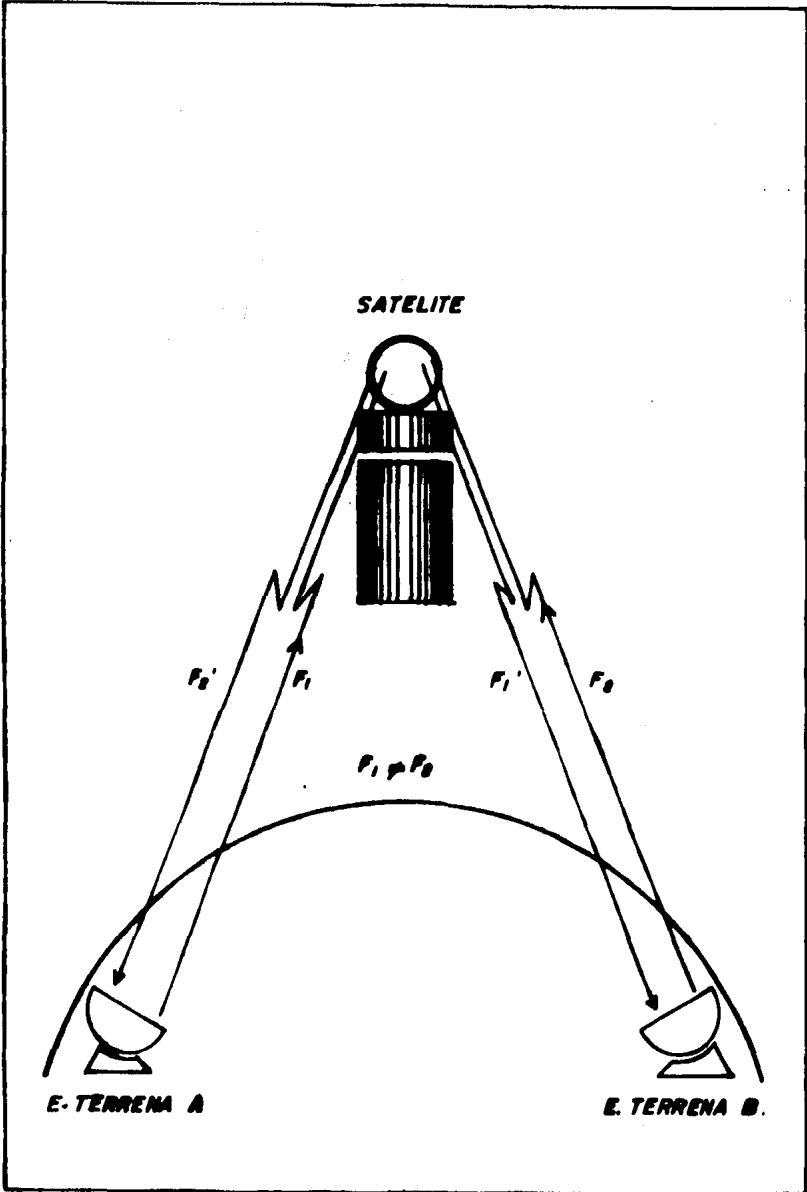
$b_2 =$ " " " " " 2

$n =$ número de canales.



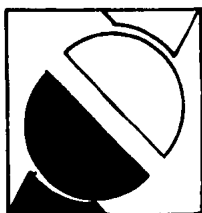
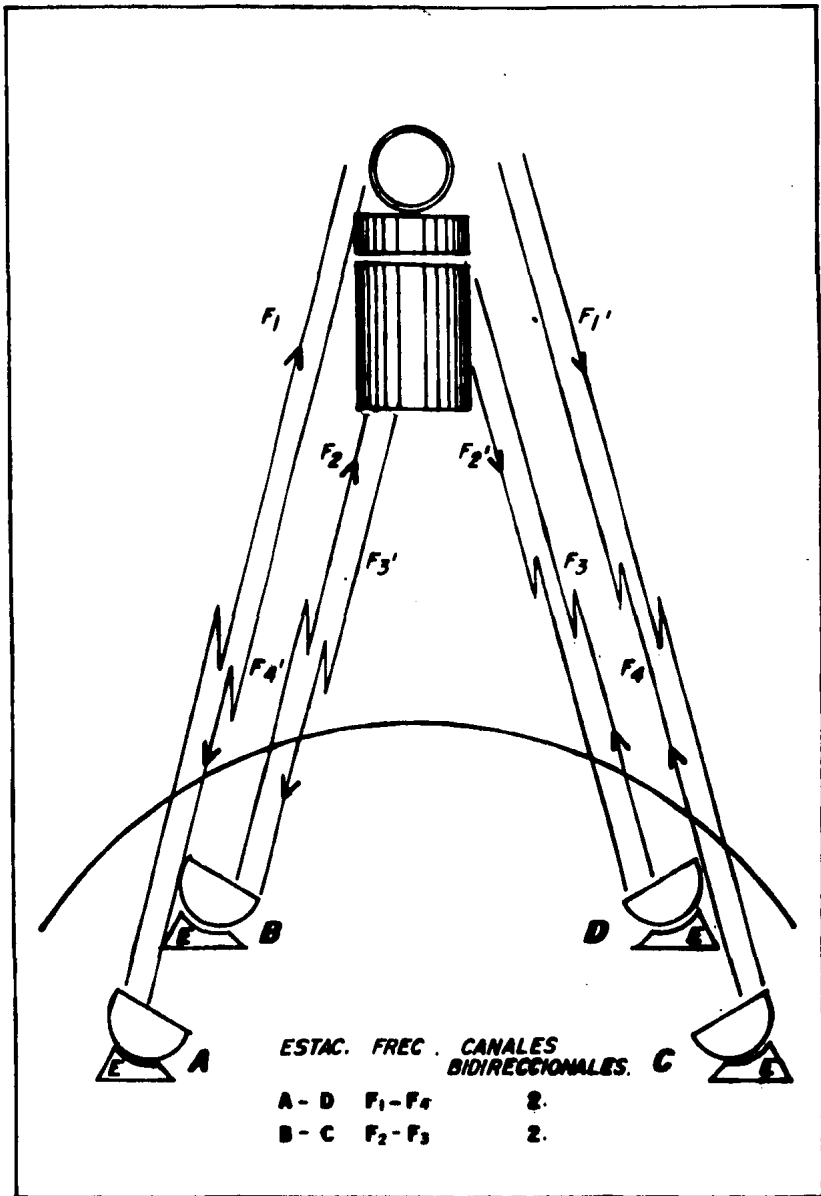
**DIFERENTES FRECUENCIAS
PORTADORAS COMPARTIENDO
UN TRANSPONDEDOR.**





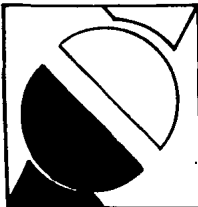
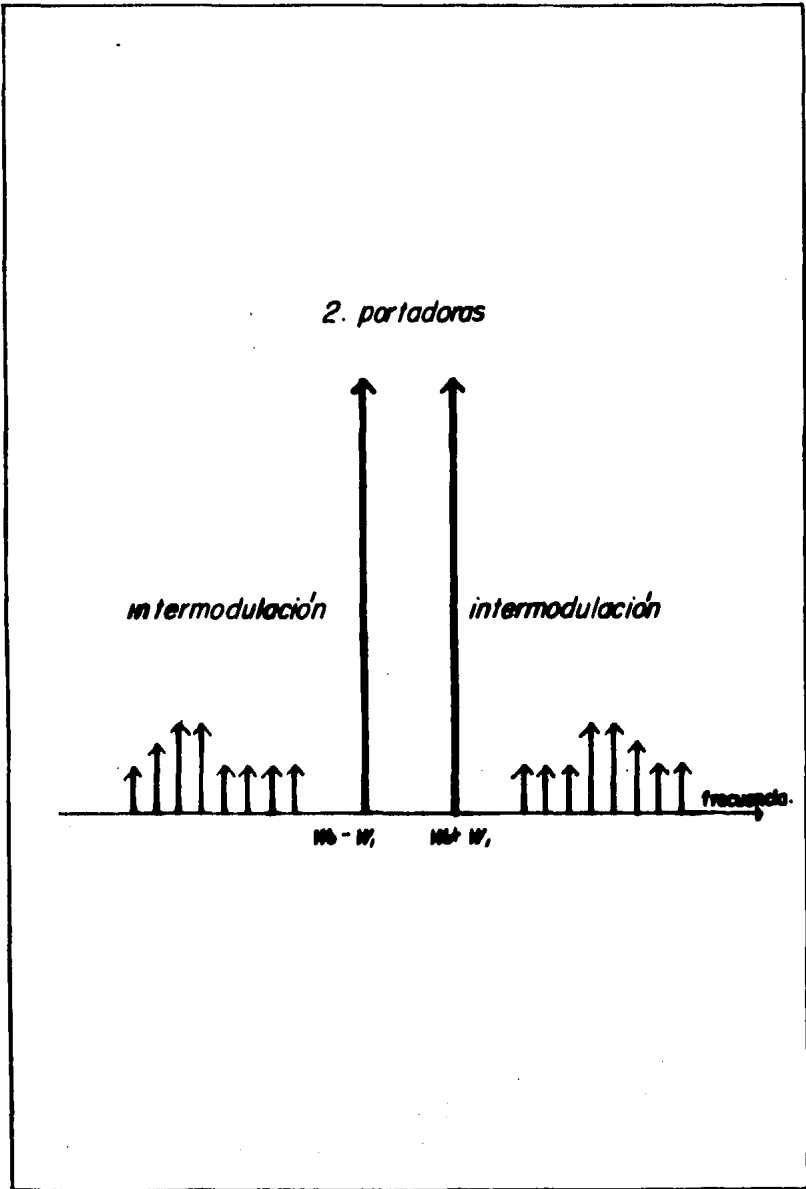
ENLACE SENCILLO ENTRE DOS ESTACIONES TERRENAS .

F
4.10.1.b.



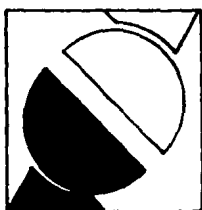
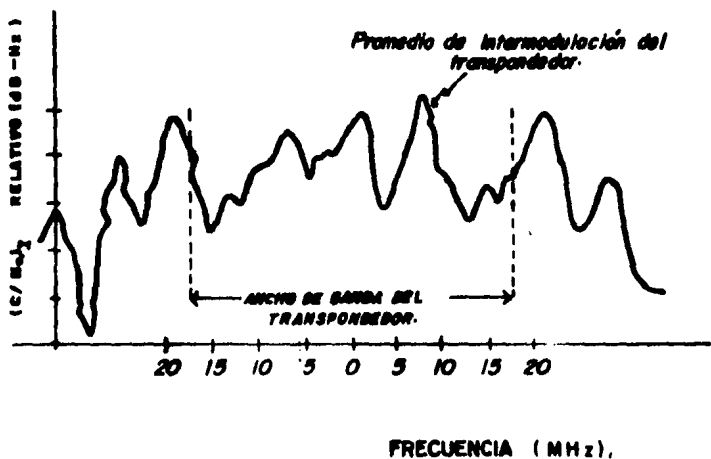
CONCEPTO DE FDMA.





**ARREGLO DE FRECUENCIAS
DE DOS PORTADORAS Y
SU INTERMODULACION.**

F
A.I.O.I.d.



ESPECTRO DEBIDO A LA INTERMODULACION EN UN PLAN TIPICO DE FRECUENCIAS.



ble, de modo que las portadoras no saturen el amplificador.

A mayor número de portadoras, mayor número de bandas de protección y menor capacidad del transpondedor.

La reducción de potencia para mantener el nivel de intermodulación dentro de un valor deseado se denomina "BACK OFF" y existe la necesidad de considerarlo en la entrada (BO_i) y en la salida (BO_o) del satélite. Todo esto se señala en la figura 4.10.1.f en donde se muestran las características del amplificador TWT.

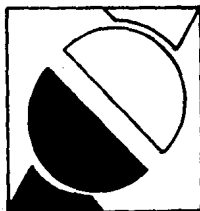
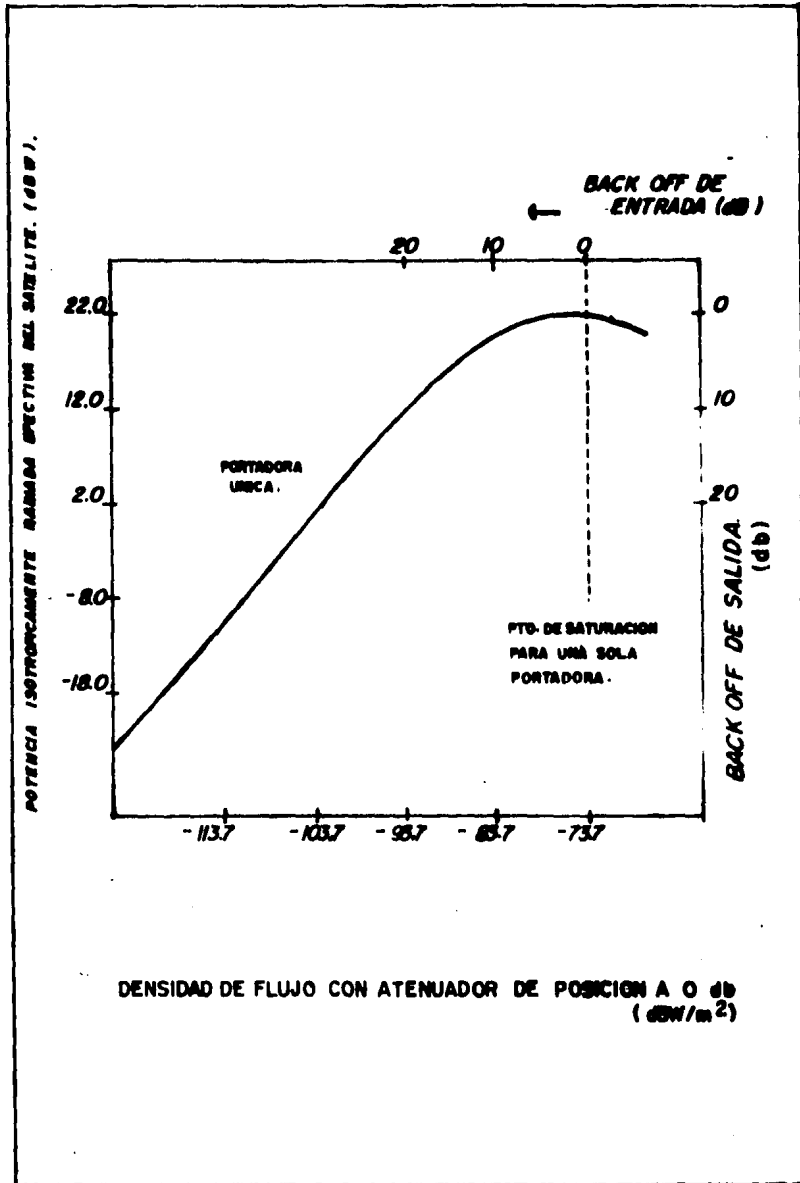
La reducción de capacidad de un transpondedor debido al "BACK OFF", si toda la información fue multiplexada en una frecuencia portadora simple y si se desea que el grado óptimo de eficiencia no se degrade demasiado, debe ser a lo sumo de 6 db, a la salida.

A pesar de todo, FDMA es la técnica más popular para satélites de comunicación comerciales, debido a que es eficiente si su potencia no se limita mucho y a que tiene como ventaja principal su natural acoplamiento a los métodos de comunicación terrestre.

FDMA puede ser implementado de 2 formas: una es la multiplicación de varios canales en cada portadora que es transmitida a través del satélite, y la otra es la de usar una frecuencia portadora por separado para cada señal telefónica.

Si muchas portadoras son usadas, el problema de intermodulación es aún más serio.

Por otro lado si se le aproxima asintóticamente al límite, el nivel de intermodulación es aceptable. Este acceso de un canal por portadora tiene ventajas particulares en sistemas en donde existen muchas estaciones y en cada una de ellas sólo algunos circuitos son manejados a la vez.



CARACTERISTICAS DEL
AMPLIFICADOR T.W.T.

F
4.10.11.

Normalmente la multiplicación es justificable únicamente cuando cada portadora tiene tráfico, por ejemplo: en un grupo de 12 canales telefónicos o más.

4.10.2. TDMA

El acceso múltiple por división de tiempo es un sistema mediante el cual una única portadora está presente en cualquier instante de tiempo - dentro de cualquiera de los transpondedores del satélite.

Esto se ilustra en la figura 4.10.2.a

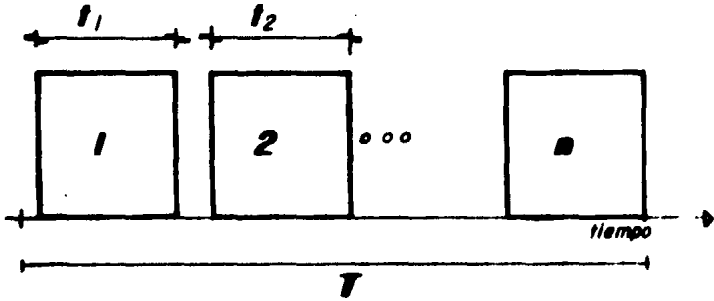
TDMA es un método efectivo para incrementar significativamente la capacidad de canales y de mejorar la flexibilidad de un sistema de comunicaciones por satélite. Últimamente, TDMA ha captado la atención mundial debido a su alta eficiencia y también porque varios experimentos en este sistema operando a velocidades de transmisión de 6 Mbps a 60 Mbps - han sido desarrollados con éxito.

Mediante esta técnica varias estaciones terrenas comparten un transpondedor mediante la transmisión de ráfagas portadoras que llegan y pasan a través del transpondedor en forma secuencial y sin traslaparse.

Las figuras 4.10.2.b y 4.10.2.c ilustran el concepto de TDMA.

En otras palabras con TDMA, a cada estación terrena se le adjudica un breve período de tiempo para transmitir ráfagas de bits a gran velocidad, durante el cual la estación tiene disponible el total del ancho de banda del transpondedor.

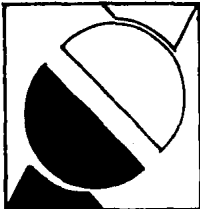
En la forma más simple de TDMA, cada estación en turno tiene asignada la misma duración de ráfaga. Los tiempos de transmisión de las ráfagas son controlados cuidadosamente para evitar que se traslapen y un pequeño espacio de tiempo de protección transcurre entre ellas para asegurar que no existan interferencias. Cada ráfaga lleva bits de sincroni -



t_1 = Tiempo en que se asigna todo el transpondedor a la portadora 1

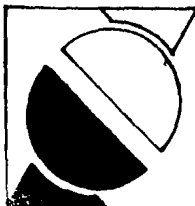
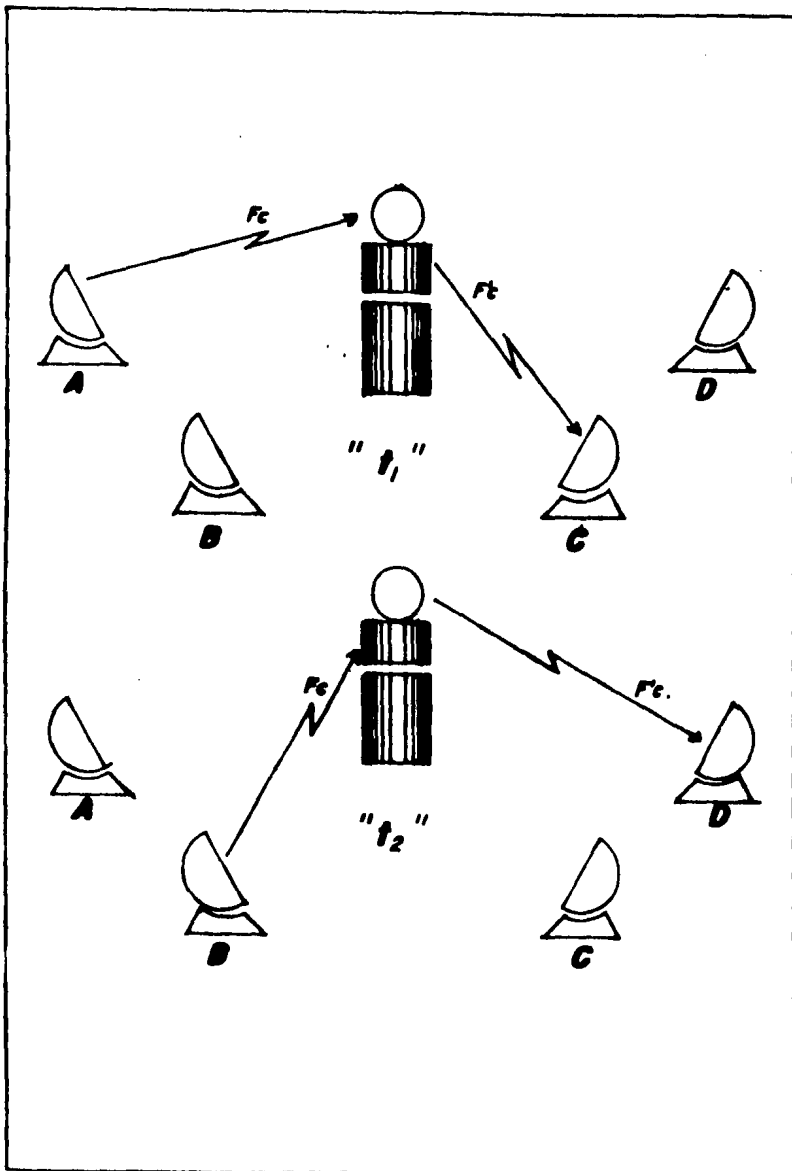
t_2 = " " " " " " " "

" " 2



UNA SOLA PORTADORA EN
EL TRANSPONDEDOR EN CU-
ALQUIER INTERVALO DE TIEM

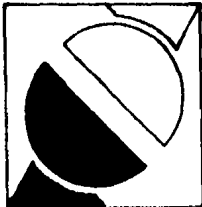
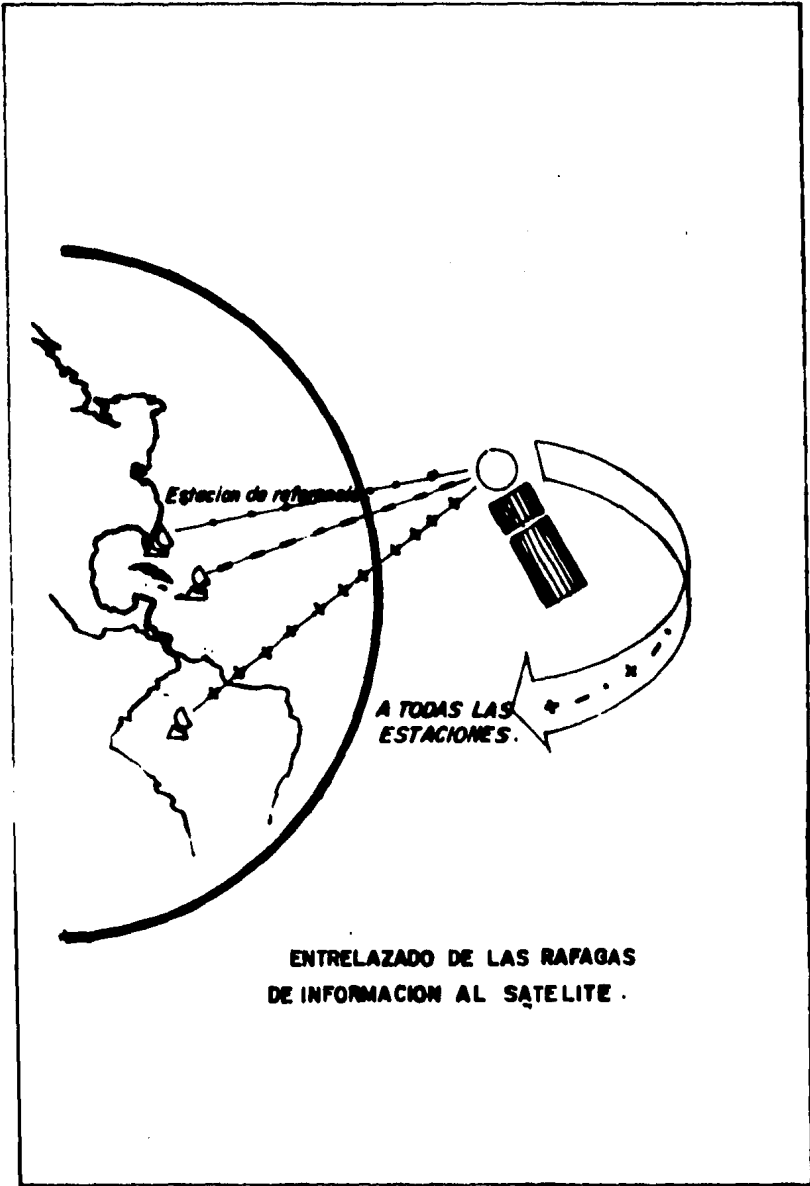




OCUPACION COMPLETA DEL MISMO TRANSPONDEDOR EN UN INTERVALO DE TIEMPO DIFERENTE, POR DISTINTAS ESTACIONES T.

F

4.102b



CONCEPTO DE TDMA.

F
4102.c.

zación y de preámbulo, los cuales contienen información de control.

Las estaciones son capaces de variar su rango de transmisión para que sus ráfagas sean de duración variable además de tener un esquema -- que permite que algunas estaciones transmitan más frecuentemente que -- otras.

La ráfaga puede transportar voz, video, datos o cualquier otra señal que sea digitalizada y codificable.

Al conjunto de ráfagas, una por cada estación terrena, se le denomina MARCO. La figura 4.10.2.d muestra un formato típico de MARCO.

La primera ráfaga del MARCO contiene información que sirve para la sincronización e identificación del MARCO, esta información es transmitida por una estación terrena de control. En un sistema típico, un marco es del orden de 1 milisegundo de duración y de 60,000 bits de longitud.

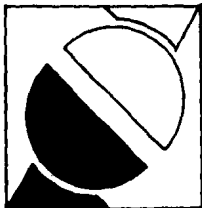
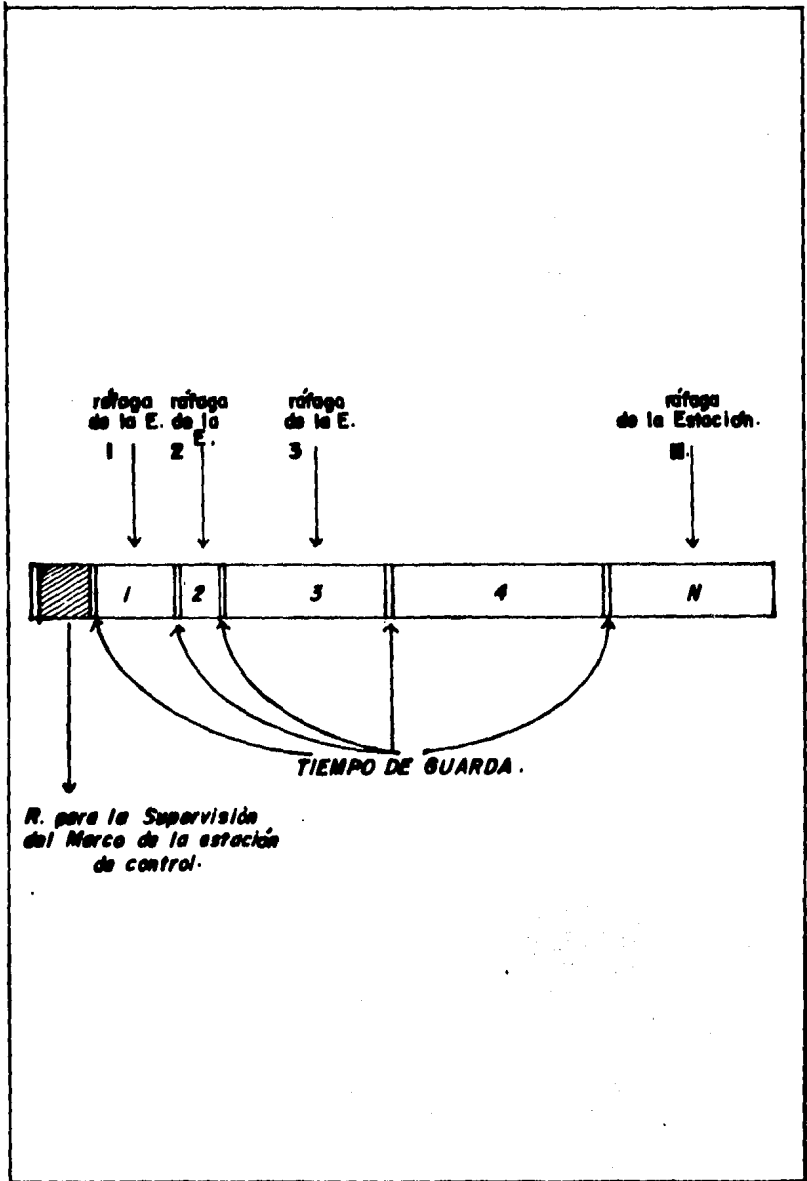
Al conjunto de marcos de estructura similar transmitiéndose uno -- tras otro se le denomina MARCO MAESTRO.

La figura 4.10.2.e lo muestra.

La mayoría de estos sistemas, tienen un asignamiento por demanda, -- por lo que las estaciones terrenas pueden variar la demanda de los canales continuamente. Se utiliza un canal de control para llevar las peticiones de asignamiento de canal e informar a todas las estaciones qué -- asignamientos han sido ya hechos.

La figura 4.10.2.f muestra las funciones esenciales de un sistema TDMA, el cual maneja tráfico de voz y datos.

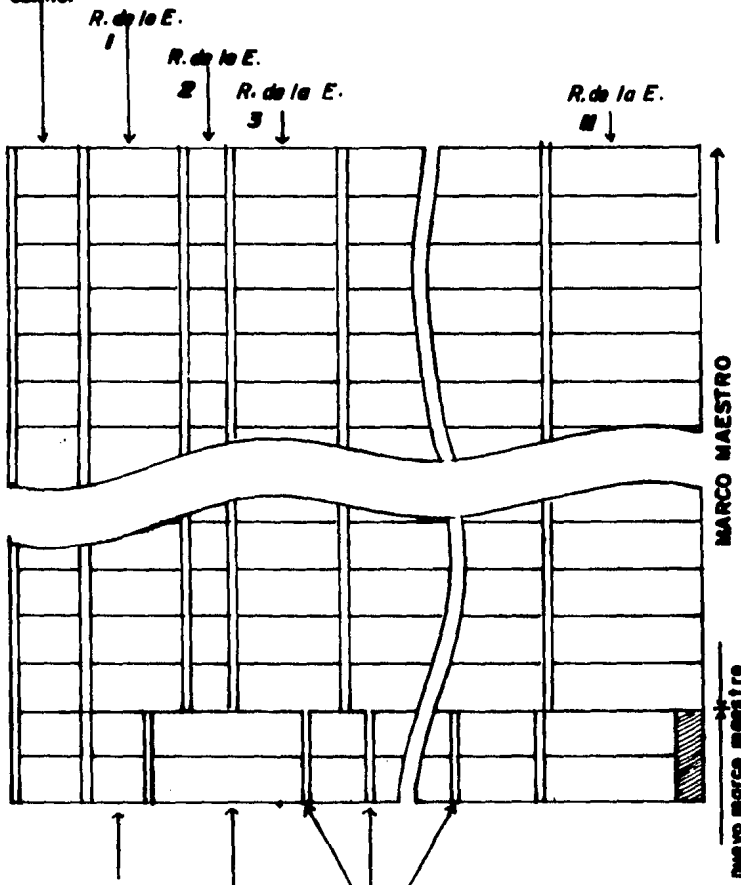
En las unidades de control se codifica la señal para ser transmiti-



FORMATO TÍPICO DE MARCO

F
4.1024

Refugio para la Supervisión
de Marco de la Estación de
Control.



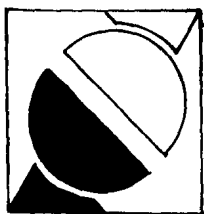
Nueva R. de la Estación
1

N.R. de la E.
2

TIEMPO DE GUARDA.
3

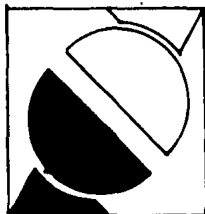
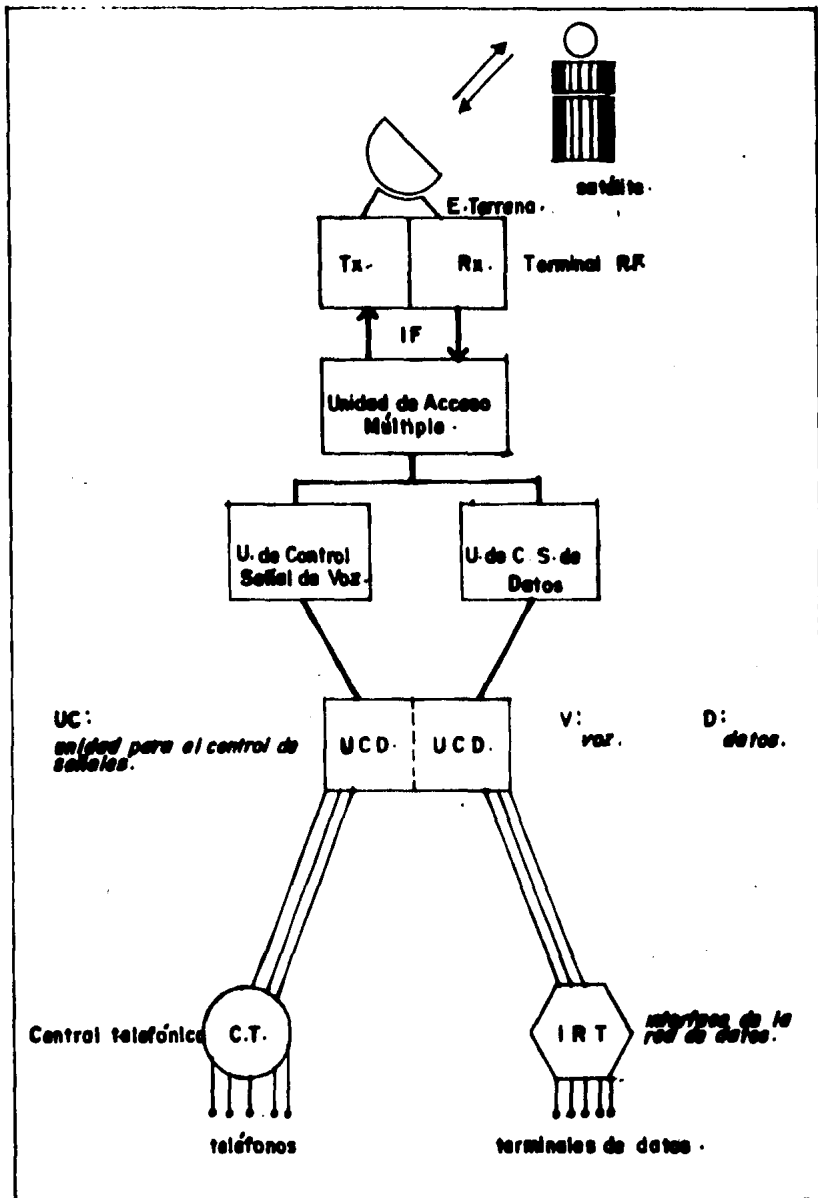
MARCO MAESTRO

nuevo marco maestro



MARCO MAESTRO.

F
4102.e



**FUNCIÓNES ESENCIALES DE
UN SISTEMA TDMA CON MA-
NEJO DE TRAFICO DE VOZ Y D.**

F
4021.

da en forma digital, ese flujo de bits llega a la unidad de acceso múltiple en donde se almacenan, transmitiéndolos en tiempos apropiados de ráfagas.

Las unidades de acceso de voz y datos están diseñadas para interconectar las facilidades terrestres existentes tales como líneas privadas, líneas conmutadas, redes concentradoras de datos, etc.

Ahora bien, TDMA tiene problemas asociados con la sincronización y control de la alta velocidad en el flujo de bits digitales.

Cuando se usa una trayectoria digital de alta velocidad, es necesaria una sincronización muy cuidadosa. Los canales de las distintas estaciones terrenas son de diferente longitud de trayectoria y en consecuencia de diferente tiempo de propagación. Los cambios en el tiempo de propagación debidos a las derivas en la posición del satélite son poco significativos.

El retraso en la propagación varía de su valor nominal dependiendo de qué tan frecuentemente fue ajustada la posición del satélite.

En adición a esto, el satélite experimenta oscilaciones diarias en su posición debido a la atracción del Sol y de la Luna.

La longitud de la trayectoria desde una posición precisa de posicionamiento del satélite puede cambiar arriba de 15,240 m en mediodía y en consecuencia el tiempo de propagación puede cambiar arriba de 50 nanosegundos en mediodía.

Los movimientos periódicos del satélite pueden causar que se acerque o aleje de la Tierra a velocidades de los 2 pies por segundo.

Esto significa que cada segundo el tiempo de propagación puede cam-

bien arriba de 2 nanosegundos. El cambio es ligeramente distinto para las diferentes estaciones terrenas.

El rango de datos es de 60 millones de bits por segundo y el tiempo entre bits es de 16.6 nanosegundos, por lo que es frecuente que se necesite una resincronización.

Resumiendo, uno de los objetivos del acceso TDMA es el empleo de -- una portadora únicamente para la transmisión por un solo transpondedor.

Los sistemas comerciales de asignamiento por demanda usados en los satélites en la primera mitad de los 70's fueron todos FDMA y no TDMA. La razón fue que TDMA necesitaba modems de una gran velocidad de ráfagas, gran velocidad en la manipulación de flujos de bits, sistemas exactos de tiempo y BUFFERS de tamaño considerables para datos en cada estación terrena.

Con el progreso de los 70's el costo del equipo digital de alta velocidad se vió disminuido y aumentó la confiabilidad en dicho equipo.

Dado el costo apropiado y la confiabilidad del equipo, TDMA ofrece ventajas significativas sobre FDMA:

1. TDMA tiene gran flexibilidad. Canales de diferente ancho y capacidades, pueden ser usados y mezclados.
2. La capacidad máxima con el sistema TDMA es mayor que con el sistema FDMA.
3. No hay problemas de interferencia causados por la intermodulación de portadoras. Consecuentemente, el transpondedor puede ser usado a su máxima potencia.

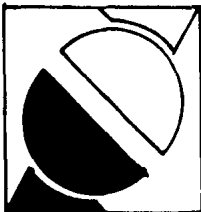
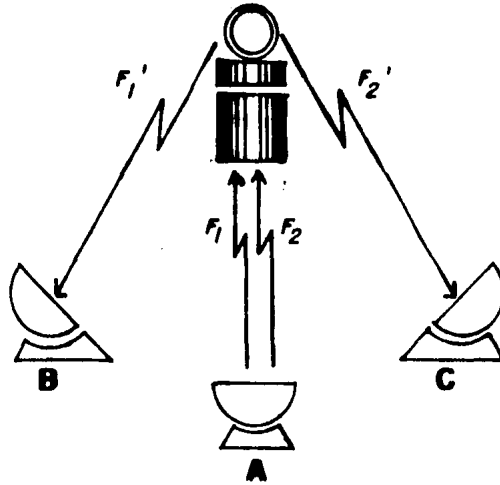
4. En el sistema FDMA la potencia de salida del número de usuarios - o del total de las terminales terrestres debe ser controlada para evitar que se sature, lo cual no ocurre en el sistema TDMA.
5. Hay menos problemas de interferencia entre satélites cuando es usado el sistema TDMA.
6. El equipo digital usado con el TDMA puede ser diseñado para trabajar con OSI (Interpolación Digital de Voz) logrando el doble de la capacidad para los usuarios de teléfono.
7. En general, se puede decir que existe una tendencia que se acrecienta día con día hacia la técnica TDMA, a partir de su adaptación natural con los sistemas digitales de comunicación.

4.11. ASIGNACION FIJA Y POR DEMANDA

En las comunicaciones por satélite, es importante efectuar un estudio de la densidad de tráfico entre estaciones, para que en base a las necesidades de comunicación que cada estación tenga, se seleccione el tipo de asignamiento para sus canales, el cual puede ser fijo y/o variable según la demanda.

Las estaciones terrenas que tienen tráfico continuo sobre un canal o un cierto número de canales, dieron lugar a lo que se conoce como asignamiento fijo. En la figura 4.11.a la estación terrena A sólo puede comunicarse con la estación terrena B por medio de la frecuencia F_1 , y no puede establecer el enlace con la frecuencia F_2 , debido a que está asignada exclusivamente para comunicar las estaciones A y C. Aquí pues, la estación A tiene preasignadas o fijas las frecuencias F_1 y F_2 para comunicarse con las estaciones B y C, respectivamente. Sin embargo las solicitudes de algunas estaciones de usar un mayor número de canales por períodos cortos de tiempo, hizo que surgiera una técnica más eficaz y económica, para la utilización de las frecuencias llamada asignamiento por-

EST. \ FREQ.	F_1	F_2
A	*	*
B	*	
C		*



ASIGNAMIENTO FIJO



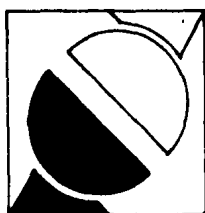
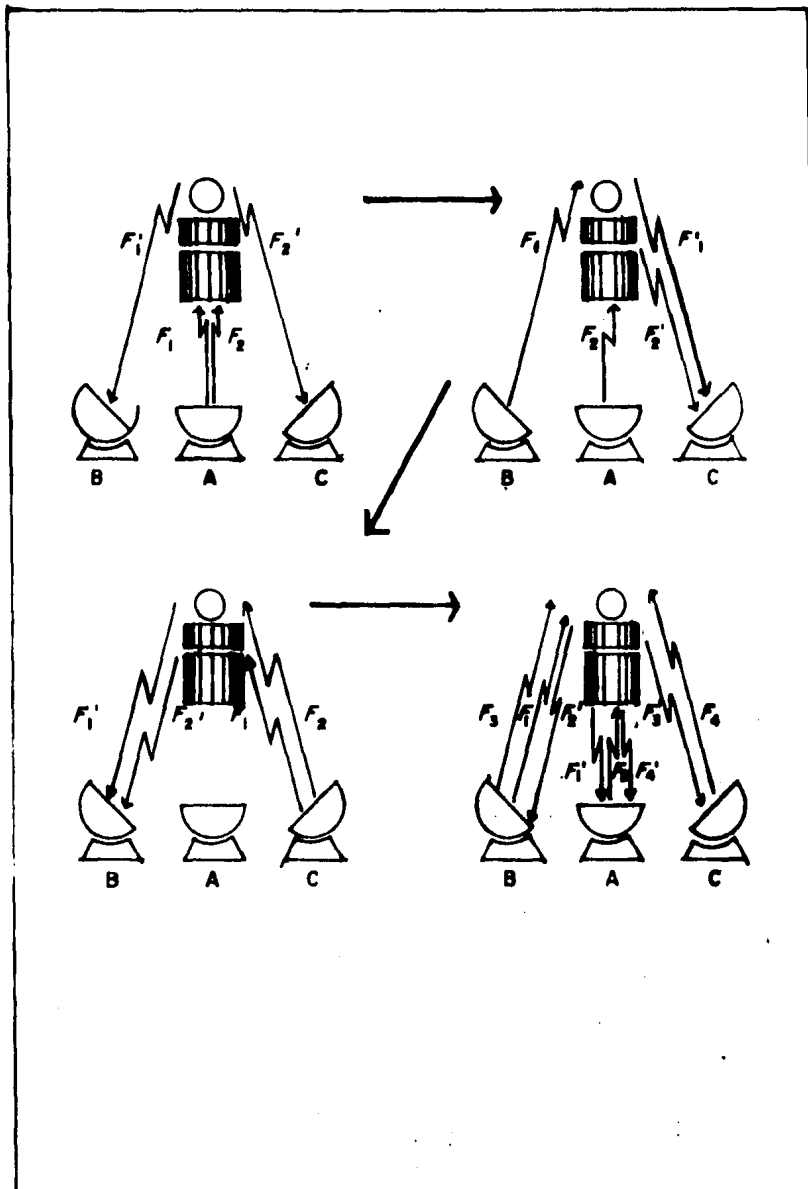
demanda, la cual reasigna cada canal que queda disponible después de -- que termina una comunicación a cualquier otro par de estaciones terrenas de la red.

La asignación de canales en forma suficientemente flexible representó un avance importante en las telecomunicaciones, ya que los usuarios hacen uso de un canal en cualquier momento que lo deseen.

El problema a resolver fue el de distribuir los canales de manera de satisfacer las demandas de las distintas estaciones terrenas, además de que éstas eran constantemente variables. La figura 4.11.b ilustra este concepto, donde se muestra cómo los canales son continuamente reasignados. El método de asignación por demanda, ofrece dos importantes ventajas cuando se compara con sistemas de preasignación: una más eficiente utilización del segmento espacial y una mejor utilización de las facilidades de interconexión terrestre. La eficiencia del segmento espacial en una red completa variable de asignación por demanda se incrementa por el hecho de que todos los canales están dentro de un marco de disponibilidad y pueden ser usados por cualquier estación, de acuerdo con las cargas de tráfico en el instante de la petición. Esto contrasta con sistemas que usan preasignación, pues en él todos sus canales están dedicados, es decir fijos para ser utilizados únicamente entre determinadas estaciones, y cuando el tráfico con destino particular es ligero, el segmento es subutilizado. La situación se vuelve crítica cuando se tiene un gran número de estaciones con bajo tráfico.

En el caso de un número grande de estaciones o muy bajo tráfico o en ambos casos, se puede mejorar la eficiencia del sistema de comunicaciones asignando las bandas del repetidor de acuerdo a la demanda mediante la técnica llamada D.A.M.A. (DEMAND ASSIGNMENT MULTIPLE ACCESS), la cual controla el tráfico en forma automática.

Existe sin embargo, la posibilidad de tener una red semivariable en



ASIGNACION POR DEMANDA

F

4. II. D.

donde las técnicas se mezclen, es decir se tendrían bloques de canales - fijos y bloques de canales reservados previamente para ser usados sólo - en demanda.

Las figuras 4.11.c muestran el flujo de la señal en sistemas preasig- nados y asignados por demanda, respectivamente.

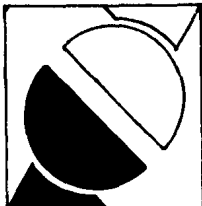
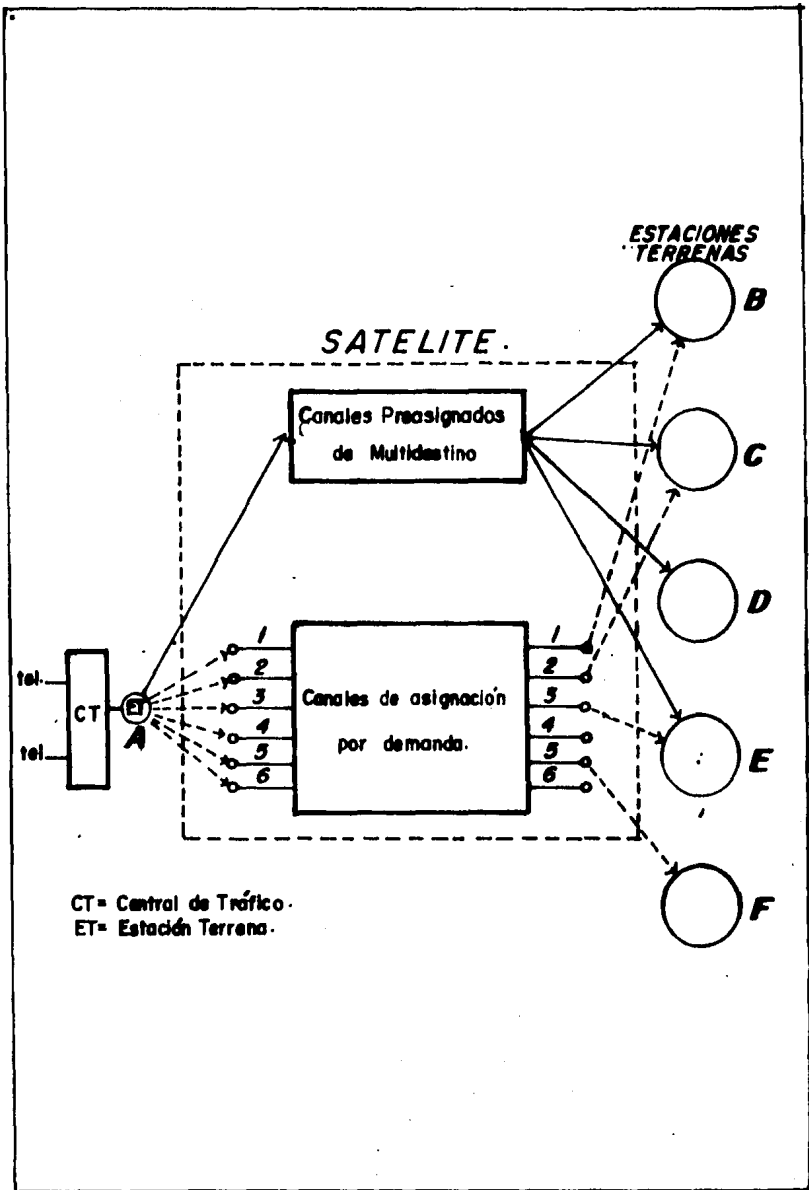
4.12. ESQUEMAS DE TRANSMISION

En base a las necesidades de tráfico y conforme al equipo en tierra, al seleccionarse TIPO DE MULTIPLEXAJE, TECNICA DE MODULACION y MODO DE - ACCESO AL SATELITE, para la señal, se genera un esquema de transmisión.

Un esquema de transmisión indica la secuencia en el proceso por el que va pasando la señal, y en base al esquema pueden realizarse diferen- tes sistemas que pueden ser analógicos o digitales.

Es necesario que exista compatibilidad entre la técnica usada entre los segmentos terrestre y espacial, de hecho los modos de acceso FDMA y- TDMA son analogías de los tipos de multiplexaje FDM y TDM. Sólo que en -- los primeros, los elementos que se multiplexan en los enlaces vía satéli- te son las estaciones que conforman la red, mientras que en los segundos los elementos que se multiplexan son los canales de información.

Dentro de los sistemas analógicos, FDM-FM-FDMA es la técnica más po- pular y que más se ha experimentado en satélites comerciales, la cual al ir evolucionando proporcionó enlaces de comunicación de alta calidad y - bajo costo. Sin embargo, el reciente incremento en el número de estacio- nes terrenas ha evidenciado alguna de sus fallas como son la ineficiencia en la utilización de la potencia del satélite y la inflexibilidad para - llevar a cabo arreglos en el circuito. Por esta razón se han venido de- sarrollando sistemas más eficientes y más versátiles, con la suficiente- flexibilidad para una rápida respuesta a las variaciones del tráfico y - con consideraciones para cubrir la demanda asociada con estaciones terre



**OPERACION DE CANALES DE
 SATELITE PREASIGNADOS Y
 ASIGNADOS POR DEMANDA**

F
 4. N. C.

nas de bajo costo. Bajo este criterio los sistemas de comunicación de satélites digitales prometen proveer en el futuro de transmisiones de datos de alta velocidad y de redes digitales integradas. Varios tipos de sistemas digitales pueden realizarse mediante la combinación de la codificación (PCM, DPCM y Modulación DELTA), la multiplexación (TDM) y la modulación (PSK, QPSK).

El sistema FDMA en el cual una portadora separada es asignada por cada canal de voz, es referido como SCPC y es un ejemplo de ello. No obstante cualquier técnica de modulación analógica o digital es aplicable a los sistemas SCPC, es decir, se puede tener SCPC modulado en FM (Frecuencia Modulada) o modulado en PSK (PHASE SHIFT KEYING).

Ahora bien, asociados con los sistemas digitales, hay esquemas que proporcionan un incremento adicional de eficiencia. Uno de éstos esquemas es una técnica de interpolación de conversación llamada DSI (DIGITAL SPEECH INTERPOLATION), que cuando se aplica al acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA), la capacidad para proveer canales de voz se duplica.

En general se puede afirmar que conforme aumenta el número de estaciones, las ventajas de la técnica digital con respecto a la analogía también se incrementan.

4.12.1 FDM/FDMA

La técnica de modulación dominante en un sistema común de comunicación por satélite es la modulación por frecuencia (FM), la cual ha sido ampliamente usada en radiodifusión y enlaces terrestres de radio. Es por ésto que su teoría es bien conocida y se cuenta con el equipo necesario para implementarla desde hace tiempo.

El esquema de transmisión FDM/FM/FDMA es universalmente conocido y ha probado su excelente nivel de eficiencia. La figura 4.12.1.a lo mues

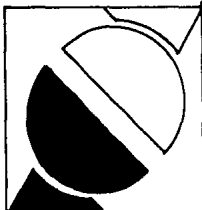
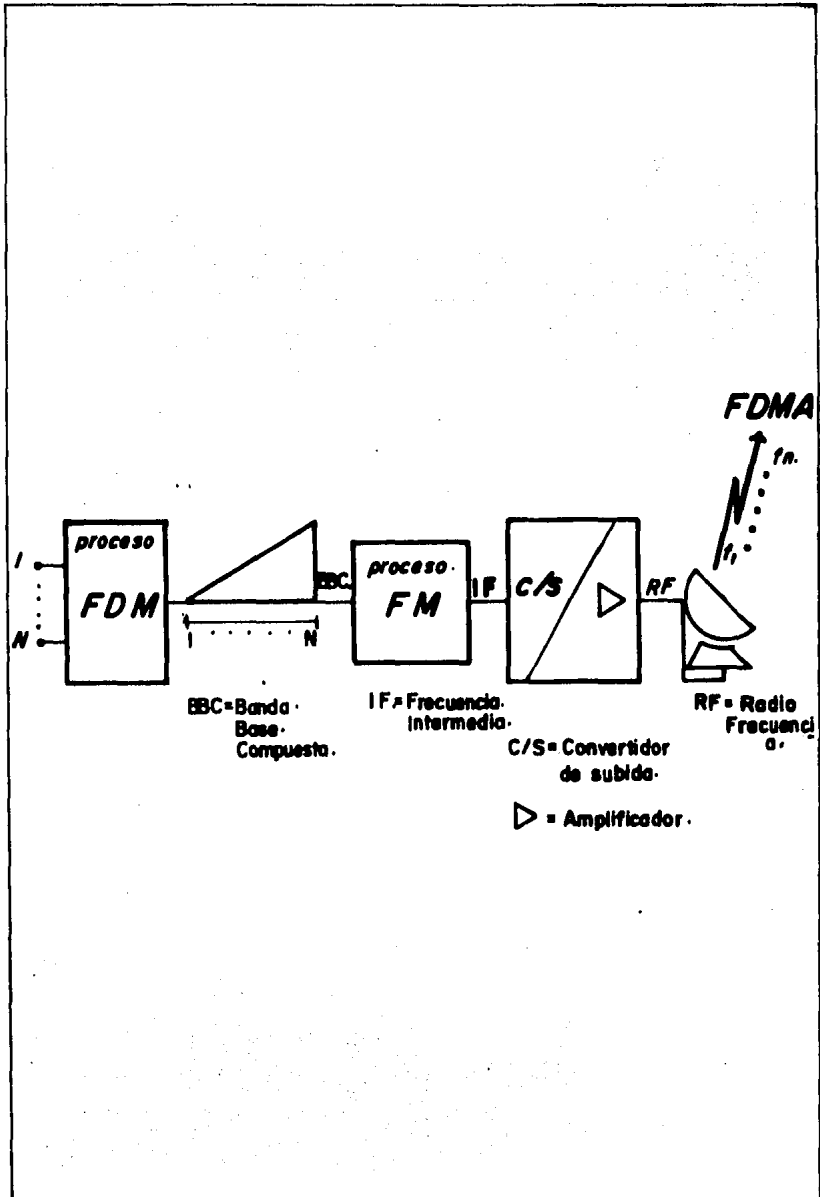


DIAGRAMA A BLOQUES DE
 UN ESQUEMA PARA TELEFO-
 NIA MULTICANAL.

F
 4.12.1.a.

tra en una forma muy general y esquematizada.

FDM/FM/FCMA se recomienda para redes con un bajo número de estaciones terrenas y alto tráfico telefónico.

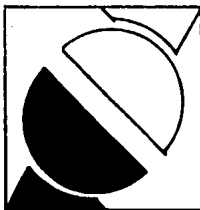
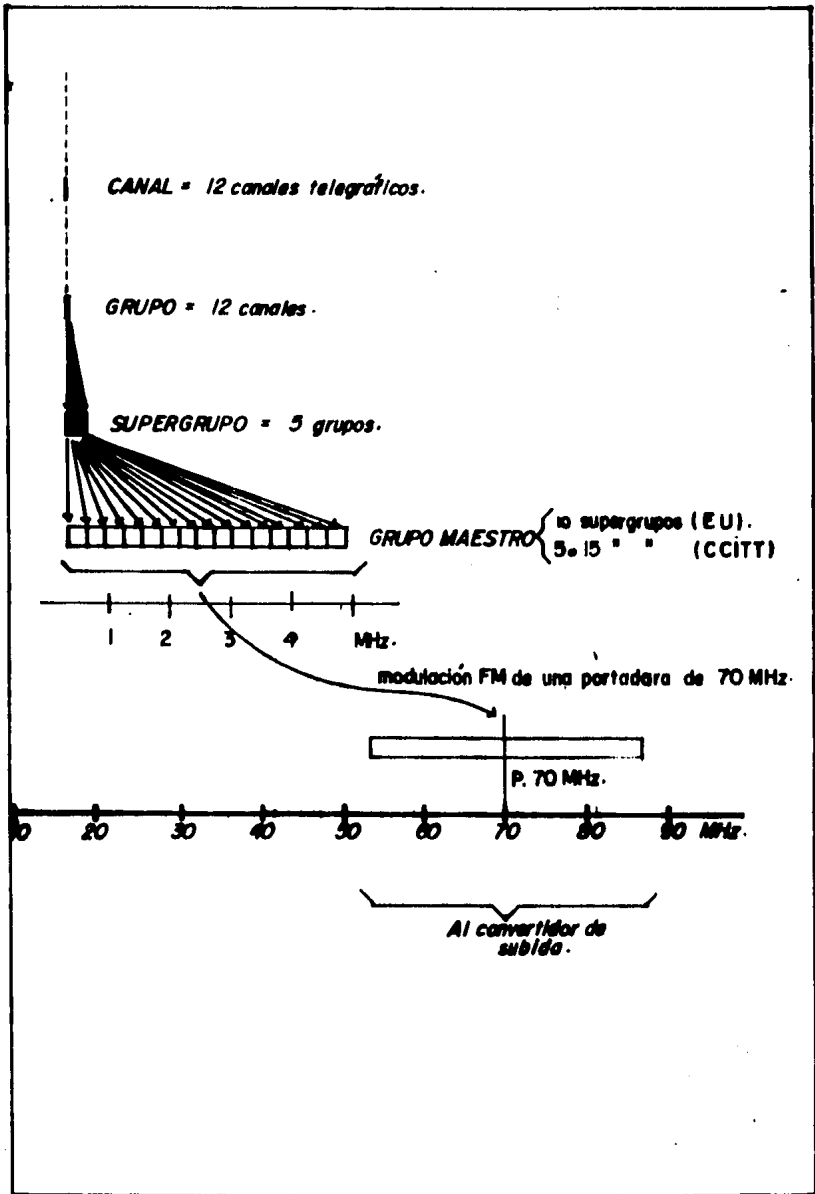
El multiplexaje por división en frecuencia (FDM), surge con el crecimiento de la demanda de circuitos telefónicos, pues se hace necesario combinar o multiplexar los canales, asignándoseles una pequeña y particular porción dentro de una señal de banda base compuesta.

La señal de voz ocupa una banda de frecuencias entre 300 y 3,400 Hz, pero debido a las bandas de guarda ocupa un ancho total de 4 KHz.

Los canales se combinan según normas CCITT, en grupos (12 canales), supergrupos (5 grupos) y grupos maestros (5 ó 15 supergrupos) y generalmente transportan señales de voz pero pueden también llevar señales de datos; de hecho, 12 canales telegráficos pueden ser empaquetados dentro de un canal de voz. Un grupo estándar ocupa una banda de 60 a 108 KHz, un supergrupo una banda de 312 a 552 KHz (NORMA CCITT) y un grupo maestro una banda de 308 a 4028 KHz (NORMA CCITT). Los canales son multiplexados por división de frecuencia y modulados dentro de una portadora, la cual dependiendo del ancho de banda podrá manejar un grupo, un supergrupo o un grupo maestro. Si hay más de una portadora accediendo el transpondedor al mismo tiempo, estarán separadas en frecuencia (FDMA).

En la figura 4.12.1.b se muestra cómo se forma un grupo maestro y cómo esta señal de banda base compuesta modula en FM a una portadora en una frecuencia intermedia de 70 MHz. A esta portadora se le llama FDM/FM, la cual es después trasladada a una radiofrecuencia apropiada para su transmisión.

Cada portadora de RF requiere de una frecuencia asignada en forma particular. Esto afecta la eficiencia del esquema, pues al estar fija -



**PROCESO FDM / FM PARA
CANALES TELEFONICOS.**

F
4.124 b.

la frecuencia para enlazar dos estaciones específicas no puede ser utilizada para establecer algún otro enlace; ésto es, que a pesar de que esta técnica permite a un transpondedor ser compartido por varias estaciones, no permite la asignación por demanda.

Por otro lado, para ahorrar el número de portadoras de RF en el satélite, se emplean portadoras de destino múltiple y consecuentemente cada una de las estaciones receptoras tiene que filtrar el canal que le corresponda entre las señales de banda base de la portadora que recibe.

Por las anteriores consideraciones, es necesario que al planear un sistema de transmisión FDM/FM/FDMA, se tengan en cuenta las características de operación del transpondedor que se utiliza, en donde juegan un papel muy importante el tamaño, número y arreglo de las portadoras. Así también las características de las estaciones terrenas y el diseño de sus parámetros de transmisión como el número de canales que se multiplexan, banda base ocupada, etc, además de considerar los objetivos de calidad para garantizar una buena relación señal a ruido y el máximo aprovechamiento de la capacidad del canal.

4.12.2. SCPC/FDMA

SCPC (Single Channel per Carrier) es otro método en donde se multiplexan muchos canales en un solo transpondedor. Sólo que los canales no modulan en conjunto a una portadora, sino que cada uno tiene su propia portadora y un asignamiento separado de frecuencia dentro del transpondedor.

SCPC se recomienda para sistemas que requieren conectar estaciones terrenas que tienen bajo tráfico entre sí, y puede ser usado en sistemas domésticos o internacionales.

Existen dos métodos para la más eficiente operación de un sistema práctico SCPC. Uno es el método de portadora presente-ausente (on-off),

también llamado portadora activada por voz, en el cual las portadoras de las radio-frecuencias son transmitidas únicamente cuando las señales de voz están presentes en los circuitos telefónicos; con ello los productos de intermodulación se reducen dando como resultado la mejor utilización de la potencia de salida del satélite. El otro método es la asignación por demanda SCPC/FDMA en donde se tienen un conjunto de canales y cualquier par de estaciones terrenas puede enlazarse mediante el uso de los canales disponibles en el conjunto. Con esto, el aprovechamiento de los circuitos del satélite se incrementa porque éstos son asignados sólo cuando son requeridos.

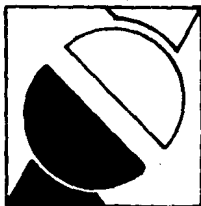
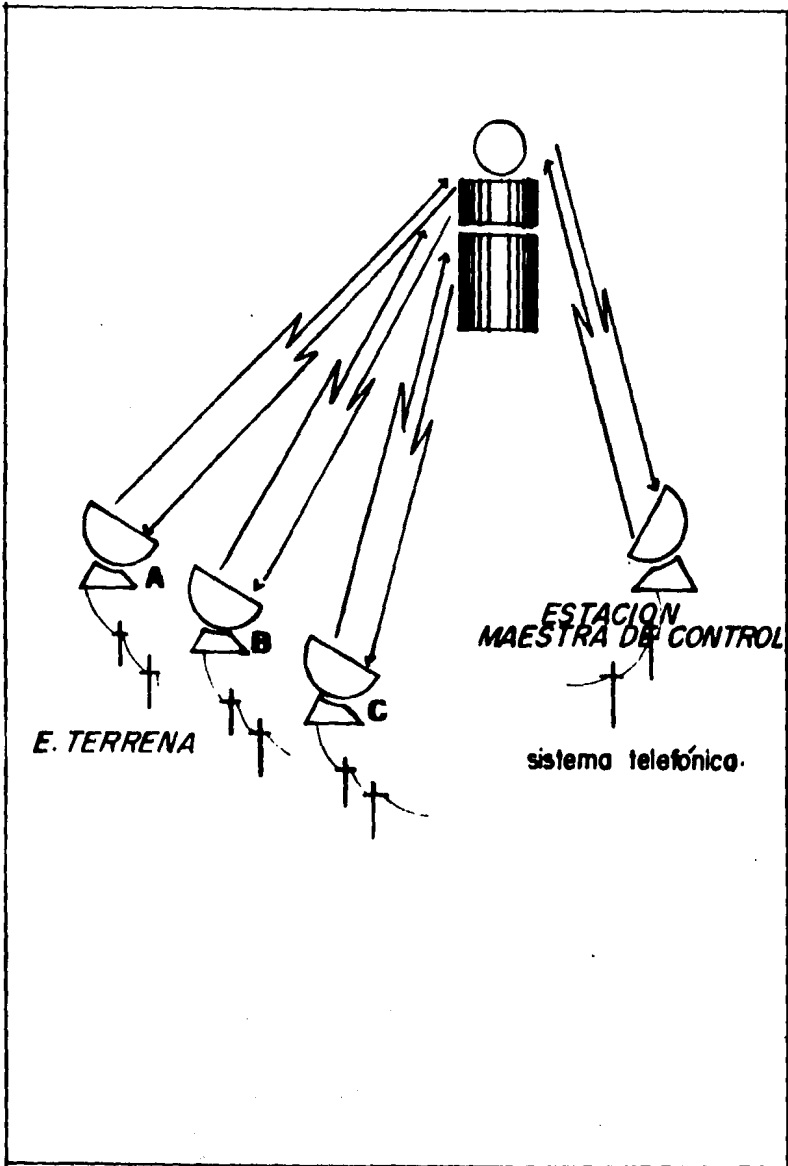
Un aspecto importante del que ya se hizo mención, es que los sistemas SCPC se pueden modular analógica o digitalmente, es decir una vez -- que a cada canal se le asigna una frecuencia portadora de radio-frecuencia, ésta es modulada por la señal de voz ya sea en FM o en PSK.

Cuando el sistema SCPC utiliza la técnica de asignación por demanda (DAMA) y los canales de voz están codificados en PCM y modulados en PSK de 4 fases, el sistema se conoce como SPADE (Single channel-per carrier PCM multiple Access Demand assignment Equipment ó Equipo de asignación por demanda en acceso múltiple para canal PCM único por portadora).

El otro sistema SCPC-FM se muestra en la figura 4.12.2.a, el cual es particularmente apto para usarse entre estaciones terrenas con tráfico ligero, localizadas en lugares remotos.

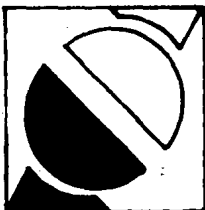
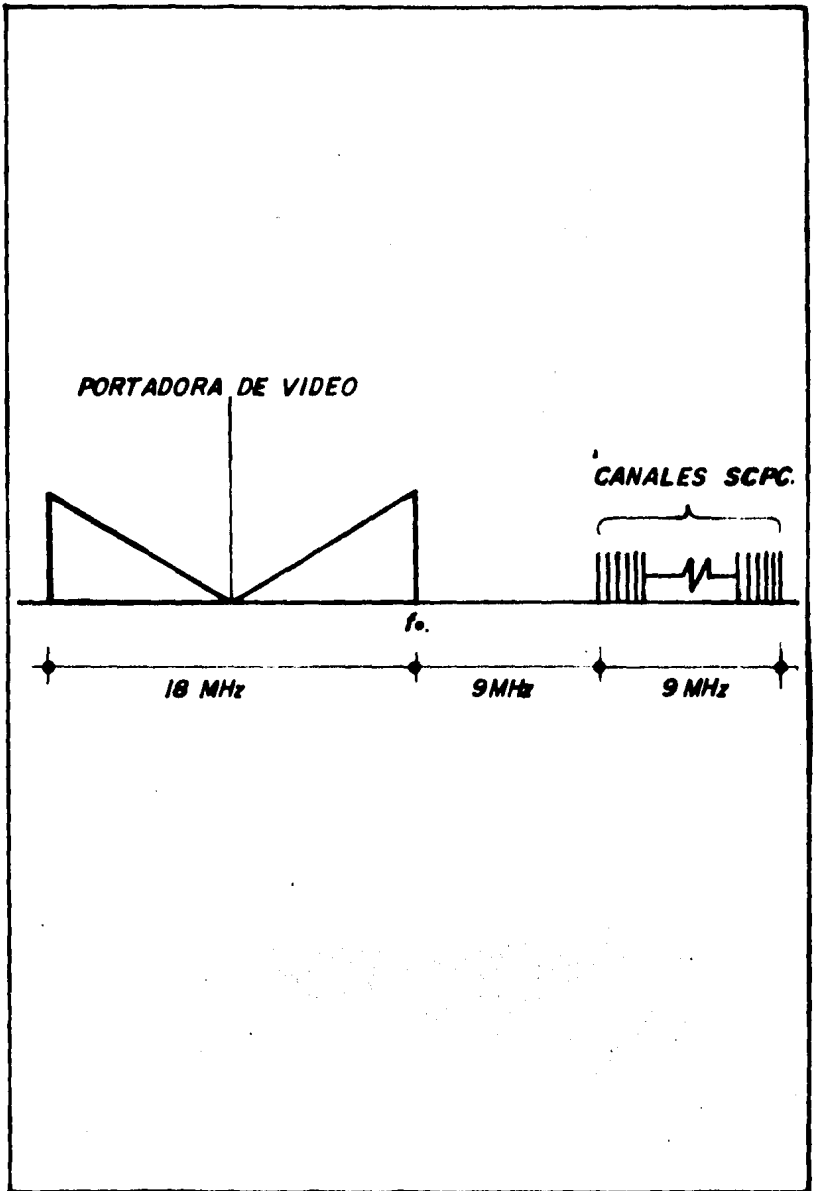
Existe también la posibilidad de utilizar SCPC compartiendo el transpondedor del satélite con una señal de video, como se ilustra en la figura 4.12.2.b, en donde según los requerimientos de señal o ruido deseados en la recepción, se distribuye la potencia de transmisión.

Como se observa, un sistema SCPC puede tener muchos modos y parámetros de operación. Puede inicialmente configurarse con un número pequeño



SISTEMA TIPICO SCPC - FM

F
4.12.2a.



Plan de frecuencias, video+scpc - FM.

F
1220

de estaciones, con un mecanismo manual para el control de canales, y después puede expandirse a cientos de canales controlados mediante DAMA. -- Esta flexibilidad provee los medios para implementar un sistema que crecería conforme a las necesidades y de acuerdo a la disponibilidad económica, por ejemplo. Las estaciones terrenas SCPC-FM son de bajo costo y relativamente pequeñas, además de que pueden ser utilizadas para proveer servicios de telecomunicaciones en áreas, que de otra manera no sería posible como es el caso de las áreas rurales.

4.12.3. TDM/TDMA

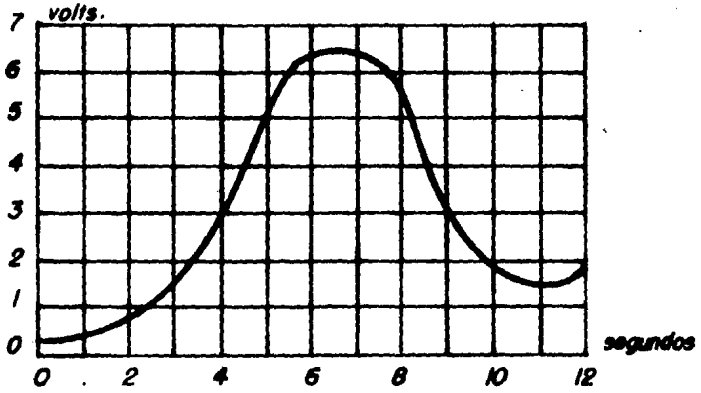
La multicanalización por división de tiempo se usa para combinar -- una multiplicidad de señales en un canal común que se comparte, estas señales pueden ser representaciones digitales de señales analógicas o señales generadas originalmente en forma digital.

La mayoría de los sistemas de multicanalización en tiempo actualmente en uso son para señales digitales, por lo que cada vez más frecuentemente se requiere convertir al formato digital los mensajes analógicos a transmitir, como por ejemplo, datos de telemetría o comunicaciones telefónicas de audio.

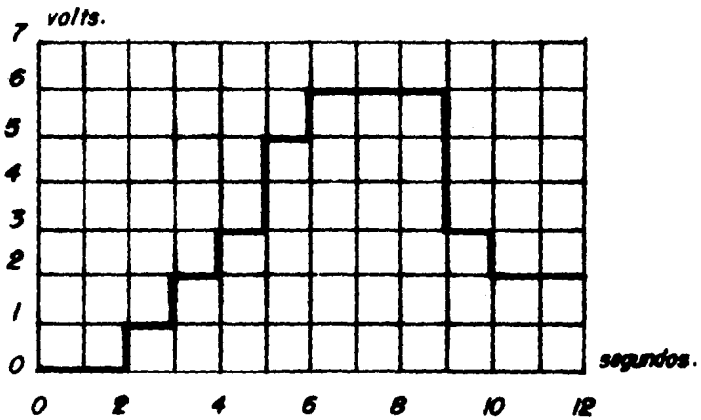
Para convertir una señal analógica a digital es necesario muestrear la, cuantificarla y codificarla, el proceso se muestra en la figura -- 4.12.3.a, en donde según el nivel de voltaje de la muestra, se le asigna un cierto código.

Existen diferentes técnicas que engloban esta conversión como son: PCM (pulse code modulation), DPCM (Differential pulse code modulation) y la modulación delta.

Una vez que todos los canales portan información digital, para poder multicanalizarlos en el tiempo (TDM), se muestrean secuencialmente, como lo ilustra la figura 4.12.3.b, combinándose para su transmisión so-



(a)

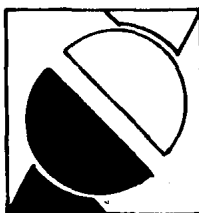
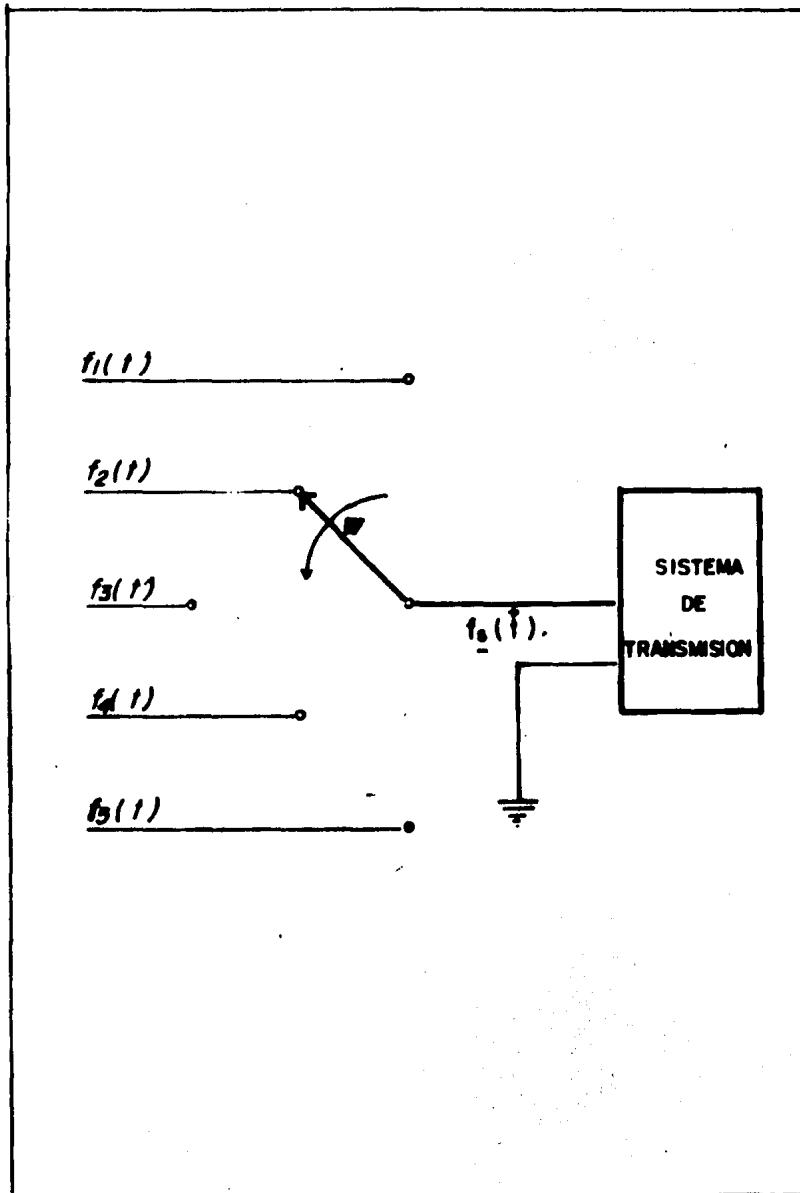


(b)



MUESTREO Y CUANTIFICACION
 a) Señal original b) Señal
 muestreada y cuantificada.

F
 423.e



MULTICANALIZACION EN
TIEMPO.

F
4.12.3b

bre el mismo sistema.

Las señales se adecúan para su transmisión a largas distancias, -- trasladándolas a altas frecuencias mediante la modulación, la cual puede hacerse para señales digitales en frecuencia (FSK) o en fase (PSK). Estos métodos se ilustran en la figura 4.12.3.c.

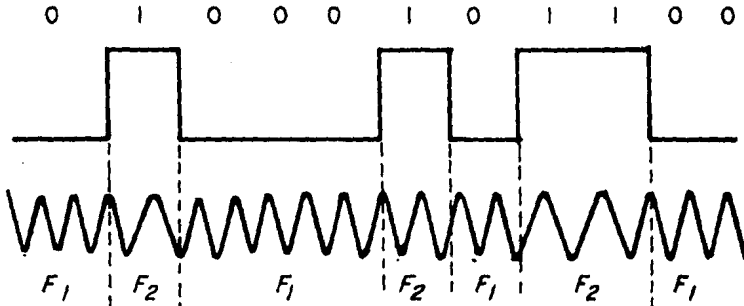
Así como con las técnicas de multicanalización usual, se tiene la opción de multicanalizar en función de la frecuencia o del tiempo, así -- también en las comunicaciones espaciales se tienen dos métodos análogos -- para acceder al transpondedor del satélite, como son FDMA y TDMA, que no son únicos y de los que ya se hizo mención.

Por la natural adaptación de TDM con TDMA el sistema gana en eficiencia y para demostrarlo basta decir que asumiendo 10 accesos, la capacidad de uso típico del esquema FM/FDMA es cercana a los 450 canales de voz -- unidireccionales.

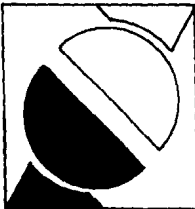
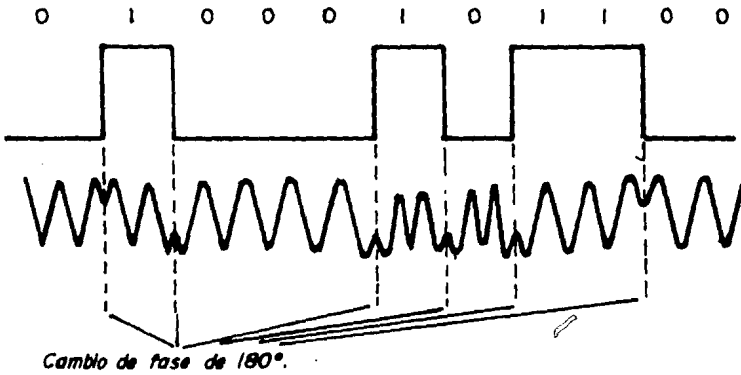
Con TDMA usando frecuencias de voz estándares de 64 kbps codificados en PCM, la capacidad del mismo transpondedor es aproximadamente de -- 900 canales, y si es usada la técnica DSI para procesar las cadenas de -- bits PCM, la capacidad se eleva a cerca de 1 800 canales. Además de que puede usarse también, para la transmisión directa de datos digitales como en el caso del canal de señalización común de SPADE, que es el ejemplo más representativo del esquema TDM/TDMA.

Este canal modula a una portadora PSK de 2 fases, cuyo ancho de banda es de 160 KHz y su velocidad de transmisión de 128 kbps, por medio -- del cual se envían datos acerca del estado del banco de frecuencias disponibles para establecer una llamada y el canal es controlado a través -- de una computadora central que se encuentra en la estación maestra de -- control.

modulación de frecuencia.



modulación de fase.



MÉTODOS DE MODULACION.

F
4.123.c.

Por todo lo aquí expuesto, es indudable el papel tan importante que desempeña el uso de la electrónica digital en todas las áreas de la tecnología de las comunicaciones, al proveer equipo con alto grado de eficiencia y cada vez más económico.

Capítulo 5

ESTACIONES TERRENAS

Como ya de algún modo se ha mencionado, el objetivo principal de tener un sistema satelital de comunicaciones, es el poder intercomunicar - varios puntos de la Tierra a grandes distancias. Hemos estudiado lo que frecuentemente se denomina segmento espacial y ahora nos toca la parte - terrestre, en la cual se encuentran las estaciones terrenas, que podemos comenzar a estudiar con una definición, hecha en base a otras dos especificadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (1)

5.1. DEFINICION

Se llama estación terrena al conjunto situado en la superficie de - la Tierra o en la parte principal de la atmósfera terrestre; consistente de uno o más transmisores, receptores o combinaciones de ambos, y que es

(1) REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES. UIT. Ginebra, Suiza 1982.
Términos 53 y 63

tá destinado a asegurar un servicio de radiocomunicación en un lugar determinado con estaciones del tipo espacial o con otras de su misma naturaleza, empleando satélites de comunicación.

5.2. CONFIGURACION

Las estaciones terrenas pueden agruparse en dos tipos principales - según la temporalidad de su ubicación:

- 1) Estaciones terrenas fijas
- 2) Estaciones terrenas móviles

Dentro del primer grupo, que se refiere a aquellas estaciones que se encuentran colocadas permanentemente en un punto específico de la tierra, podemos distinguir entre estaciones estándar y no estándar.

Una estación estándar es aquella que opera en base a un acceso múltiple y cumple varias características marcadas por el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR). Así, dentro de la banda -- "C" (6/4 GHz), tenemos las estaciones terrenas de norma "A" y "B". Las primeras deben de cumplir con tener una figura de mérito (G/T) no menor de 40.7 dB/K cuando el ángulo de elevación de la antena sobre la horizontal es de 5° , mientras que las segundas deben satisfacer una figura de mérito no menor a 31.7 dB/K. Cuando la estación terrena opera en la banda "Ku" (14/11 GHz) y satisface determinados valores específicos de figura de mérito a un cierto ángulo de elevación, se le denomina estación terrena de norma "C".

Las estaciones terrenas de norma A poseen antenas parabólicas que generalmente tienen un diámetro de 30 metros o más; las de norma B, son de 11 metros y se utilizan para poco tráfico; mientras que las antenas parabólicas para estaciones terrenas de norma C tienen un diámetro que oscila entre 14 y 19 metros generalmente.

Las estaciones terrenas que no cumplen con las características mínimas de los estándares, se conocen como estaciones terrenas no estándar y pueden operar dentro de un sistema satelital con ciertas restricciones.

Las estaciones terrenas móviles son aquellas que no permanecen colocadas fijamente en un punto específico de la tierra y pueden ser nava -- les, aéreas o portátiles, dependiendo si se encuentran ubicadas, por --- ejemplo, en barcos, aviones o si se mueven por tierra de un punto a otro.

Si tomamos cualquier estación terrena como un sistema completo de - comunicaciones, podremos dividirla en subsistemas que le son fundamenta- les para su operación.

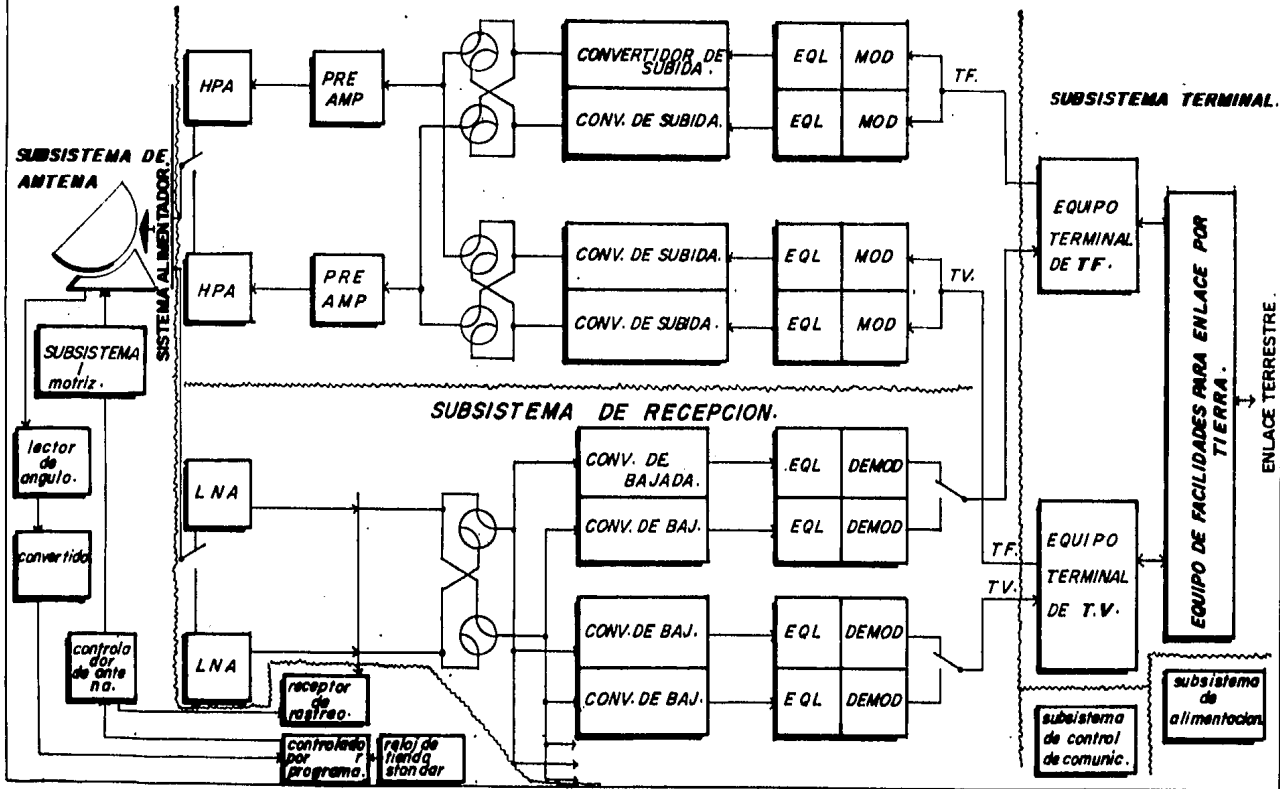
No existe unicidad entre los diversos autores sobre la configuración de una estación terrena y en nuestro caso hemos escogido la división que creemos más adecuada.

Una estación terrena en su forma más general, que caería dentro del caso de una estación estándar, consta de un conjunto arquitectónico constituido por edificios, estructuras, etcétera y, dentro de lo que distinguiríamos como el sistema completo de comunicaciones, podemos especificar los siguientes subsistemas:

- 1) de alimentación
- 2) de antena
- 3) de recepción
- 4) de transmisión
- 5) terminal para multicanalización
- 6) de control de comunicaciones

En la figura 5.2.a, podemos ver ejemplificada a bloques, la configu-

SUBSISTEMA DE TRANSMISION.



EJEMPLO DE LA CONFIGURACION DE UNA ESTACION TERRESTRE CON REDUNDANCIA.

ración de una estación terrena con redundancia (1).

5.2.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACION

El subsistema de alimentación de energía, tiene que ver de una manera muy importante con el resto de los subsistemas de comunicaciones, -- pues su función primordial es la de suministrar la energía eléctrica necesaria, en forma ininterrumpida, en la manera y cantidad adecuadas, para la operación de los diversos equipos.

Este subsistema consiste esencialmente de fuentes de corriente alterna, como de corriente directa y de un sistema denominado "no-brake", que garantiza el suministro de energía eléctrica en caso de falla en las -- fuentes anteriores.

Las fuentes de corriente alterna se utilizan para la alimentación de alta potencia, como puede ser la que se necesita en los mecanismos de movimiento de la antena o para los amplificadores de potencia; las fuentes de corriente directa se utilizan para la alimentación de los equipos de comunicación de estado sólido.

A manera ilustrativa de lo que puede ser un sistema "no-brake", traemos a colación el caso específico de la primera estación terrena que tuvo nuestro país.

En la estación de Tulancingo, Hgo., la alimentación para usos generales e iluminación de los edificios, así como para un motor de inducción, se toma directamente de la línea comercial de 22 KV. El motor de inducción hace girar unos volantes de inercia y un generador eléctrico de -- 500 KVA que alimenta a los distintos equipos y motores eléctricos una --

(1) Si se desea volver desde ahora el concepto de redundancia, puede verse el punto 5.2.7 en este mismo capítulo.

vez rectificadas la energía y distribuida en los valores requeridos.

En caso de felle en el suministro de la línea comercial, se acciona automáticamente un motogenerador diesel que proporciona la energía al motor de inducción del que hemos hablado; pero mientras regulariza su funcionamiento, el generador de 500 KVA sigue operando debido a la acción de los volantes de inercia. De este modo se asegura la continuidad de un suministro de energía.

5.2.2. SUBSISTEMA DE ANTENA

Dentro de su forma más general, el subsistema de antena hace posible la transmisión y recepción de señales en forma simultánea, así como el rastreo y localización de un cierto número de satélites de comunicaciones.

Se estima que el costo de este subsistema, representa la tercera parte del total de una estación terrena estándar.

Como se puede observar de la figura 5.2.a, el subsistema de antena consta de la antena misma, un sistema alimentador, un sistema matriz y uno para el control de movimientos y rastreo, que se representa en el dibujo por los bloques lector de ángulo, convertidor analógico - digital, el controlador de antena, el receptor de rastreo, el controlador por programa y el reloj de tiempo estándar (1).

El sistema de alimentación, suministra las señales deseadas, tanto en la transmisión como recepción, con la polaridad adecuada. Es posible que dentro de este sistema, un polarizador haga la conversión de una polarización a otra.

(1) El tiempo estándar está basado en el segundo, lo recomienda el CCIR y es mantenido por la Oficina Internacional de la Hora (BHI). Para la mayoría de los fines prácticos, este tiempo es equivalente a la hora solar media en el meridiano de Greenwich.

En la figura 5.2.2.a, aparece el diagrama de bloques del sistema -- alimentador. Para llevar a efecto el acoplamiento entre el radiador primario de la antena y el polarizador de la señal, se utiliza el acoplador de modo de señal. El diplexor permite encaminar, según su ruta, a las -- señales de transmisión y recepción, obligándolas a que sólo se acoplen -- al circuito adecuado. El filtro de rechazo de banda de 6 GHz, todavía -- evitará aún más que las señales de transmisión se acoplen al circuito de recepción. Finalmente, el divisor de señales ramifica, por un lado, a -- las señales de comunicación recibidas del satélite y, por otro, a las se -- ñales destinadas al rastreo.

El rastreo de un satélite se realiza detectando las señales que, pa -- ra tal efecto, transmite éste y comparando las intensidades de sus cam -- pos eléctrico y magnético, con objeto de tomar o no una acción correcti -- va de la orientación de la antena. Las señales de rastreo tienen un an -- cho de banda muy reducido, por lo que no es necesario pasarlas por el am -- plificador de bajo ruido (LNA) para operar con ellas, ya que por lo mis -- mo se puede trabajar con un amplificador de bajo nivel de umbral.

Por lo que respecta al sistema matriz, éste se encarga de cambiar -- la posición de la antena. Su servomecanismo de orientación debe tener -- un juego reducido de engranes y la precisión del mecanismo de dirección -- debe mantenerse dentro de un ángulo que sea el 10% del ángulo de apertu -- ra del haz de la antena.

El sistema de control hace posible las acciones correctivas de la -- orientación de la antena a través del sistema matriz. Los modos de con -- trol pueden clasificarse desde el punto de vista del tipo de la genera -- ción de las señales de control, como modo de auto-rastreo; modo de con -- trol por programa y modo manual.

Las antenas más utilizadas para una estación terrena son las del ti -- po parabólico y estrobilado. Estas requieren de buenas características --

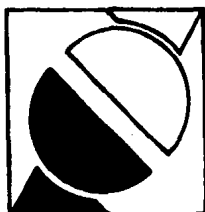
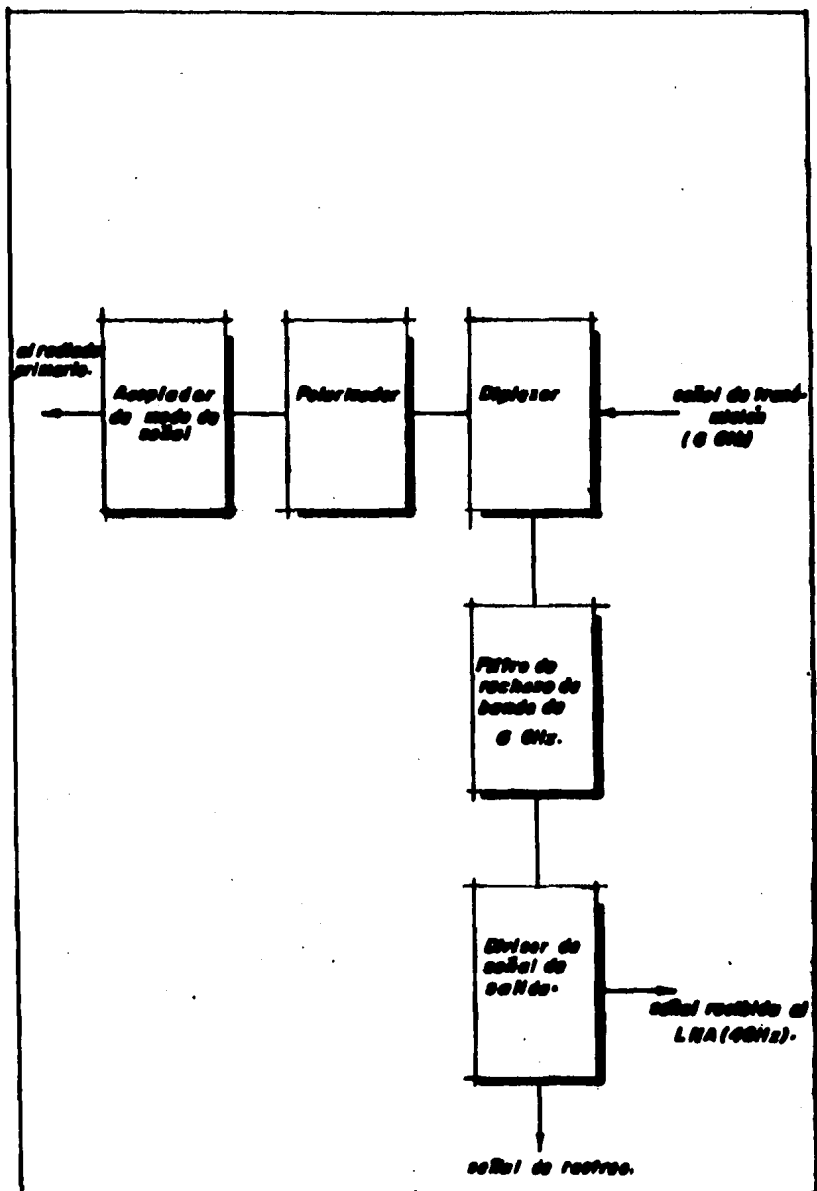


Diagrama a bloques del sistema de alimentación del subsistema de antena.

F
522.0.

de ganancia, acoplamiento de impedancia, pérdidas de circuito, polarización y aislamiento de las señales transmitidas y recibidas sobre un ancho de banda de 500 MHz; así como de la posibilidad de orientarse a un gran número de puntos y localizar todos los satélites que estén en línea de vista. Para esto último, existen tres tipos de mecanismos sobre los que se puede montar una antena parabólica para darle la movilidad necesaria en su orientación. Estos mecanismos, se conocen como:

- 1) montaje elevación-azimut
- 2) montaje x/y
- 3) montaje polar

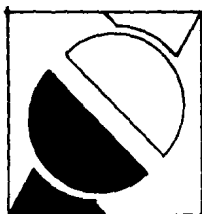
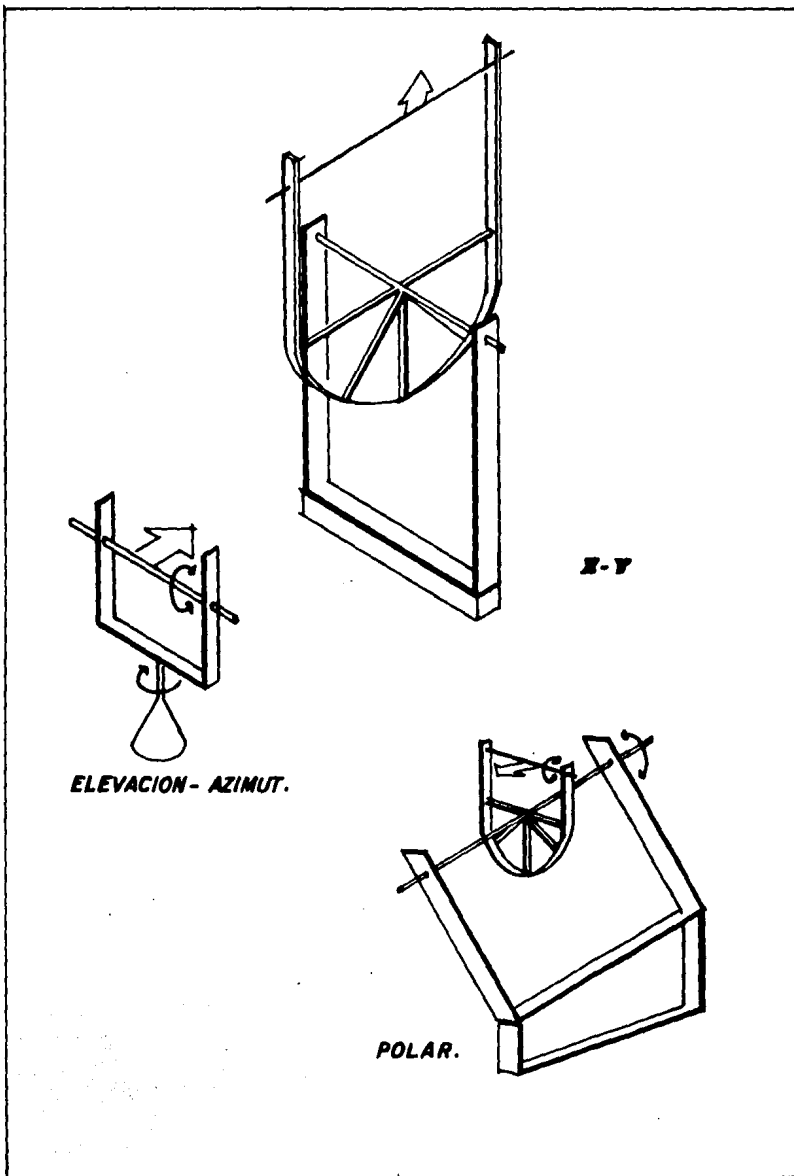
La figura 5.2.2.b, ilustra los tres tipos de montajes descritos. Como comentario adicional, diremos que en el diseño de una antena, es recomendable mantener su diámetro lo más pequeño posible para aliviar la carga del viento sobre ésta y reducir sus costos. Es necesaria, además, -- una alta precisión mecánica tanto en su rigidez así como en la construcción de su superficie, sobre todo cuando se va a trabajar en la banda -- "Ku".

5.2.3. SUBSISTEMA DE RECEPCION

El subsistema de recepción procesa las señales entregadas por el -- subsistema de antena para entregarlas como originalmente fueron multicanalizadas.

Este subsistema se compone esencialmente de un amplificador de bajo nivel de ruido (LNA), un convertidor de bajada, un ecualizador y un demodulador.

El amplificador de bajo nivel de ruido es una parte muy importante de una estación receptora terrena, pues suministra una alta ganancia con baja temperatura de ruido, con lo que se estabiliza una buena figura de mérito (S/F) de la estación con objeto de que pueda ser recuperada la in



Tipos de montaje para antenas
parabólicas orientables.

F
522b.

formación de las señales con determinada calidad. Este dispositivo puede proporcionar, además, la transición entre la guía de onda que proviene del alimentador de la antena y el cable coaxial, así como las conexiones correspondientes.

Normalmente el amplificador de bajo nivel de ruido se coloca tan cerca como sea posible del alimentador de la antena para minimizar las pérdidas a través de guía de onda de la, ya por sí, débil señal que llega del satélite y que es del orden de los picowatts.

Como LNA pueden utilizarse los amplificadores paramétricos enfriados o no; amplificadores MASER; amplificadores de diodo túnel; amplificadores de transistores bipolares; tubos de ondas progresivas y amplificadores de transistores de efecto de campo.

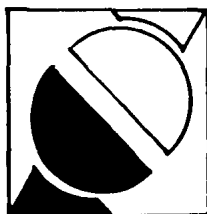
Las características más generales de los amplificadores mencionados anteriormente, pueden verse en la figura 5.2.3.a.

La temperatura efectiva de ruido de entrada es muy útil en la descripción de los amplificadores de bajo nivel de ruido. La figura de ruido NF , se define como la temperatura absoluta de ruido T_e a la absoluta del medio ambiente (290 K aproximadamente) en los siguientes términos:

$$NF_{dB} = 10 \log(1 + T_e/290C)$$

Las primeras estaciones terrenas utilizaban amplificadores paramétricos, los que suministran una baja temperatura de ruido pero a un costo alto. El desarrollo tecnológico de los transistores de efecto de campo de arseniuro de galio (GaAs FET), introducidos al mercado desde 1972, ha hecho posible la utilización en los LNA, pues su temperatura de ruido se ha reducido al rango que va de 75 a 120 K sin requerir sistema de enfriamiento y hasta 50 K en el caso de necesitarlo. Aunque no se han logrado temperaturas de ruido tan bajas como con los amplificadores paramé-

AMPLIFICADOR	TEMP. DE RUIDO (°K)	FIG. DE RUIDO. (dB)	ANCHO DE BANDA. (MHz)	GANANCIA (dB)	POTENCIA DE SALIDA EN SAT. (dBm)	GRADO DEL MANTENIMIENTO.
PARAMETRI CO. ENFRIADO.	10-20	0,15-0,3.	500.	30	-10 a -5	moderado.
PARAMETRI CO NO ENFRIADO.	55-100	0,75-1,3	500.	30	-10 a -5	fácil.
MASER.	900-2600	6-10	130	20	-30	completo.
DE DIODO TUNEL.	900-1800	6-8	600	10	-25	fácil.
T. W. T.	900-1800.	6-8	600	25	10	fácil
BIPOLAR	900-3400	6-11	600	10	5	fácil.
FET.	50 (mín)	0,7 (mín).	800	10	43	fácil.



Características generales de diversos amplificadores de bajo nivel de ruido.

F

5.230.

tricos, el uso de los GaAs-FET se ha extendido gracias al gran ahorro -- que representan en relación a aquellos.

Como ejemplo de la constitución de un amplificador de bajo nivel de ruido de GaAs-FET, utilizamos la configuración de los LNA que aparece en manuales de la compañía Scientific Atlanta y que reproducimos en la figura 5.2.3.b.

En el LNA, primeramente las señales entran a un adaptador de guía de onda a cable coaxial y a un aislador de baja pérdida. Estas señales aumentarán su amplitud al pasar por las seis etapas de amplificación mostradas en la figura, de las cuales las dos primeras están constituidas por transistores GaAs-FET y las cuatro últimas por transistores bipolares. Finalmente las señales serán entregadas al convertidor de bajada a través de un aislador que evita que puedan entrar al LNA señales reflejadas. Desde luego las etapas de amplificación deben polarizarse y esta función la desempeña la circuitería representada por el bloque que se -- alimenta con corriente directa.

Es muy importante que la ganancia del amplificador de bajo ruido se mantenga estable con las variaciones de temperatura dentro de ciertos -- límites, pues de no ser así podrían existir distorsiones por intermodulación en la recepción de las señales.

Una vez que las señales provenientes del satélite han sido amplificadas lo debido para poder ser procesadas y recuperadas, se pasan al convertidor de bajada. El nombre a esta etapa le viene del hecho de bajar la frecuencia portadora de las señales de información de RF a una frecuencia intermedia (FI), generalmente igual a la utilizada en los sistemas de microondas terrestres y que es de 70 MHz.

El convertidor de bajada consiste de un filtro de paso de banda de radiofrecuencia (RF), un oscilador local, un mezclador, un filtro de pa-

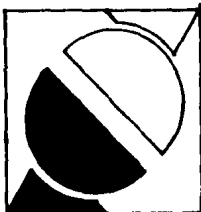
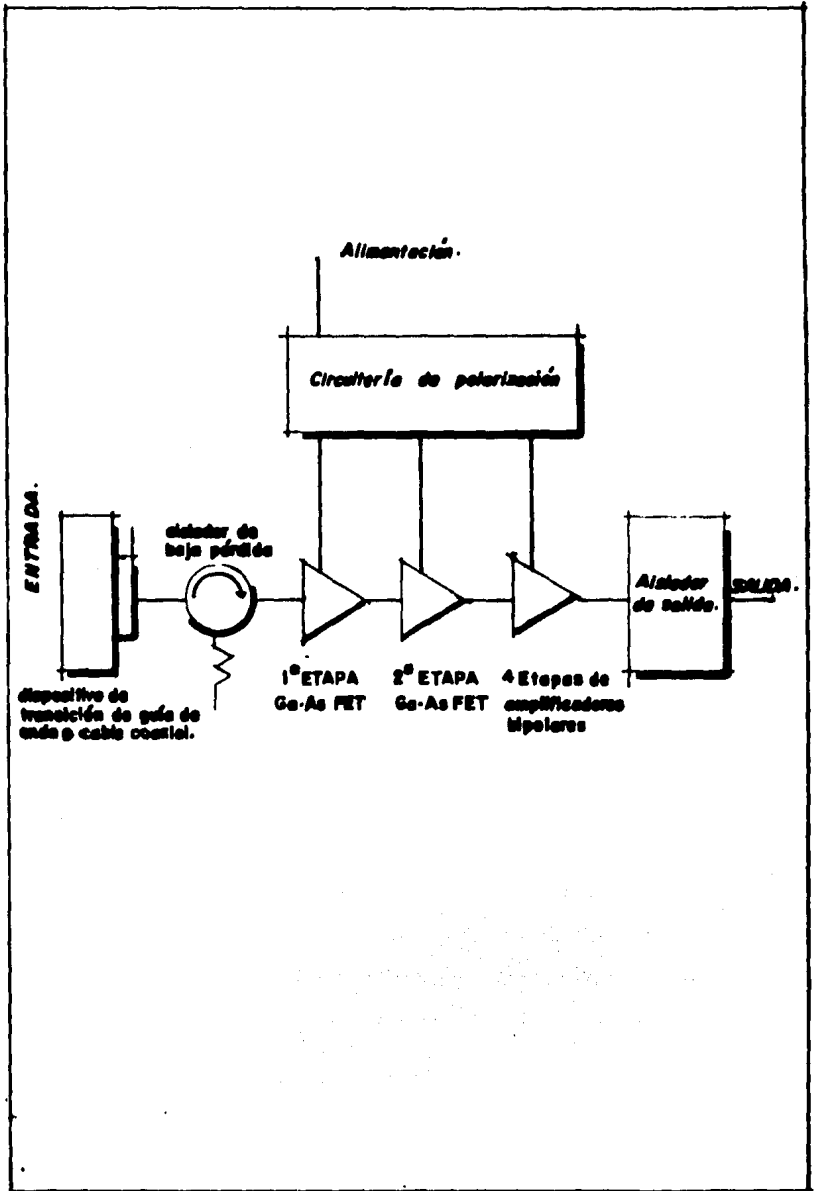


Diagrama a bloques de un LNA



so de banda de frecuencia intermedia, un amplificador con control automático de ganancia y circuitos asociados, como puede verse en la figura-5.2.3.c.

El oscilador local y el filtro de RF determinan la frecuencia de recepción; mientras que el mezclador realiza el cambio de la portadora de las señales y el filtro de FI deja pasar una de las dos bandas resultantes de la heterodinación anterior.

El amplificador con su control automático de ganancia, uniformiza el nivel de potencia de las señales.

El objeto de la etapa de ecualización no es más que la de minimizar la distorsión por el retardo que sufren las diferentes componentes de las señales en la propagación del satélite a la Tierra.

Finalmente en el bloque demodulador se recuperan las señales de información como originalmente fueron multiplexadas.

5.2.4. SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN

El subsistema de transmisión hace posible una parte del procesamiento de las señales que se le entregan ya multicanalizadas con objeto de ser alimentadas a la antena en la forma adecuada y para ser enviadas al satélite.

Este subsistema se compone esencialmente en su forma más general de etapas moduladora, ecualizadora, de conversión ascendente, preamplificadora, de amplificación de alta potencia (HPA) y combinadora.

El modulador hará posible que una señal de FI porte la información suministrada y multicanalizada por el subsistema terminal, mientras que la etapa ecualizadora de una manera premeditada deformará esas señales para compensar la distorsión que por retardo sus diferentes componentes-

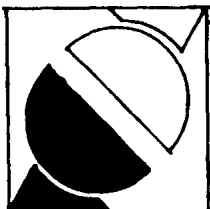
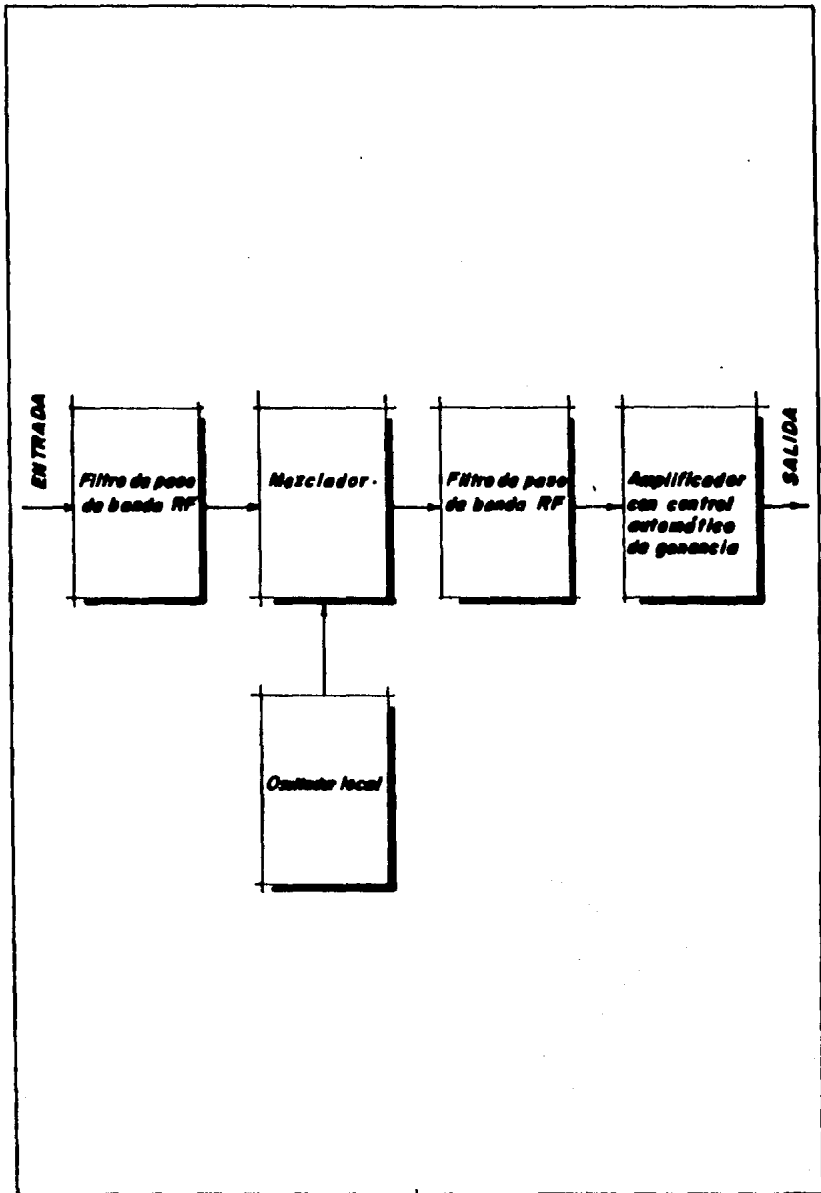


Diagrama a bloques de un convertidor de bajada.

sufrirán en el viaje al satélite.

El convertidor de subida hará que la información cambie de una portadora de FI de 70 MHz a una de RF. Esta etapa se integra esencialmente por un filtro de paso de banda de FI, un mezclador, un oscilador local y un filtro de paso de banda de RF, como se puede ver en la figura 5.2.4.a.

El filtro de paso de banda de FI determina la señal o conjunto de señales con que trabajará esa parte transmisora y el oscilador local determinará la frecuencia portadora con que la señal transmitida suba al satélite; mientras que el filtro de RF eliminará una de las bandas resultantes de la heterodinación anterior.

Las señales no se pueden llevar a un nivel de potencia alta en un solo paso, por ello se utiliza un preamplificador siempre antes del HPA, que le entrega a este último las señales a un nivel adecuado para aprovechar su energía eficientemente.

El HPA tiene por objeto darle a las señales a transmitir, una alta potencia con baja distorsión y ruido, de modo que venzan las pérdidas de propagación hasta el satélite. Estas pérdidas son típicamente de 200 dB a la frecuencia de 6 GHz y con las distancias por recorrer que involucran satélites geoestacionarios.

Generalmente en la transmisión se manejan varias portadoras, digamos para telefonía y televisión, por ejemplo, y es necesario transmitir a todas simultáneamente. Se requiere pues de una combinación antes de pasarlas a la antena y hay dos modos de hacerlo.

Pueden realizarse primero una combinación y luego la amplificación-combinación o bien, una amplificación primero para cada portadora por separado y luego la combinación, véase figura 5.2.4.b. Cada una de estas formas, tiene sus ventajas y desventajas. En nuestro trabajo estas ventajas y -

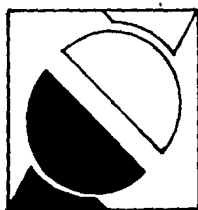
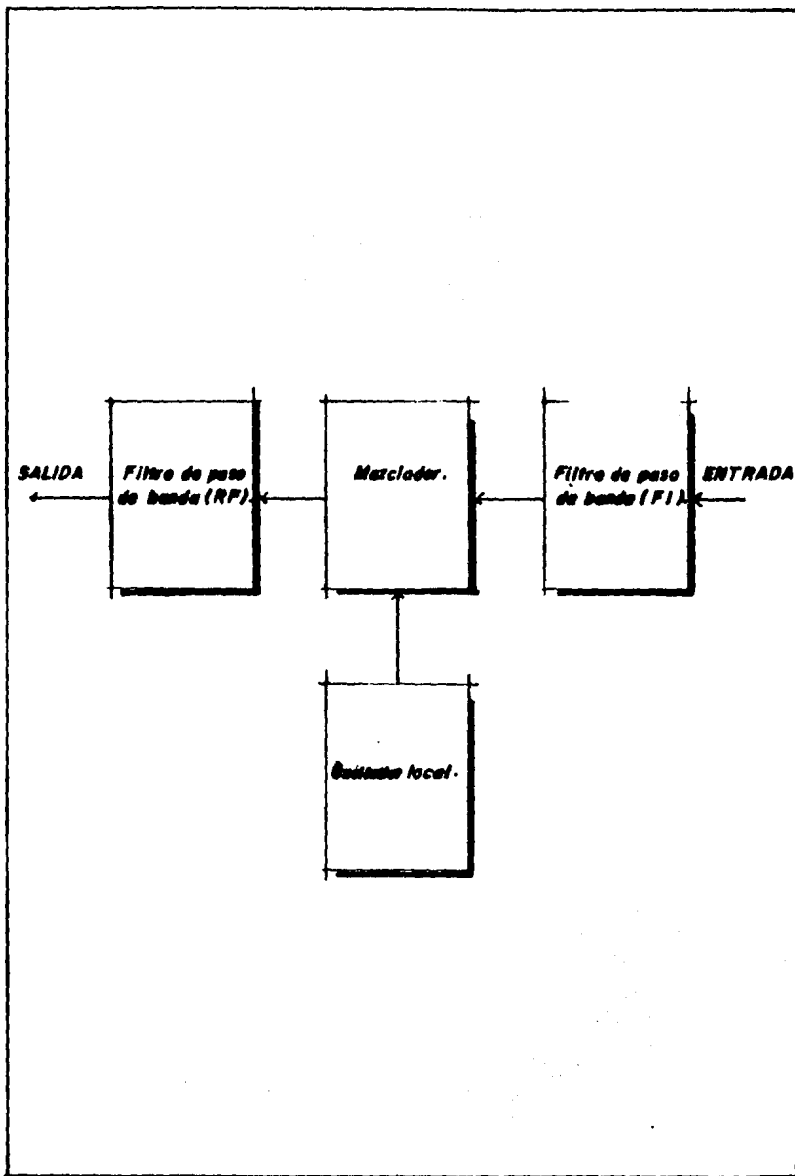
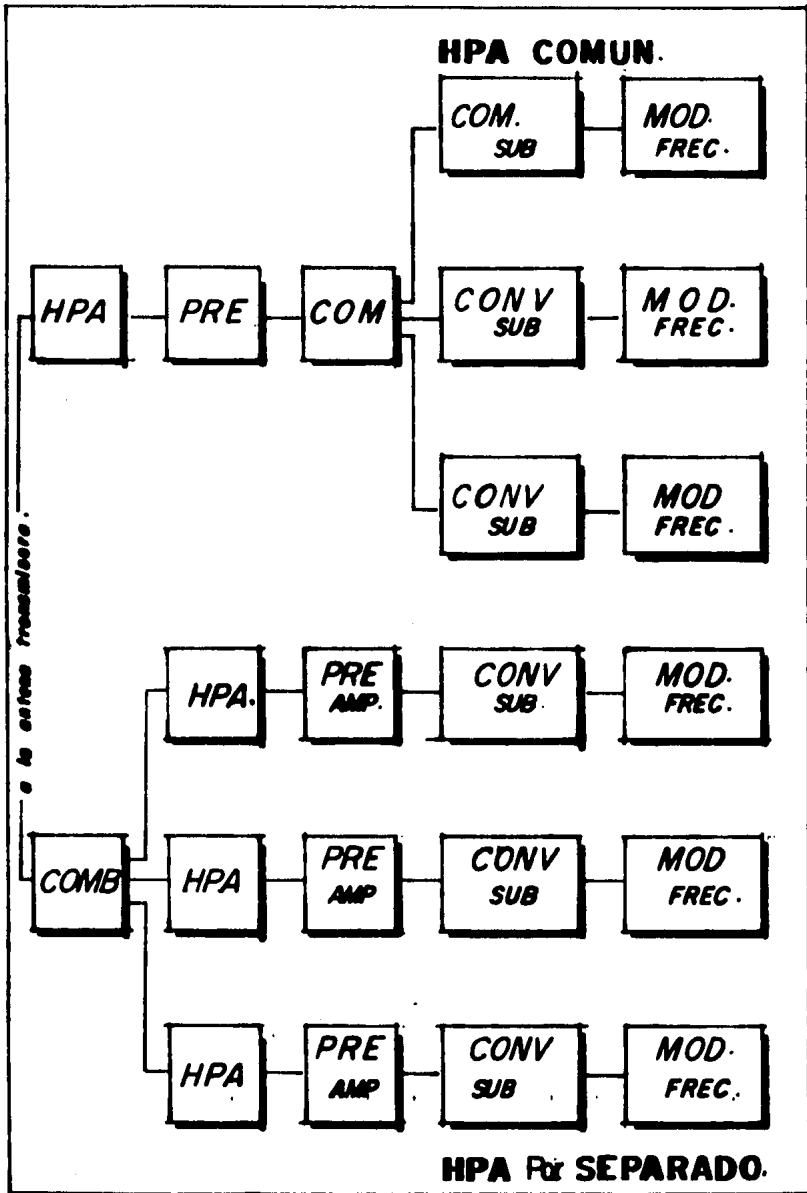
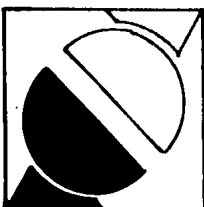


Diagrama a bloques de un convertidor de subida.

F
524.o



o la cadena transmissora.



Ejemplos de subsistemas transmisores.

F

5-24-b

desventajas las plasmamos en la figura 5.2.4.c.

Finalmente mencionaremos que en las estaciones terrenas se pueden operar con klystron de cavidad múltiple y TWT como amplificadores de alta potencia. En el caso de manejar dos o más portadoras en banda estrecha, el primero es casi equivalente al segundo para transmisión, pero en ganancia, costo de operación y confiabilidad el klystron es mejor. Por el contrario, en el caso de que las señales de FM sean de banda ancha -- y/o con operación de varias portadoras, lo más apropiado es trabajar con TWT. La figura 5.2.4.d, muestra algunas características de ambos dispositivos comparativamente.

Volvamos a tomar como ejemplo la primera estación terrena de Tulancingo en Hidalgo. Originalmente un amplificador de alta potencia (TWT) se designaba para todas las señales de telefonía que se manejasen, otro amplificador de alta potencia (klystron) exclusivamente para señal de televisión y se tenía un tercero (TWT) de reserva, que se podía conmutar con cualquiera de los dos anteriores en caso de falla. Esto ilustrará un poco más el presente inciso.

5.2.5. SUBSISTEMA TERMINAL

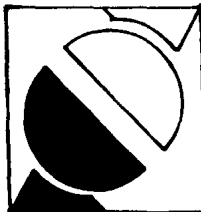
El subsistema terminal interconecta, tanto a la parte receptora como a la transmisora de una estación terrena con el enlace que tenga ésta por Tierra.

En la figura 5.2.a, se encuentra muy simplificada la constitución de este subsistema, pero aquí se describirá un poco más a fondo.

A la estación terrena llegarán señales de telefonía y datos de diversos lugares, además de señales de televisión.

En el caso de transmitirse todas ellas, se requerirá de un procesamiento previo de multicanalización. Las señales de telefonía, por ejem-

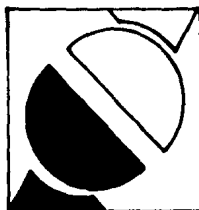
MODO DE TRANSMISION.	VENTAJAS.	DESVENTAJAS.
CON HPA COMUN.	<ul style="list-style-type: none"> 1) <i>Simplicidad.</i> 2) <i>Flexibilidad en asig. de frec. por re portadora.</i> 3) <i>Redundancia. 1x1.</i> 4) <i>Costo bajo.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> 1) <i>Necesidad de salida con gran energía.</i> 2) <i>Consumo grande de energía.</i> 3) <i>Funcionamiento más complicado.</i> 4) <i>Prob. de intermodulación.</i> 5) <i>Ineficiencia en est. pequeñas.</i>
CON HPA's POR SEPARADO.	<ul style="list-style-type: none"> 1) <i>Potencia baja</i> 2) <i>Flex. en tamaño de la estación</i> 3) <i>Eficiencia de operación con portadora sencilla.</i> 4) <i>Menor intermodulación</i> 5) <i>Sist. de enfriamiento más sencillo</i> 6) <i>Menor inversión para reserva.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> 1) <i>Restricciones sobre asignación de frecuencia con transp. de banda ancha.</i> 2) <i>Circuito complejo de multiplexación y conmutación.</i> 3) <i>Costo dependiente del número de transmisores.</i>



Ventajas y desventajas de los modos de transmisión.

F
5-2.4.c.

CARACTERISTICA	T W T	KLYSTRON
ANCHO DE BANDA	500 MHz o más	35 MHz - 50 MHz.
GANANCIA A RESPUESTA EN FRECUENCIA.	4 dB~6dB / 500 MHz	1dB - 2dB / 35-50 MHz.
GANANCIA.	36~38 dB.	38 - 45 dB.
EFICIENCIA.	15~20 %	30-40 % .
CONSUMO DE ENERGIA.	Mucho.	50 % del TWT.
CIRCUITO DE ALIMENTACION.	Complejo.	Sencillo.
ENFRIAMIENTO.	Agua y/o aire.	Agua y/o aire .
CIRCUITO DE PROTECCION	Complejo.	Sencillo.
CONFIABILIDAD.	Ligeramente inferior	Alta.
MANTENIMIENTO.	" " más complicado.	Fácil.
FACTOR DE ESPACIO.	Espacio amplio.	Espacio reducido.
VIDA UTIL.	de 8000 a 10 000 horas.	de 10000 a 15 000 h.
PRECIO	COSTOSO	1/3 del TWT.
ADAPTABILIDAD DE USO.	Amplificador de portadora múltiple.	Amplificador de una o dos portadoras.



Características comparativas de
TWT y Klystron.

F
524d.

plo, podrían transmitirse en un modo FDM por grupos, super grupos o grupos maestros.

Así que se tienen equipos de multicanalización como primera etapa - en este subsistema. Se requiere también de una red de preénfasis que su-
ministre una relación señal a ruido a cada señal, de modo que se compen-
sen la adhesión de ruido triangular, el cual es más significativo a altas
que a bajas frecuencias y que es característico del demodulador en la es-
tación terrena receptora.

Se necesita, además, una etapa de dispersión donde se distribuya la
energía de cada portadora en forma diferente para reducir la interferen-
cia de nuestra estación con otros sistemas satelitales y terrestres, y -
para minimizar el ruido de intermodulación cuando se manejan varias por-
tadoras en un mismo transpondedor del satélite y en los amplificadores -
de alta potencia de transmisión.

Las señales una vez procesadas serán entregadas por el subsistema -
terminal al subsistema transmisor.

En lo tocante a la parte receptora, llegarán a la estación terrena-
y al subsistema en cuestión, múltiples señales vía satélite de diversos-
lugares. Aquí se hará necesaria una red de deénfasis, primeramente, ya-
que como mencionamos anteriormente, las señales al ser demoduladas sufren
adhesión de ruido triangular. Inmediatamente se necesitará el equipo --
terminal que separe las señales hasta su forma individual multicanaliza-
da en frecuencia, para escoger las que nuestra estación terrena va a - -
transmitir por tierra. Así por ejemplo, en un super grupo, pueden venir
arreglados canales telefónicos cuyo destino no sea el de nuestro país --
con otros que sí lo tengan. Se hace necesario separar estos canales y -
con ellos formar, quizá, un grupo para transmitirse a la red telefónica-
nacional. El sistema telefónico de multicanalización es altamente con-
fiable, por lo que no requiere de redundancia (ver inciso 5.2.7).

En el caso de la recepción de televisión se puede tener la necesidad de equipos de conversión de normas dependiendo del lugar de origen y del destino de la señal.

Finalmente ilustraremos este inciso, tomando como ejemplo nuevamente, el caso de la estación de Tulancingo, Hgo. En ésta, el enlace de la parte terrestre, tanto para transmisión como para recepción, se hace a través de microondas con la Torre Central de Telecomunicaciones en el D. F.

5.2.6. SUBSISTEMA DE CONTROL DE COMUNICACIONES

Este sistema, da la posibilidad de monitorear todos los equipos de una estación terrena para supervisar su funcionamiento y tomar las acciones correctivas necesarias en caso de falla, como por ejemplo, la conmutación de un equipo de reserva por uno dañado.

A continuación se enlistan algunos de los monitoreos que se pueden dar en una estación terrena.

Podemos tener monitoreo para:

- selección de ruta de transmisión
- control de HPA para telefonía
- control de HPA para televisión
- control de HPA de reserva
- excitadores de amplificadores
- estado de fusibles
- selección de ruta de recepción
- amplificadores de bajo nivel de ruido
- tubos de ondas progresivas de bajo nivel de ruido
- control de convertidores de bajada
- control de demoduladores de video
- control de demoduladores de audio
- intercomunicación

- selección de grabadora
- suministro de potencia eléctrica
- detección de portadora de video
- detección de portadora de audio
- bifurcación
- potencia eléctrica
- estado de recepción
- estado de transmisión
- calidad de imagen de transmisión
- calidad de imagen de recepción
- calidad de sonido
- medición de tiempo universal
- estado de alarma del enlace terrestre
- estado de alarma del sistema de multicanalización
- ángulos de antena
- planta eléctrica
- amplificador de video
- estabilización
- relevadores
- retardo de señal

Un control adicional a los anteriores, pudiera ser necesario - - cuando se trabaja en la banda Ku ya que, como sabemos, la atenuación por lluvia a esas frecuencias es muy fuerte y para aliviar el problema, se - podría instalar de 10 a 30 kilómetros de distancia de la estación terrena, una auxiliar para conmutarse en caso de presentarse este fenómeno y - bajo la suposición de que no lloviera en el lugar donde se encuentre la - estación auxiliar; aunque hay que mencionar que siempre ésto no resulta - eficaz.

5.2.7. REDUNDANCIA

Es pertinente hacer notar, que previendo una posible falla, se tiene muchas veces en las estaciones terrenas equipos o bloques completos de -

equipos en reserva, listos para conmutarse en forma rápida por el equipo dañado sin interrumpir significativamente sus operaciones de telecomunicación. A este tipo de estaciones que poseen reservas, se les designa como estaciones con redundancia. Puede existir redundancia en cualquier etapa, pero donde importa más es en los subsistemas transmisor y receptor. La ilustración de todo ésto la hemos hecho en la figura 5.2.7.a, con parte de un subsistema transmisor con redundancia como ejemplo.

5.3. ORIENTACION DE LAS ANTENAS

Un aspecto sumamente importante para que pueda llevarse a efecto la recepción de señales de un satélite determinado y, por supuesto, una transmisión a éste si ese fuera el caso, es el orientar la antena direccional de nuestra estación terrena de modo que quede en línea de vista con el satélite seleccionado.

Los únicos datos con los que dispondremos serán la latitud, altitud y longitud geográficas del punto donde se encuentra situada nuestra estación terrena y la longitud geográfica correspondiente al satélite geostacionario en el plano ecuatorial. Partiendo de estos parámetros y la distancia que hay del centro de la Tierra al satélite, que es una constante, vamos a obtener expresiones generales con las que podamos orientar la antena de nuestra estación terrena hacia cualquier satélite que esté en línea de vista substituyendo los datos de que disponemos.

Físicamente la orientación de las antenas se hará en dos pasos. Uno es girarla determinado ángulo teniendo como referencia el Norte geográfico de la Tierra. Con este giro nos encontraríamos en la dirección hacia donde se encuentra el satélite de interés. El siguiente paso sería elevar la antena otro determinado ángulo sobre nuestro horizonte para estar en línea de vista con el satélite.

Al primer ángulo que hacemos referencia se le conoce como ángulo de azimut o azimutal y, al segundo, como ángulo de elevación. Nuestro estu

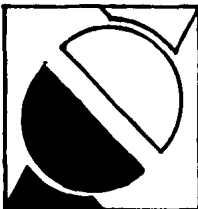
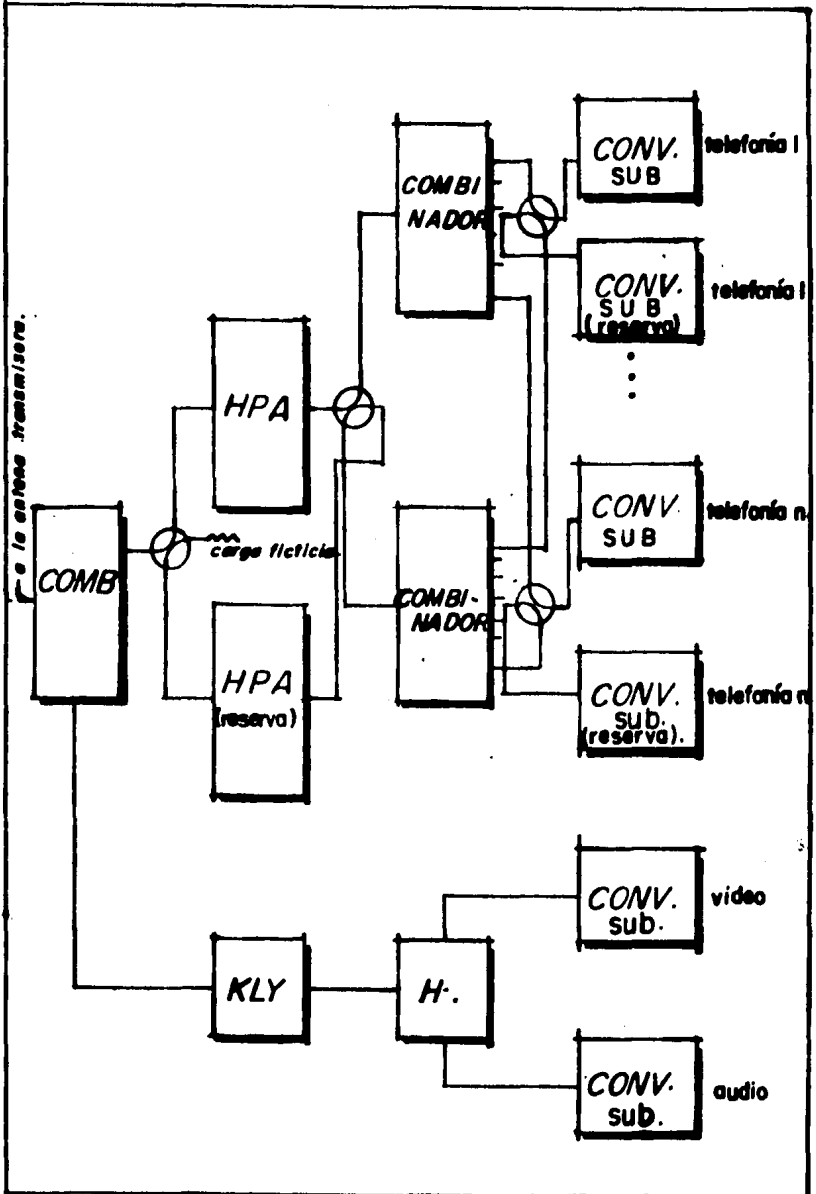


Diagrama a bloques de una parte de un subsistema de transmisión con redundancia.

dio comenzará por describir la geometría y desarrollar las expresiones -- que nos lleven a obtener este último.

5.3.1. ANGULO DE ELEVACION

Para el cálculo de este ángulo nos basaremos en la geometría plan-- teada en la figura 5.3.1.a.

El punto O, corresponde al centro de la Tierra, considerada ésta -- como una esfera de radio r.

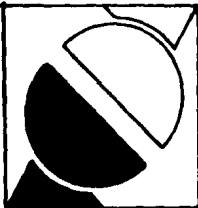
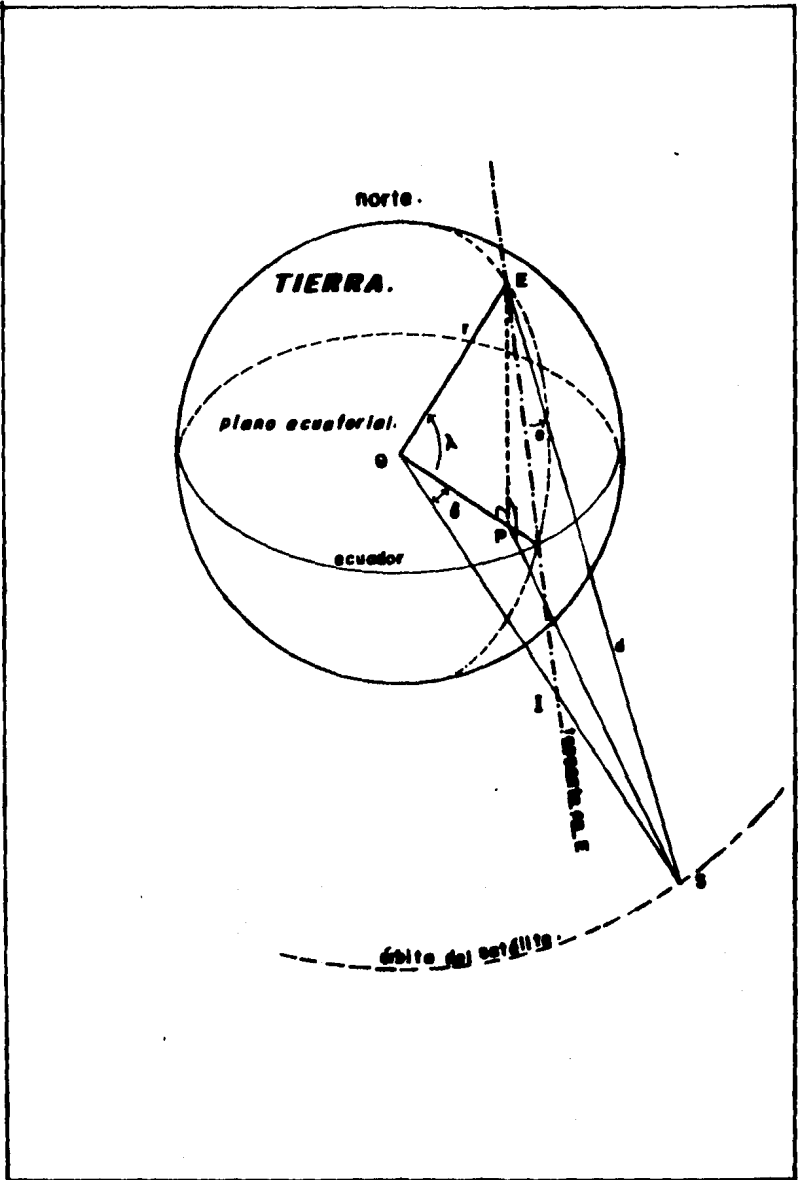
El punto E, corresponda al lugar donde se encuentra situada una es-- tación terrena, mientras que el punto S, representa el lugar donde se -- encuentra situado un satélite en órbita geoestacionaria.

El punto P, corresponde a la proyección ortogonal del punto E sobre el plano ecuatorial y que pertenece a la recta que une al centro terres-- tre con el meridiano correspondiente a la estación terrena.

Por geometría es fácil deducir que el triángulo OPE, así como el -- PSE, son triángulos rectángulos y perpendiculares al plano ecuatorial; -- mientras que el triángulo OSE está en un plano inclinado.

La tangente que pasa por E, representa a nuestro horizonte en la -- Tierra, sobre el cual se elevará nuestra antena un ángulo θ para estar -- en línea de vista con el satélite. Esta recta tangente se encuentra con-- tenida en el plano inclinado OSE y corta a la recta OS en un punto I.

El segmento OS va del centro de la Tierra al punto de ubicación del satélite y su magnitud siempre es constante e igual a la suma del radio-- medio terrestre (6,378 Km) más la altura de la órbita geoestacionaria -- (36,000 Km). Así pues consideraremos a esta magnitud como $R + H$ igual a 42,378 Km.



Geometría para el cálculo de elevación de la antena de una estación terrena.

F

531 a.

El segmento r , será el radio medio terrestre más la altura de la estación terrena sobre el nivel del mar. Nótese que entonces la esfera de la figura no es exactamente la terrestre, pero eso en nada influye para los cálculos ya que $R+H$ puede seguir considerándose con el mismo valor.

Los ángulos λ , δ y ϵ , son respectivamente la latitud geográfica de nuestra estación terrena, la diferencia de longitudes entre las posiciones del satélite y la estación y el ángulo de elevación que tendrá nuestra antena sobre el horizonte.

La magnitud d , será la distancia que hay entre la estación y el satélite. Nótese, además, que el triángulo DPS es una extensión del plano ecuatorial.

El triángulo de nuestro interés será el DSE , pero antes es necesario estudiar los otros que se ven en la figura y comenzaremos por el DPE .

Como se trata de un triángulo rectángulo, se puede decir que:

$$DP = r \cos \lambda$$

$$PE = r \sin \lambda$$

Aplicando la ley de los cosenos al triángulo DSP , tenemos:

$$(PS)^2 = (DP)^2 + (DS)^2 - 2(DP)(DS) \cos \delta$$

Por otro lado, analizando el triángulo PSE :

$$(SE)^2 = (PS)^2 + (PE)^2$$

Substituyendo valores y recordando que $OS = R + H$:

$$(SE)^2 = d^2$$

$$d^2 = (r \cos \lambda)^2 + (R + H)^2 - 2(r \cos \lambda)(R + H) \cos \delta + (r \sin \lambda)^2$$

$$d^2 = r^2 + (R + H)^2 - 2 r (R + H) \cos \lambda \cos \delta$$

Así pues, la distancia al satélite desde la estación terrena es:

$$d = \left[r^2 + (R + H)^2 - 2 r (R + H) \cos \lambda \cos \delta \right]^{1/2}$$

Esta expresión nos será de suma utilidad para calcular el ángulo de elevación. Para ello nos referiremos a la figura 5.3.1.b, donde se encuentra mostrado el triángulo OSE de una manera más clara.

Aplicando la ley de los cosenos, se tiene que:

$$(OS)^2 = (OE)^2 + (SE)^2 - 2 (OE)(SE) \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{(OE)^2 + (SE)^2 - (OS)^2}{2(OE)(SE)}$$

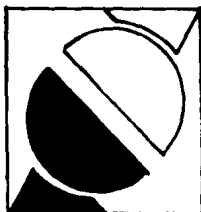
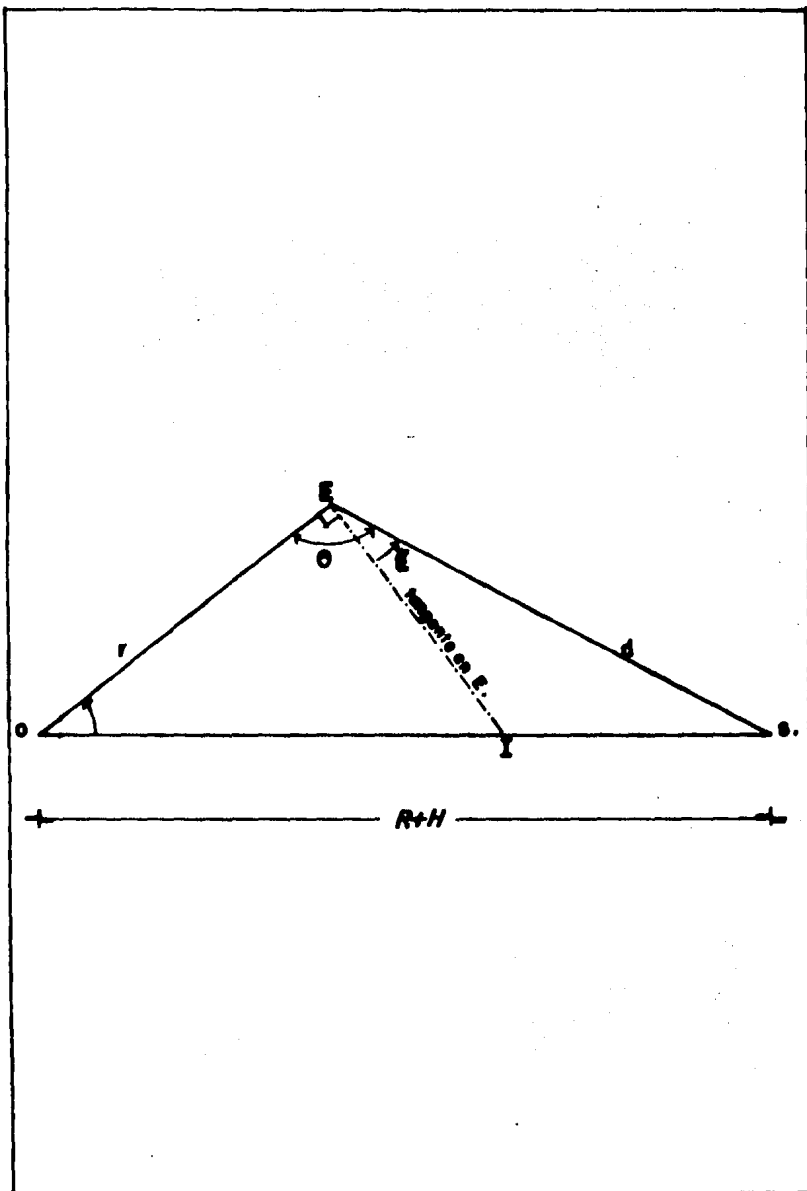
De la figura 5.3.1.b, se ve claro que $\theta = 90^\circ + \epsilon$, de donde:

$$\cos \theta = \cos (90^\circ + \epsilon)$$

$$\cos \theta = - \operatorname{sen} \epsilon$$

Así pues,

$$\operatorname{sen} \epsilon = \frac{(OS)^2 - (OE)^2 - (SE)^2}{2(OE)(SE)}$$



Triángulo OSE que contiene al ángulo de elevación.

F

531-b.

Substituyendo valores:

$$\text{sen } \xi = \frac{(R + H)^2 - r^2 - d^2}{2rd}$$

Si sustituimos el valor de "d" sólo en el numerador de la expresión anterior:

$$\text{sen } \xi = \frac{(R + H) \cos \lambda \cos \delta - r}{d}$$

De modo que el ángulo de elevación será:

$$\xi = \text{sen}^{-1} \frac{(R + H) \cos \lambda \cos \delta - r}{d}$$

5.3.2. ANGULO DE AZIMUT

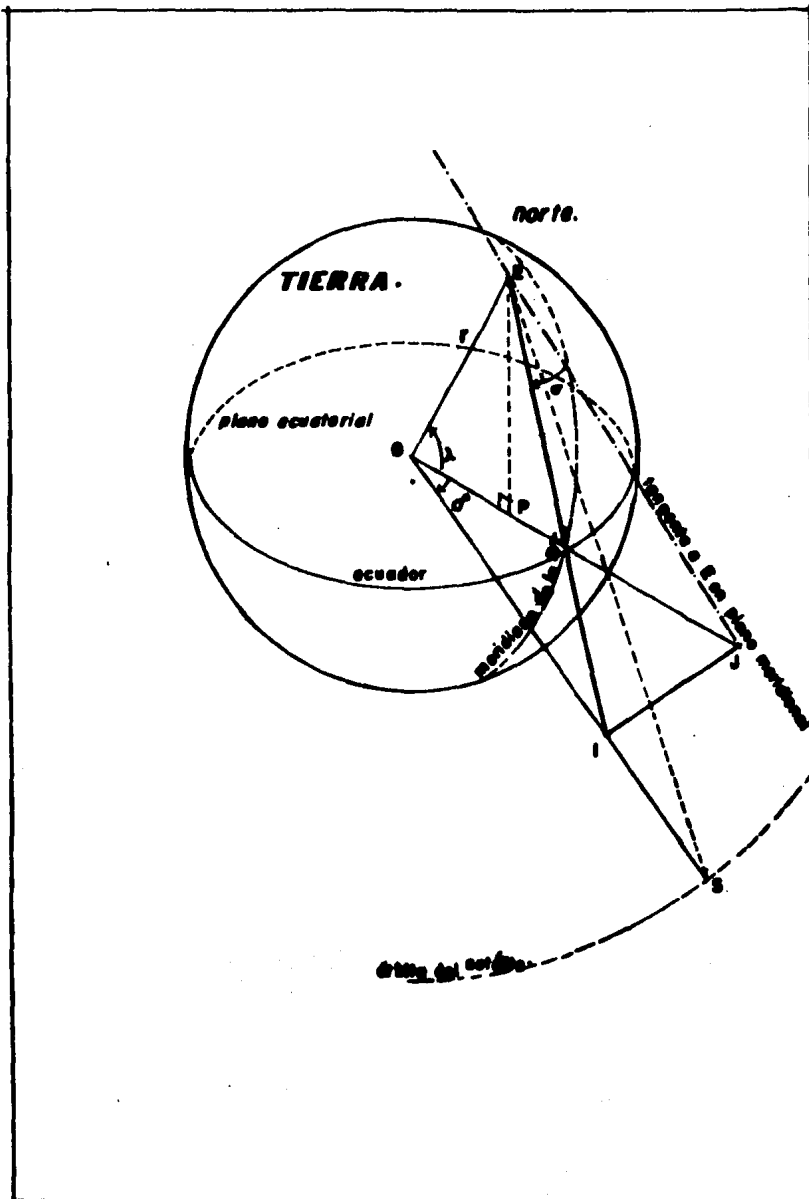
Para el cálculo de este ángulo nos ayudaremos de algunos de los triángulos ya vistos y otros nuevos que pueden verse en la figura 5.3.2.a.

Imaginemos que nuestra antena en el punto E, está orientada, sin elevación, exactamente dentro del plano meridional correspondiente a nuestra estación terrena. Podemos formar un triángulo rectángulo uniendo los puntos O y E con un nuevo punto que llamaremos J y que se forma de la intercepción de la prolongación de OP con una tangente a E en el plano meridional de nuestra estación. La tangente representará nuestro horizonte en esa orientación. El triángulo formado puede verse en la figura 5.3.2.a.

De ese triángulo podemos deducir que:

$$EJ = r \text{ tg } \lambda$$

$$OJ = \frac{r}{\cos \lambda}$$



Geometría para el cálculo del ángulo horizontal de la antena de una estación terrena.

F

532a.

Si ahora volvemos a la figura 5.3.1.b, y aplicamos la ley de los cosenos, tendremos lo siguiente:

$$d^2 = r^2 + (R + H)^2 - 2 r (R + H) \cos \mu$$

$$\cos \mu = \frac{r^2 + (R+H)^2 - d^2}{2r(R+H)}$$

Substituyendo el valor de d^2 , obtendremos que:

$$\cos \mu = \cos \lambda \cos \delta$$

Ya tenemos una forma de conocer el ángulo μ , y podemos continuar -- con nuestros cálculos en el triángulo de la figura 5.3.1.b, de donde se puede determinar que:

$$EI = r \operatorname{tg} \mu \quad OI = \frac{r}{\cos \mu}$$

El triángulo que nos interesa finalmente es el que tiene por vértices los puntos E, I y J; pero antes de poderlo analizar tendremos que determinar la magnitud del segmento IJ por el triángulo OIJ que puede verse en la figura 5.3.2.a.

Aplicando la ley de los cosenos, tendremos:

$$(IJ)^2 = (OI)^2 + (OJ)^2 - 2 (OI)(OJ) \cos \delta$$

Substituyendo valores:

$$(IJ)^2 = \left[\frac{r}{\cos \mu} \right]^2 - \left[\frac{r}{\cos \lambda} \right]^2$$

Pasando al triángulo de nuestro interés y aplicando la ley de los cosenos:

$$(IJ)^2 = (EI)^2 + (EJ)^2 - 2 (EI)(EJ) \cos \sigma$$

$$\cos \sigma = \frac{(EI)^2 + (EJ)^2 - (IJ)^2}{2(EI)(EJ)}$$

Substituyendo valores:

$$\cos \sigma = \frac{(r \operatorname{tg} u)^2 + (r \operatorname{tg} \lambda)^2 - \frac{r^2}{\cos^2 u} + \frac{r^2}{\cos^2 \lambda}}{2 (r \operatorname{tg} u) (r \operatorname{tg} \lambda)}$$

Recordando que $\operatorname{tg} \mu = \frac{\operatorname{sen} \mu}{\cos \mu}$ y que $\operatorname{tg} \lambda = \frac{\operatorname{sen} \lambda}{\cos \lambda}$, desarrollando algebraicamente y aplicando algunas propiedades trigonométricas, obtendremos que:

$$\cos \sigma = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg} \mu}$$

Puesto que nuestra referencia en Tierra es el Norte geográfico, según la figura 5.3.2.a, obtendremos nuestro ángulo azimutal α , sumando -- 180° al ángulo σ .

$$\alpha = 180^\circ + \sigma$$

$$\sigma = 180^\circ - \alpha$$

$$\cos \sigma = -\cos \alpha$$

$$\alpha = \cos^{-1} - \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg} \mu}$$

5.3.3. CONSIDERACIONES PRACTICAS

Un resumen de lo expuesto para orientación de las antenas, bien puede constituirse por las fórmulas finales de interés que hemos obtenido. Estas son las siguientes:

La distancia "d" en kilómetros de la estación terrena (E/T) al saté

lite, se obtiene como:

$$d = \left[r^2 + (R+H)^2 - 2r(R+H) \cos \lambda \cos b \right]^{1/2}$$

donde $r = 6,378 \text{ Km} + \text{la altura sobre el nivel del mar de la E/T en Km.}$

$$R+H = 42,378 \text{ Km}$$

$\lambda = \text{latitud de la E/T}$

$b = \text{longitud del satélite} - \text{longitud de la E/T (longitudes geográficas)}$

El ángulo de elevación " θ " se determina como:

$$\theta = \text{sen}^{-1} \frac{(R+H) \cos \lambda \cos b - r}{d}$$

El ángulo azimutal " α ", recomendamos que se calcule sumando algebraicamente " σ " a 180° en vez de obtenerlo directamente de una expresión ya deducida, la cual es correcta; pero en la realidad las calculadoras pueden darnos ángulos azimutales equivocados, ya que para iguales valores de coseno pueden existir diferentes ángulos. Por ejemplo, - - - - -
 $-0.390731 = \cos 247^\circ = \cos 113^\circ$.

Hecha esta aclaración, podemos decir que:

$$\alpha = 180^\circ + \sigma$$

Antes de explicar esta expresión, debemos de obtener " σ " y para ello nos auxiliaremos de las siguientes:

$$\mu = \cos^{-1} (\cos \lambda \cos b)$$

$$\sigma = \cos^{-1} \frac{\text{tg } \lambda}{\text{tg } \mu}$$

Para finalizar lo relativo al ángulo azimutal, haremos una explicación de suma importancia que debe tenerse en cuenta y que se relaciona con la declinación magnética de nuestro planeta.

Cuando orientamos nuestra antena en azimut, generalmente dispondremos de una brújula que nos auxilie, la cual se alinea en una dirección Norte-Sur. Sin embargo en la Tierra existe un Norte geográfico, que es el que hemos considerado como referencia, y un Norte magnético, al cual apunta la brújula y que no coincide con el primero. Al ángulo de deriva entre estos polos, se le conoce como declinación magnética y habrá que sumarlo o restarlo como parte de nuestro ángulo azimutal si nos auxiliamos de una brújula para orientar nuestra antena.

El nombre de declinación le viene a este ángulo del desvío que sufre la aguja de una brújula y que es un fenómeno sumamente conocido en la navegación para determinar la situación de los barcos. Así como podemos trazar meridianos geográficos coincidentes con los polos, también podremos trazar meridianos magnéticos coincidentes en los polos magnéticos. De este modo, la declinación viene a ser el ángulo formado por el meridiano magnético y el meridiano geográfico en un punto de la superficie terrestre.

La declinación magnética no es una constante y varía según el lugar. En el Hemisferio Norte, en el Continente Americano, la declinación es hacia el NE, de modo que en nuestro ángulo azimutal deberemos restarla. -- Pero en lugares en donde la declinación fuese hacia el NO, habría que sumarla.

La declinación magnética presenta variaciones con el tiempo en un mismo lugar; pero eso no importa, ya que no nos interesa conocer la ubicación del polo magnético; sino su posición relativa con el polo geográfico. De este modo podremos auxiliarnos de alguna brújula común y alguna carta especial; o bien, de otro tipo de brújula que nos marca directamente la declinación magnética. Una vez localizada la dirección del - -

Norte geográfico en un punto, podemos dejarla señalada para posteriormente ya no tener que emplear el mismo procedimiento; sino sólo girar la -- antena de nuestra estación terrena en el punto en cuestión para poder localizar algún otro satélite tomando como referencia la dirección ya señalada y ayudándonos de las expresiones aquí presentadas.

Capítulo 6

RECEPCION DE TELEVISION VIA SATELITE

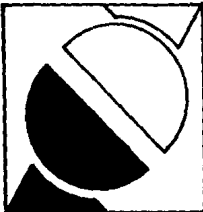
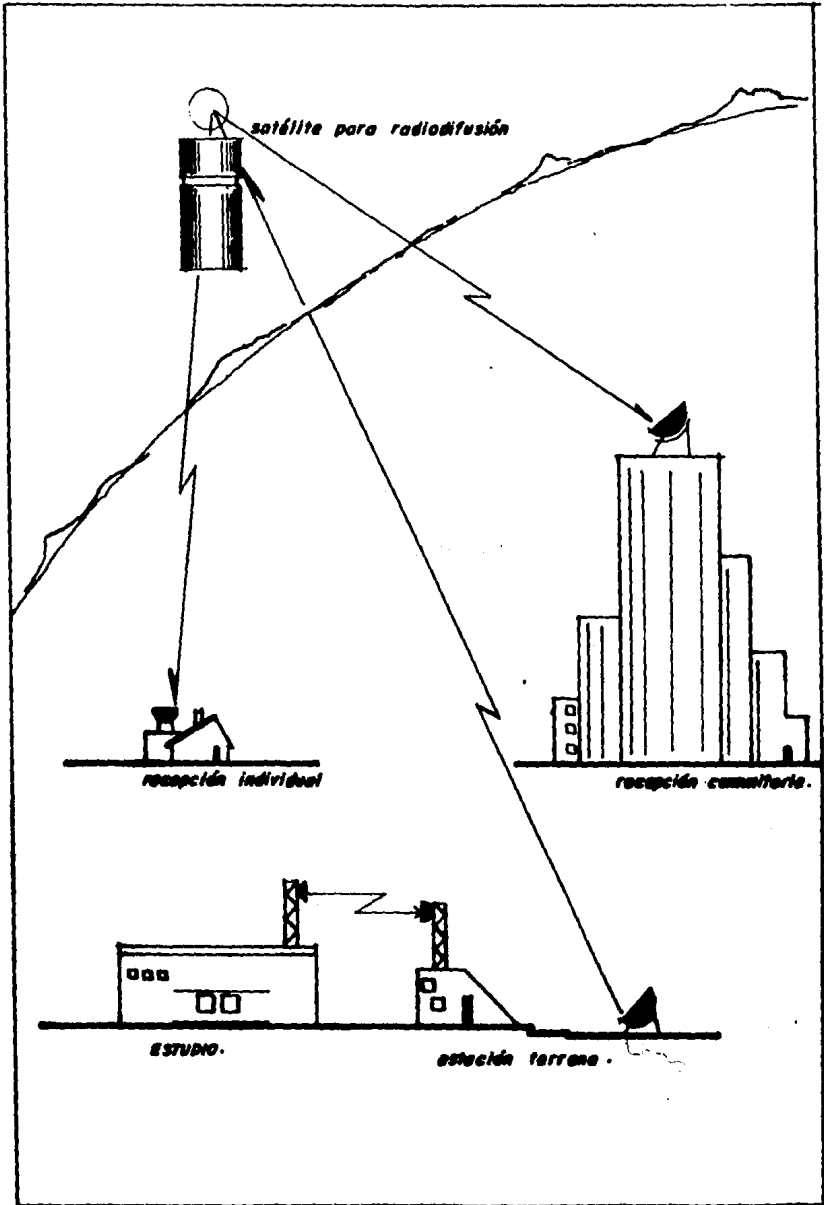
6.1. RADIODIFUSION DIRECTA VIA SATELITE

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, define a la radiodifusión como un "servicio de radiocomunicación cuyas emisiones están destinadas a la recepción directa por el público en general" (1) y se nos aclara que el término abarca emisiones de clase sonora, televisiva o de otro tipo.

El servicio de radiodifusión por satélite (2), también conocido por las siglas del inglés BSS, debe entenderse según su definición como una radiodifusión a través de satélites cuya recepción puede tener un carácter individual o comunitario. La figura 6.1.a, ilustra al respecto.

(1) Unión Internacional de Telecomunicaciones. Reglamento de Radiocomunicaciones. Término 3.17. Ginebra, Suiza. 1982.

(2) Ibid. Término 3.18.



Radio difusión por satélite.

F
6.l.a.

Para este tipo de servicio, pueden existir satélites totalmente diseñados para radiodifusión, conocidos como DBS. (1).

De hecho un servicio de radiodifusión por satélite también se logra con los satélites tradicionales de comunicaciones, descritos en el capítulo 3, pero tocado este punto hablaremos del desarrollo del servicio y de algunas diferencias de los satélites diseñados para este fin en relación con los ya estudiados.

Las primeras demostraciones de BSS se lograron con éxito en los años 1974 y 1975 en transmisiones de televisión a color a través del satélite experimental ATS - 6 de la NASA. Los fines que se persiguieron en Estados Unidos fueron de experimentación con radiodifusión educativa (desde nivel primario hasta superior); de atención médica a distancia; conferencias pluripartitas profesionales y administrativas y obtención inmediata de material bibliográfico. Una segunda serie de este tipo de experimentos se realizó en 1976.

El satélite ATS - 6 se facilitó a la India de Julio de 1975 a Agosto de 1976 y éste fue utilizado en ese período para radiodifusión sobreplanificación familiar; alfabetización; nociones de higiene y técnicas agrícolas con muy buenos resultados, a tal punto que este país se interesó en tener su propio sistema doméstico.

Con el correr del tiempo, el servicio de radiodifusión por satélite se ha podido comercializar gracias a los avances tecnológicos relacionados con tubos de ondas progresivas más potentes; mejores arreglos solares y antenas sumamente directivas; así como por la experiencia acumulada en la transmisión de altas frecuencias y el desarrollo de receptores-

(1) Generalmente se maneja DBS como sinónimo de BSS, pero no es lo mismo. No hay que confundir el fin con el medio de lograrlo.

de bajo costo, volumen reducido y fácil manejo; aunque cabe señalar que este servicio también puede no tener un carácter comercial.

Por lo que respecta a los satélites diseñados exclusivamente para BSS, éstos requieren una alta potencia eléctrica, dado que las estaciones receptoras tienen antenas pequeñas de poca ganancia. También estos satélites carecen de baterías, pues para suministrar la potencia requerida tendrían que montarse demasiadas y sólo se ocuparían temporalmente. De este modo, los DBS no funcionan cuando se los eclipsa y el ahorro en peso que implica la carencia de baterías, se puede aumentar en dispositivos que a fin de cuentas hagan posible una mayor potencia de transmisión del satélite.

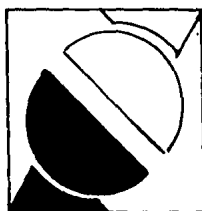
Los satélites estudiados en el capítulo 3 son clásicos del servicio fijo por satélite (FSS) y otras de las diferencias con los DBS, son la polarización de las señales y la frecuencia de operación dentro de una misma banda, aunque en el Continente Americano la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ha permitido utilizar la misma porción de la banda de 11.7 / 12.2 GHz para FSS y BSS. Las bandas de frecuencia de operación pueden ser la "C" y la "Ku"; aunque esta última es todavía frecuentemente menos utilizada que la primera.

La figura 6.1.b, muestra la localización de los diferentes servicios en frecuencia que la Unión Internacional de Telecomunicaciones ha determinado dentro de la banda de 11.7 / 12.75 GHz en las diferentes regiones del mundo.

Para tener una idea de la diferencia de potencia de los satélites FSS y BSS, mencionaremos que en la banda de 11.7 a 12.75 GHz, los primeros tienen una potencia isotrópica radiada efectivamente (PIRE) de alrededor de 40 a 50 dBW. Esto se debe a condiciones de interferencia y a las altas ganancias de las antenas de las estaciones terrestres. En cambio, para los segundos, la PIRE es alrededor de 53 a 63 dBW. Pero exis-

BANDA DE 11.7 a 12.75 GHz.

REGION 1	REGION 2	REGION 3
11.7-12.5 GHz. <i>Fijo.</i> <i>Radiodifusión</i> <i>BSS</i> <i>Serv. Móvil (excep. el aeronáutico)</i>	11.7-12.1 GHz. <i>Fijo.</i> <i>FSS (espacio tierra)</i> <i>Serv. Móvil (excep. el aeronáutico).</i>	11.7-12.2 GHz. <i>Fijo.</i> <i>Móvil. (excep. el aeronáutico).</i> <i>Radiodifusión.</i> <i>BSS.</i>
	12.1-12.3 GHz. <i>Fijo.</i> <i>FSS (esp. tierra)</i> <i>Móvil (excep. el a.)</i> <i>Radiodifusión.</i> <i>BSS</i>	
	12.3-12.7 GHz. <i>Fijo.</i> <i>BSS</i> <i>Móvil (excep. el a.)</i> <i>Radiodifusión</i>	12.2-12.5 GHz. <i>Fijo.</i> <i>Móvil (excep. el a.).</i> <i>Radiodifusión.</i>
	12.5-12.75 GHz. <i>FSS (espacio a tierra y tierra a esp.)</i>	12.7-12.75 GHz. <i>Fijo.</i> <i>FSS (tierra a esp.).</i> <i>Móvil (excep. el a.)</i>



Localización en frecuencia de los diferentes servicios por satélite en el mundo.

F
6-1-b.

te aún una diferencia muy importante que se relaciona con el carácter -- del servicio de unos y otros satélites.

Para un servicio de radiodifusión por satélite, la transmisión es muy independiente del punto de recepción, ya que ahora no interesan las radiocomunicaciones punto a punto, como en el caso de FSS; sino que la recepción se destina al público en general que de alguna manera posea el equipo apropiado. Se puede considerar al haz destinado a esta recepción pública como un haz de radiodifusión y la estación transmisora puede o no estar dentro del área que baña dicho haz.

Debemos de hacer notar que así como se confunde DBS con radiodifusión por satélite (BSS), este servicio se asocia a veces en forma errónea única y exclusivamente con radiodifusión de televisión por satélite, siendo que ésta es sólo una posibilidad, ya que como la misma definición lo dice, la radiodifusión también puede ser sonora o de otro tipo. Ponemos como ejemplo que puedan darse emisiones de música, de noticias, de eventos de celebraciones nacionales, teleconferencias, obtención de material bibliográfico en bancos de datos o bibliotecas.

Finalmente, como comentario adicional, diremos que lo más común y corriente es que los satélites de radiodifusión tengan 24 transpondedores de 36 MHz y un reuso de frecuencia, por lo que aplicados a televisión, una estación terrena puede captar 24 canales por cada satélite, 12 en -- una polarización y 12 en la contraria.

6.2. ESTACIONES RECEPTORAS DE TELEVISION UNICAMENTE

A la recepción directa única y exclusivamente de televisión vía satélite, se le conoce también con el nombre de TVRO, del inglés Television Receive Only.

Ya se comentó en el inciso anterior que la recepción de BSS puede ser tan individual o comunitaria, así que por extensión en TVRO también-

tendremos recepción individual y comunitaria y ésta, cae dentro del rango de frecuencias correspondientes tanto a la banda "C" como a la "Ku", - además de que se puede dar con satélites tradicionales o con los creados específicamente para ello (DBS). Nuevamente nos respaldamos en dos definiciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones para ubicar bien nuestro estudio. Estas son:

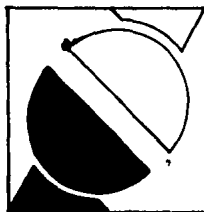
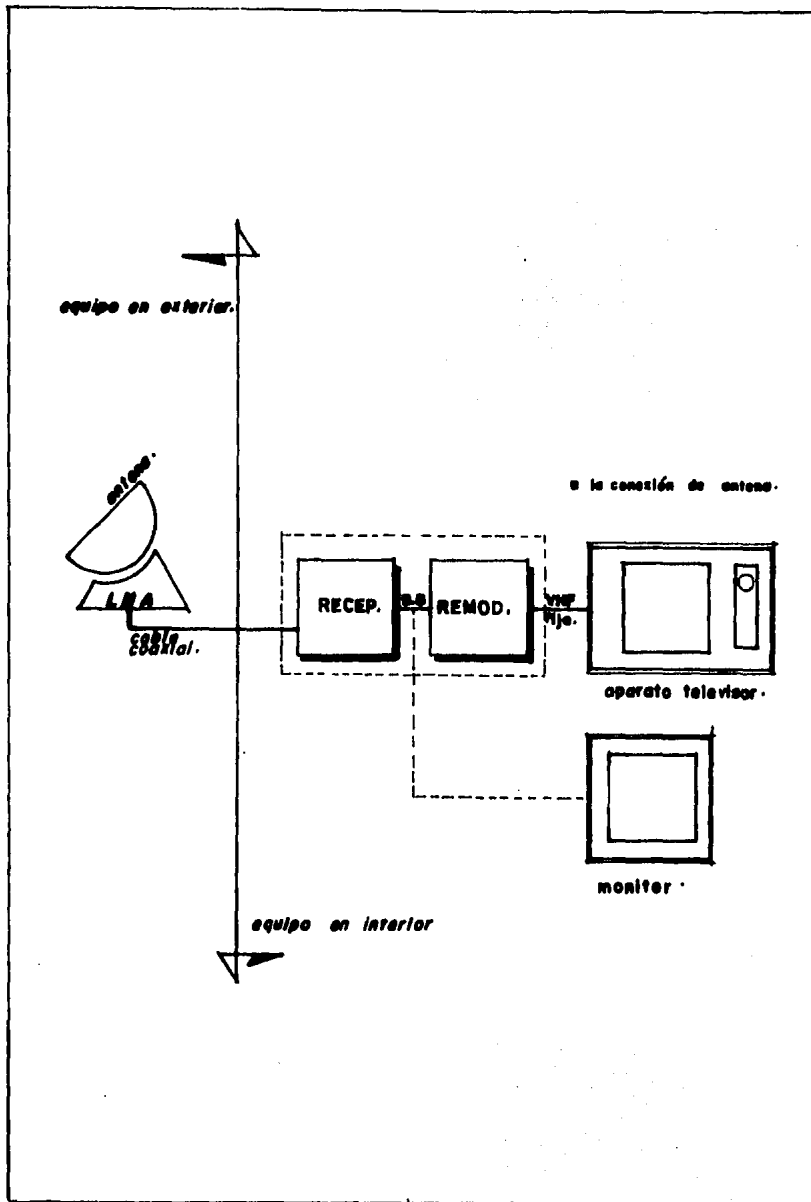
- Recepción individual. Recepción de las emisiones de una estación espacial del servicio de radiodifusión por satélite con instalaciones domésticas sencillas y, en particular, aquellas que disponen de pequeñas dimensiones. (1)
- Recepción comunal. Recepción de las emisiones de una estación espacial del servicio de radiodifusión por satélite con instalaciones receptoras que en ciertos casos pueden ser complejas y comprender antenas de mayores dimensiones que las utilizadas para recepción individual y destinadas para ser utilizadas por un grupo del público en general en un mismo lugar o mediante un sistema de distribución que dé servicio a una zona limitada. (2)

Cuando tratamos con recepción comunitaria, se pueden tener dos casos. Uno de ellos es distribuir las señales por cable coaxial a varios usuarios y el otro es redifundir la señal de televisión a una zona limitada de usuarios que la captarán básicamente por el método tradicional. La figura 6.2.a, ilustra todas las posibilidades de recepción aquí comentadas.

Una estación receptora para radiodifusión de televisión vía satélite, tiene una configuración muy simplificada respecto a la vista para el

(1) Unión Internacional de Telecomunicaciones. Op. cit. Término 5.14.

(2) Ibid. Término 5.15.



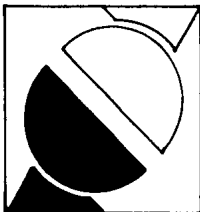
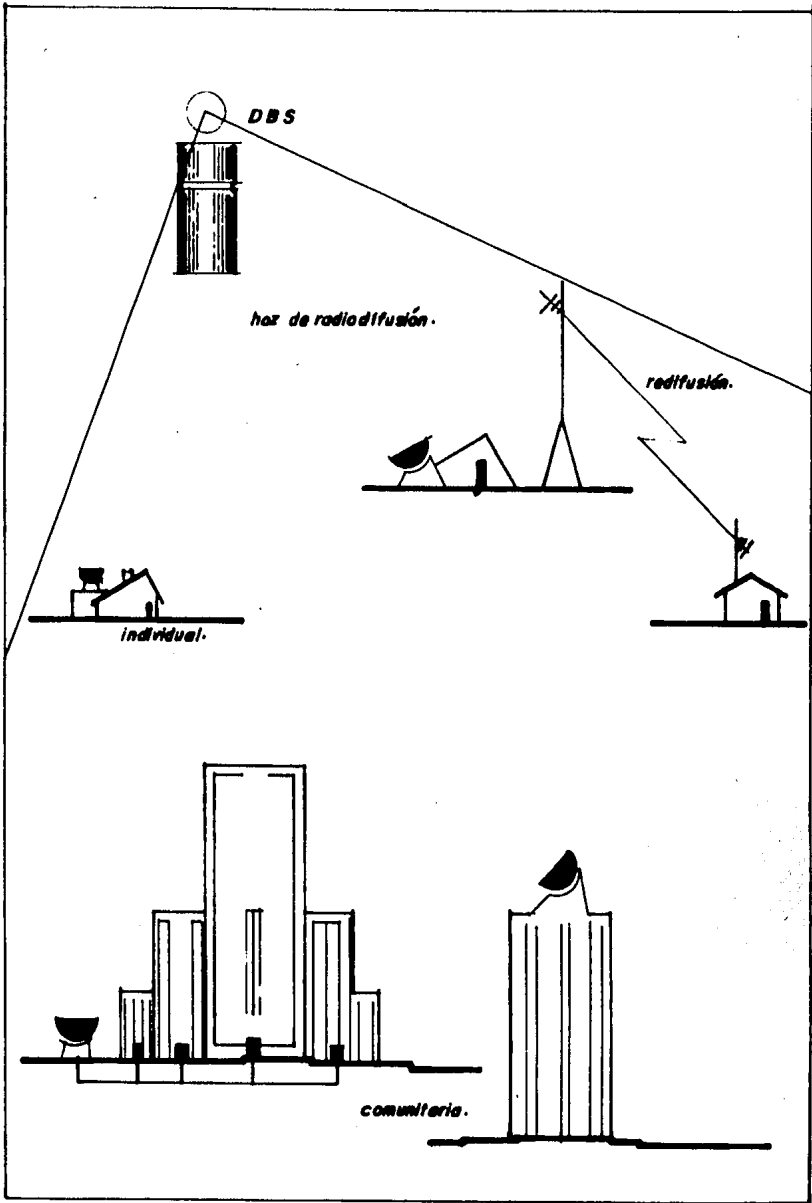
Ejem. de estación individual receptora de televisión vía satélite.

F
6.2. b.

receptora de televisión, se muestra en la figura 6.2.c. Ahora en lugar de tener después de nuestra antena un amplificador de bajo nivel de ruido (LNA) y un bloque receptor, tendremos un convertidor de bajada de bajo nivel de ruido (LNC) y un demodulador. El LNC baja de frecuencia la portadora introduciendo muy poco ruido y luego la amplifica. El oscilador del LNC determina, a través de un control en el equipo del interior de una casa, el canal seleccionado para ver en nuestro aparato televisor a una frecuencia fija (como por ejemplo la del canal 3). A la salida -- del demodulador tendremos el canal de televisión en banda base, por lo -- que podremos alimentar la señal a un monitor o a un televisor adaptado -- para ello; o bien, remodular la señal para alimentarla por la entrada -- tradicional de antena.

Pasando a las receptoras comunitarias de televisión por satélite, -- éstas son algo más complicadas que las individuales, ya que ahora no se -- trata de ver un sólo canal de algún satélite en específico, sino brindar -- la posibilidad de que simultáneamente varios usuarios puedan ver las di -- ferentes canales disponibles en cierto satélite con la calidad adecuada. -- Estos sistemas son apropiados para hoteles, multifamiliares, edificios -- de apartamentos, condominios y pequeños poblados donde se requiera por -- economía. Una de las desventajas que puede tener este sistema para cada -- usuario, respecto al de recepción individual, es el no poder captar a ca -- pricho canales de otros satélites si no están de acuerdo los demás; sin -- embargo el costo del sistema repartido entre varias personas representa -- mayor economía para éstas que el tener cada quien su estación receptora -- individual.

Consideremos dos ejemplos posibles de configuración. El primero lo -- ilustra la figura 6.2.d, con un sistema apropiado para la distribución -- por cable. En éste tendríamos nuevamente una antena parabólica y un LNC -- como equipo o unidad exterior, sólo que ahora el oscilador del LNC ya no -- nos seleccionará determinado canal, sino que tendrá una frecuencia fija -- y a nuestro equipo o unidad interior llegarán todas las señales del saté



Formas de recepción para TVRO.

F

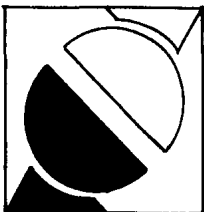
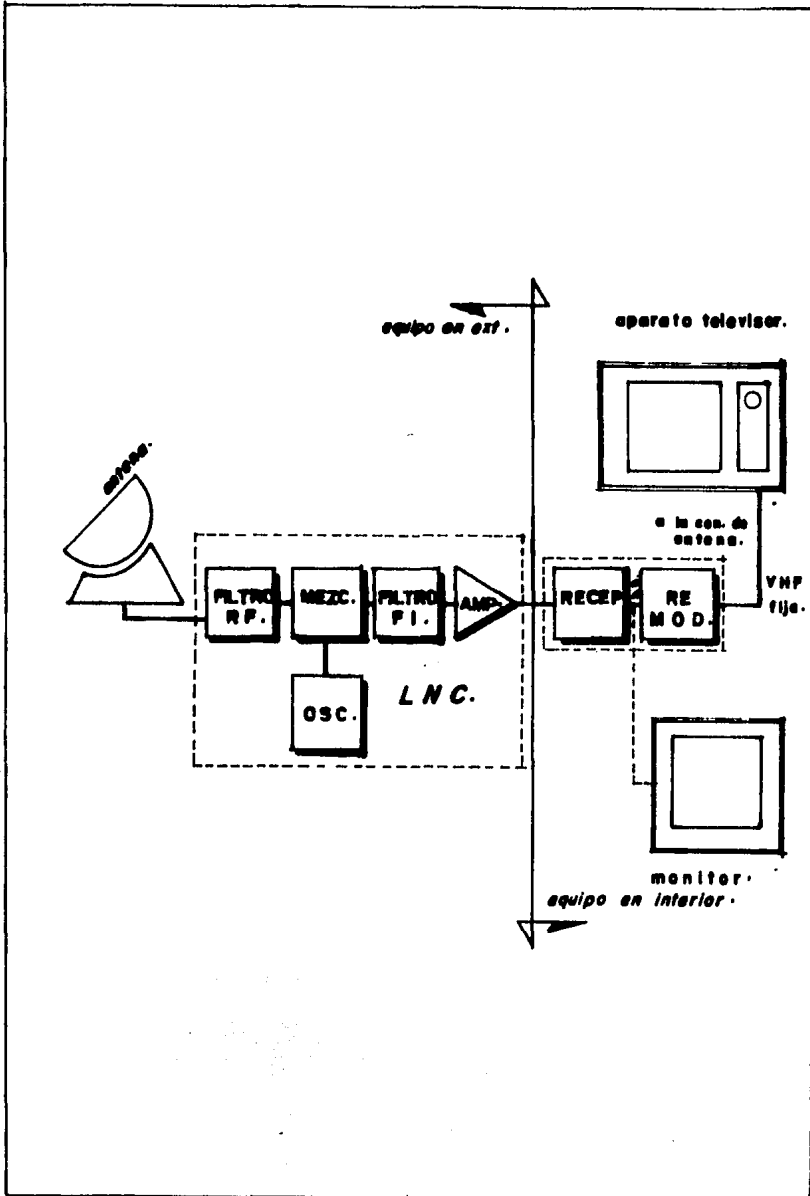
620.

servicio fijo por satélite. En primer lugar el subsistema de antena es mucho más sencillo y está constituido por una antena parabólica de pequeñas dimensiones, su montura y posiblemente un servomecanismo para orientación de la misma, bien manual o automático y programable. Por lo general, el diámetro de la antena no excede de 5 metros, pero podría darse el caso.

El subsistema de alimentación de energía también es más simple y -- consistirá básicamente de fuentes de potencia integradas en el equipo -- sin necesidad de un sistema "no-brake". No se tendrá subsistema transmisor ni todo lo asociado a éste. Por otro lado, para que el equipo resulte económico, no contará con redundancia y los subsistemas terminal y de control de comunicaciones, son de lo más simple en caso de requerirse para recepción comunitaria, ya que en la recepción individual, prácticamente se carece de ellos.

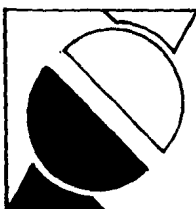
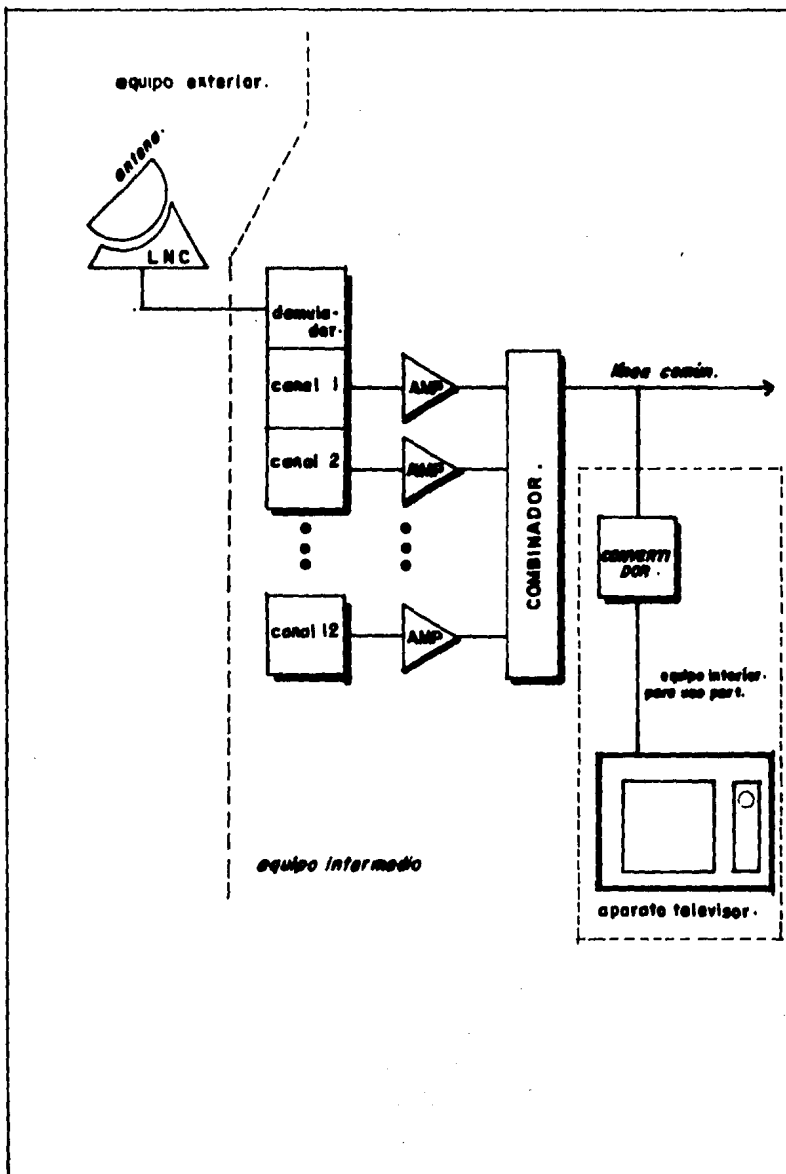
En la figura 6.2.b, se muestra en diagrama de bloques el equipo -- esencial de una receptora individual de televisión vía satélite. Esta estación está integrada básicamente por una antena parabólica, un amplificador de bajo nivel de ruido, cable coaxial y un equipo que puede constar únicamente del bloque receptor o bien aunar a éste un remodulador. En el primer caso, la selección del canal televisivo se hace en el bloque receptor y la señal de banda base (BB) que salga de éste, se alimentará al televisor a través de una conexión especial que vaya directamente después de los circuitos de RF y FI. También en este caso, en lugar de un televisor común y corriente, se puede utilizar un monitor. En caso que se cuente con un remodulador, también la selección del canal televisivo se hará en el bloque receptor; pero ahora, manteniendo nuestro aparato televisor en una sintonía fija, por ejemplo el canal 3, podremos ver cualquier canal de TV vía satélite, alimentada la señal por la conexión común y corriente de antena.

Una configuración práctica y posible para una estación individual-



Ejem. de estación individual recep.
tora de televisión vía satélite.

F
6.2.c.



Ejem. de una estación comunitaria
 recep. de televisión vía satélite
 con distribución por cable.

F
 6.2.d.

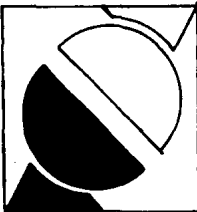
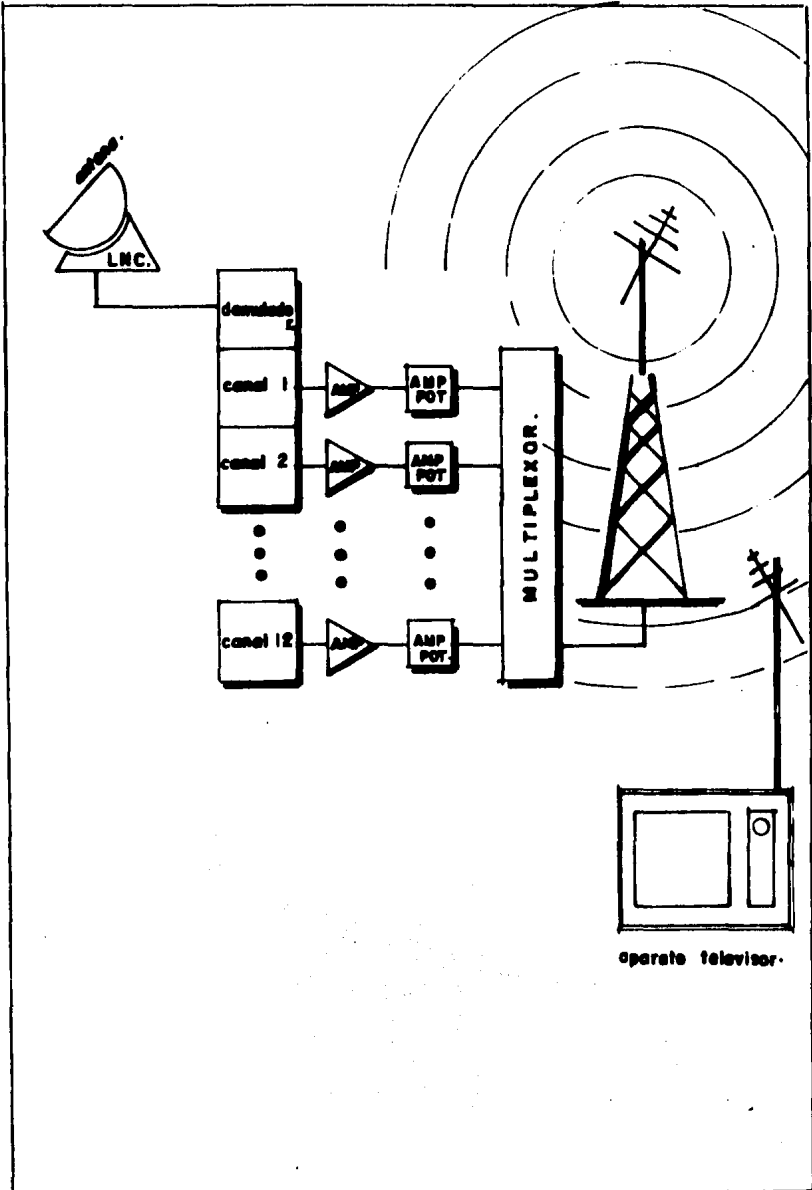
lite ocupando un espectro de 500 MHz de ancho de banda.

En la unidad intermedia se separan los canales de televisión y se demodula cada uno para amplificar su banda base por separado multicanalizando los posteriormente en un nuevo plano de frecuencias dentro del bloque combinador, después de lo cual se envían por una línea común de la que cada usuario hará su toma particular.

La unidad interior constará de un convertidor, que conectado a la línea común, seleccionará el canal de interés para el usuario alimentando la señal a una frecuencia fija del televisor por la conexión tradicional de antena.

Una segunda configuración posible la ilustra la figura 6.2.e, donde la distribución de los canales se hace a los usuarios por aire a través de una redifusión. El funcionamiento de una estación así es muy similar al del anterior, sólo que en ésta última, para poder transmitir al aire los canales, es necesario agregar a cada rama un amplificador de potencia. Aquí, en el bloque multiplexor, las señales de cada canal televisivo se multicanalizan en frecuencia para ser radiadas posteriormente por una antena a frecuencias tales que los usuarios puedan recibir los canales de redifusión con una antena y un televisor tradicionales.

Vale la pena meditar en algo. Un televisor normal sintoniza sólo 12 canales (del 2 al 13), de modo que entre los 24 canales de un satélite en particular, habría que seleccionar 12; pero si tomamos en cuenta que comercialmente ya están ocupadas ciertas frecuencias (por ejemplo las de los canales 2, 4, 5, 8, 11 y 13 en el D.F.), todavía tendremos que reducir aún más el número de canales para redifusión de un satélite. Sin embargo, en países subdesarrollados como el nuestro, en donde no está saturado el servicio de televisión por satélite y posiblemente nunca lo será, ya que antes que satélites exclusivos para radiodifusión nos conviene más los tradicionales del servicio fijo para uso doméstico, en los --



Ejem. de una estación comunitaria
recep. de televisión vía satélite con
distribución por aire. (redifusión).

F
6.2.e.

que además de otros servicios que nos convienen se puede lograr el de radiodifusión, el sistema puede resultar recomendable cuando no se tengan más que unos pocos canales de televisión por satélite, para llevar programas de alfabetización, difusión de técnicas agropecuarias o programas similares a la población.

En muchas ocasiones se prefiere hacer una conexión de bajada de frecuencia en dos pasos y no en uno como hasta ahora se ha visto. Una etapa más eleva el costo del equipo, introduce más ruido, pero tiene la ventaja de simplificar y hacer más fiable la conversión. En estos casos, la selección del canal televisivo del satélite para receptoras individuales no se hace en el oscilador del LNC, sino en la unidad interna con el oscilador de la segunda etapa de bajada.

Finalmente, como datos adicionales, presentamos en la figura 6.2.f, un cuadro comparativo de algunas de las características de las configuraciones para recepción de televisión únicamente vistas en este inciso.

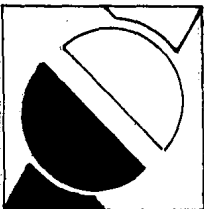
6.3. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL

Una señal de televisión se compone esencialmente de otras dos: la de video y la de audio asociada a la secuencia de imágenes. La señal de audio se encuentra modulada en frecuencia, mientras que la de video lo está en amplitud y están multicanalizadas en frecuencia. Juntas ocupan un ancho de banda de 6 MHz para transmisiones comerciales.

La desviación máxima en frecuencia que se permite a la señal de audio alrededor de su portadora, es de 25 KHz para un 100% de modulación, con lo cual se determina un ancho de banda máximo de 50 KHz para la señal de sonido modulada en frecuencia.

La porción de video, en su forma más general, contiene información de las imágenes y de la sincronización para reproducirlas adecuadamente en el aparato receptor, lo cual se hace posible mediante una multicanali

ESTACION	COSTO PA- RA EL USUARIO	REALIZACION TECNICA.	INSERCIÓN PROG. LOCAL	INSERCIÓN DE MAT. REGIONAL.
INDIVIDUAL	alto.	bueno.	no posible.	posible.
COMUNITA- RIA. (redifusión).	usualmente bajo	de mala a buena.	posible	posible.
COMUNITA- RIA. (por cable).	moderado	de mala.	posible	posible.



Cuadro comparativo de algunas características de estaciones receptoras de televisión vía satélite.

F
62-1.

zación de las dos señales de información en el tiempo.

Una señal de video común y corriente, tiene a lo máximo un ancho de banda de 4 MHz y al ser modulada en amplitud, su espectro ocupará un ancho de banda de 8 MHz, lo cual es excesivo e innecesario ya que una sola banda lateral contiene toda la información de las imágenes. Teóricamente, es posible pensar, en transmitir en banda lateral única (BLU); sin embargo, a las frecuencias de televisión se presenta la imposibilidad de eliminar rigurosamente una de las bandas sin remover de manera accidental parte de la otra. De este modo, se elimina sólo parte de una banda para reducir en algo el ancho de banda total. Así pues, el espectro de una señal de televisión tanto en color como en monocromía, presenta en general el aspecto de la figura 6.3.a.

Tanto la captación de imágenes en una cámara de televisión, así como la reproducción de éstas en el aparato receptor, no se hacen de golpe; sino por la inspección o exposición rápida de las escenas divididas en franjas horizontales tan angostas que, para fines prácticos, podemos considerar como líneas. Cada imagen con que se llena la pantalla de una cámara o cinescopio de televisión, se llama cuadro y se divide en líneas horizontales que se van sucediendo una tras otra en campos entrelazados que evitan parpadeos apreciables y permiten la velocidad más baja posible en la sucesión de captación o reproducción de imágenes para tener la sensación de un movimiento continuo.

Existen dos sistemas generalizados de características bien definidas: el Americano, con 525 líneas por cuadro y 30 cuadros por segundo; y el Europeo, con 625 líneas por cuadro y 25 cuadros por segundo. La relación de las dimensiones físicas de cada cuadro, es una constante y se ha fijado que la altura del rectángulo que forman las imágenes sea un 75% de la longitud de la base.

Como se observará, dada la forma de captación como de reproducción-

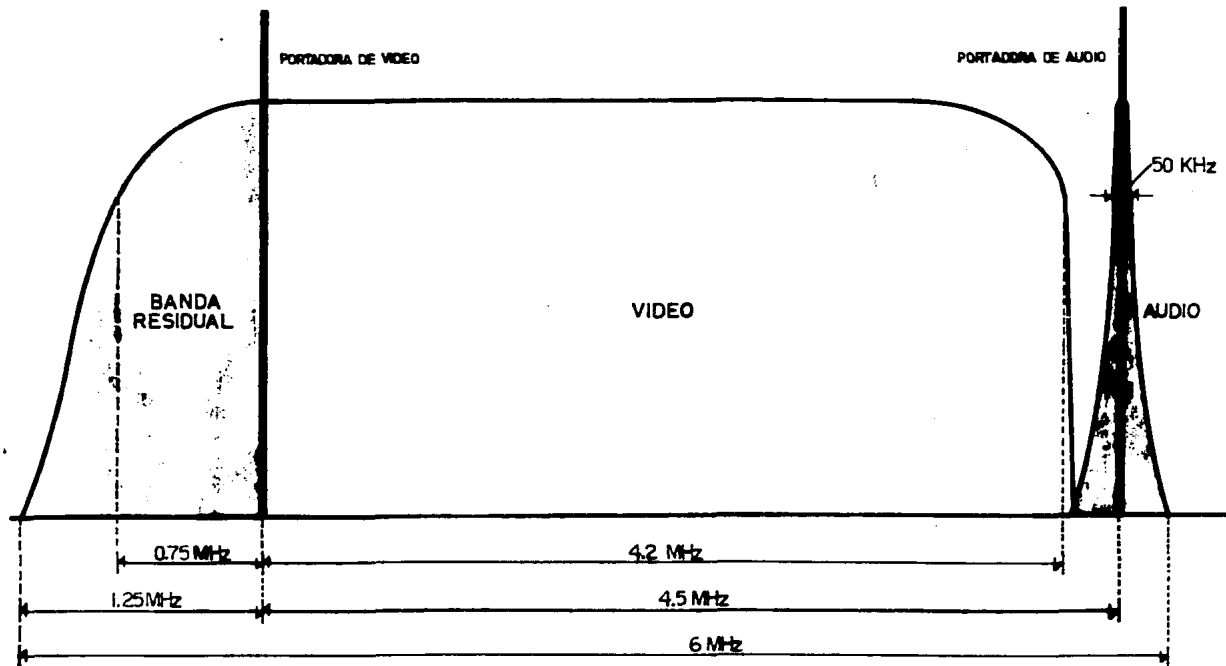


FIG. 6.3.a. Aspecto general del espectro de una señal de televisión.

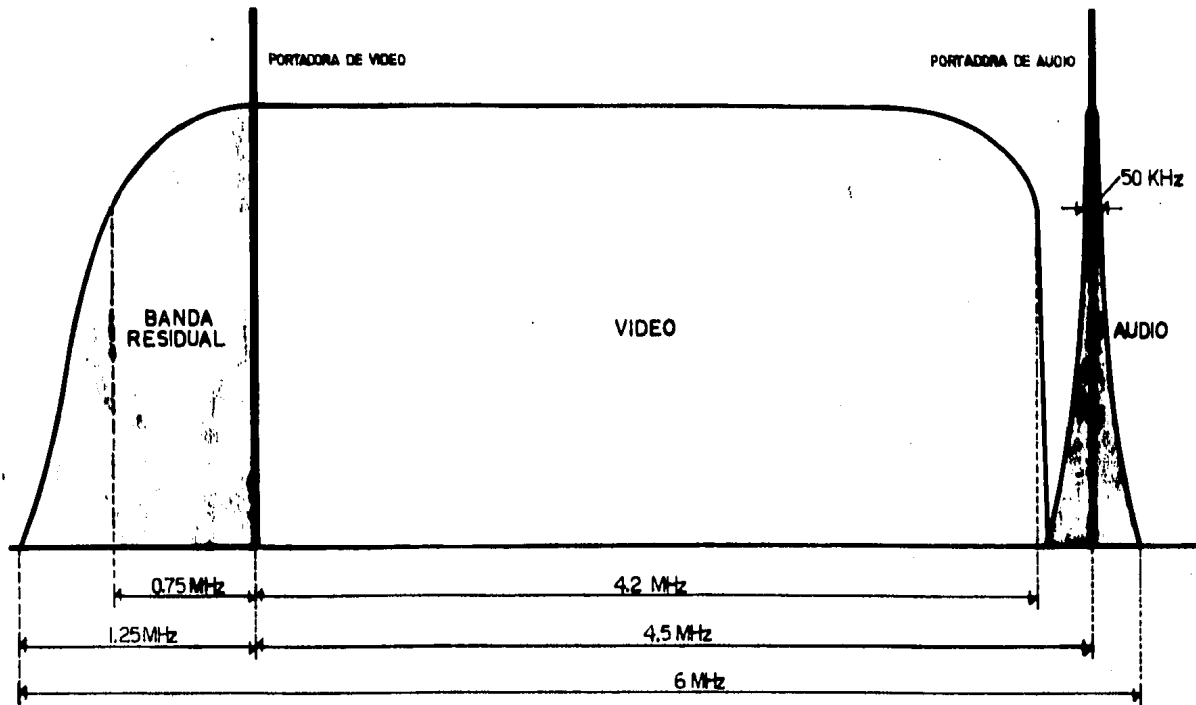


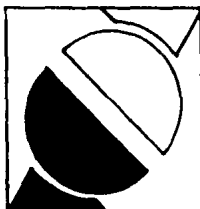
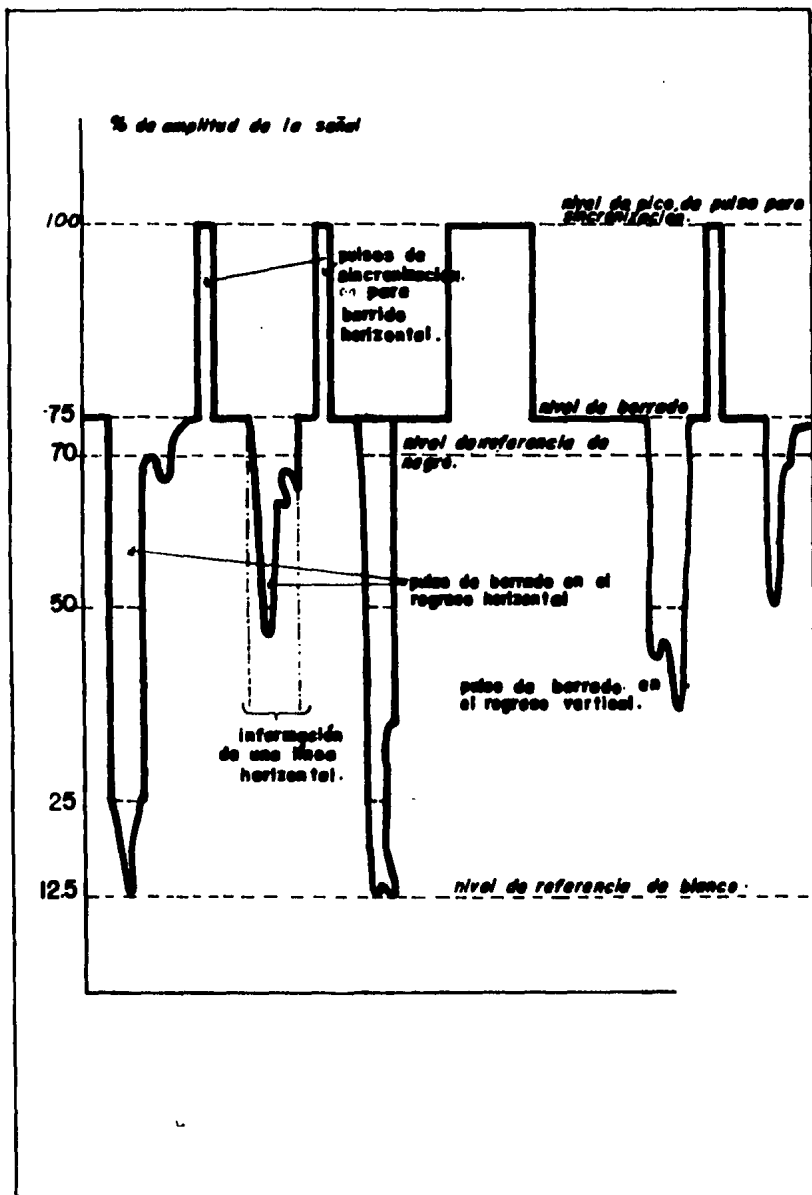
FIG. 6.3. a. Aspecto general del espectro de una señal de televisión.

de imágenes en televisión, se necesita una sincronización entre el centro transmisor y los receptores. Para ello, los últimos generan sus propios barridos de pantalla; pero la orden, por así decirlo, de cuándo deben comenzarlos, va implícita en la señal de televisión que se transmite.

Para que el haz electrónico que lleva la información en cada línea horizontal no "raye" la pantalla al desplazarse de extremo a extremo - cuando finaliza una línea y comienza otra, es borrado en este trayecto. El borrado se realiza al conocer el receptor un pulso en la señal recibida. De igual manera, mediante otro pulso distinto en la señal recibida, el receptor comienza el barrido horizontal para formar una línea visible.

Los cuadros, que se forman de cierta cantidad de líneas horizontales pueden dividirse en dos campos según la numeración en que se han ordenado las líneas. Así tenemos un campo impar y otro par. La exposición en trezada, consiste precisamente en que el haz electrónico del cinescopio, primero cubra las líneas de orden impar (campo impar) y luego las de orden par (campo par) en cada cuadro, con lo cual el ojo humano no aprecia parpadeos en las imágenes. Así pues, es necesario borrar el haz electrónico que no lleva información cuando se termina un campo y comienza otro, por lo que la señal de televisión también lleva un pulso, que el receptor detecta como borrado en el regreso vertical entre cada campo, y otro pulso para comenzar el barrido del haz en sentido vertical.

En la señal de televisión, se puede decir que existe una especie de multicanalización por división de amplitud para decirlo de algún modo. Los pulsos de borrado tienen una magnitud relativa constante y por ello son distinguidos, cosa igual pasa con los pulsos de sincronización, mientras que la señal de imagen en cada línea puede variar entre dos límites relativos fijos. Para hacer más claro esto, la figura 6.3.b, ilustra, correctamente, pero sí en forma aproximada la señal de televisión, en



Aproximación de una señal de tele
visión monocromática.

F
6.3.b.

relación a la cual se harán más comentarios.

Se ha dicho que el video es una señal modulada en amplitud, luego - entonces la figura 6.3.b, nos indica la forma de la envolvente de la portadora modulada en amplitud. Sin embargo, esta envolvente es nuestra -- información y es más claro centrarnos en ella que en la señal de video - que se transmite.

Primeramente en la señal de la figura 6.3.b, que es monocromática, - vemos que los pulsos de sincronización van montados sobre los pulsos de borrado y que el retorno vertical entre campo y campo, dura más tiempo - que el retorno horizontal entre línea y línea, de igual modo que los pul- sos de sincronización horizontal son más cortos que los de sincroniza -- ción vertical. Observamos también, ciertos límites relacionados con la amplitud máxima de la señal de video. El nivel de borrado es de un 75 % de la amplitud máxima de la señal; mientras que el de sincronización es hasta el 100 %. La información de las imágenes a reproducir varía su amplitud entre el 12.5 % y 70 % de la amplitud total de la señal. Todos - los niveles tienen una tolerancia del 2.5% de sus valores nominales.

Se podrían producir blancos más intensos con amplitudes menores al 12.5 %, pero la razón de que no sea así es que a amplitudes menores, el nivel de la señal se haría más sensible a los efectos del ruido. Otra - de las razones por las cuales los niveles de negro son de alto voltaje y los de blanco de bajo voltaje, se debe a una medida de protección contra descargas eléctricas atmosféricas que elevan los niveles de la señal. Si los blancos fuesen con voltajes altos, los cinescopios se aclararían más de la cuenta pudiendo ser dañados; mientras que con esta protección, sólo se oscurecen sin sufrir ningún percance.

Es posible que las tonalidades de negro rebasen el 70 % nominal pe- ro hasta un 75% como máximo. Esto en realidad no afecta mucho, ya que - borrar el haz electrónico y producir un negro intenso es casi lo mismo.-

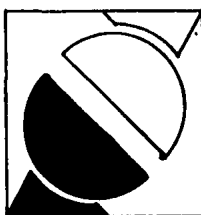
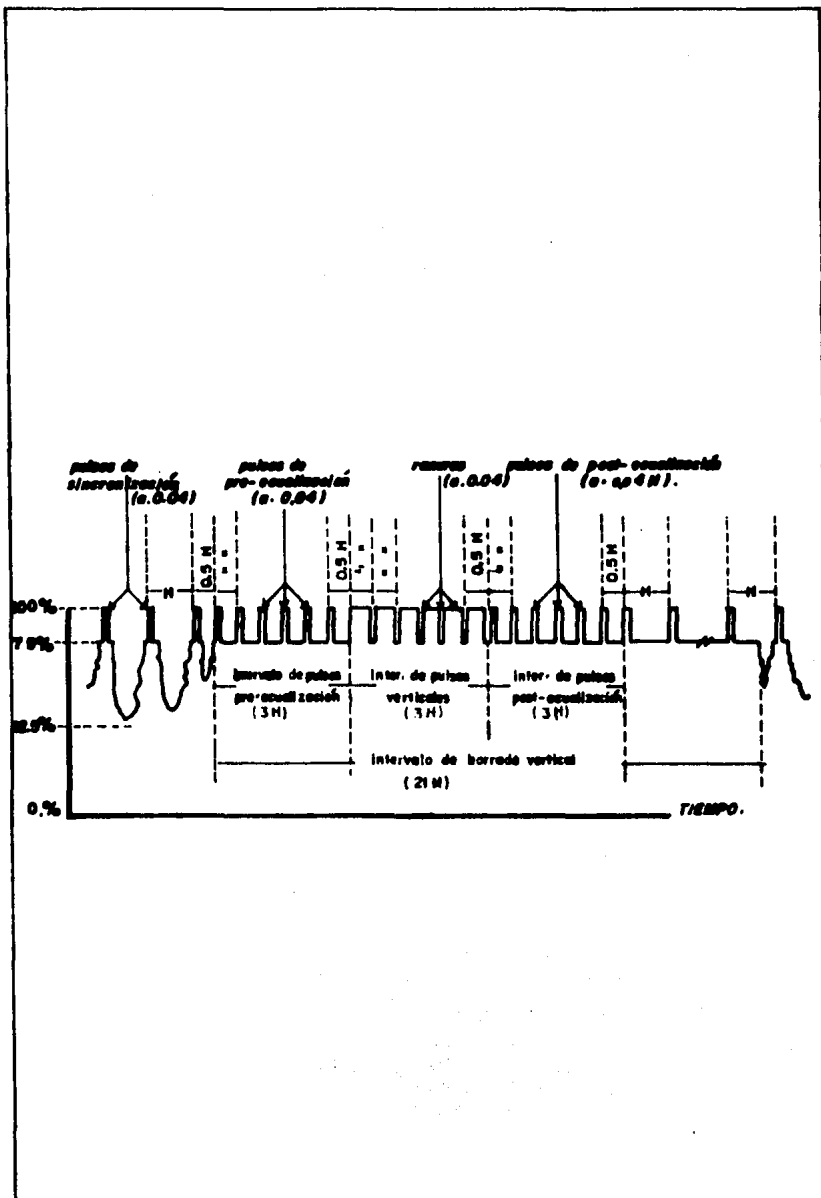
Sin embargo, más allá del 75 % de amplitud ya no es tolerable, pues la señal puede ocasionar problemas relativos a la sincronización de barrido.

La señal de la figura 6.3.b, sin embargo, no es la señal real de televisión, sino una aproximación a propósito para entenderla mejor. Como se necesita continuar la sincronización en barrido horizontal durante el regreso vertical con el objeto de comenzar a tiempo y en el lugar preciso el siguiente campo, se montan sobre el pulso de borrado en regreso vertical, pequeños pulsos de sincronización horizontal que se llaman igualadores y con el mismo fin, ya que no se pueden agregar pulsos al de sincronización vertical, se le ranura para dar un efecto similar en la sincronización horizontal.

Aunque hay cambios relacionados con los espaciamientos entre pulsos, según se trate de un campo par o impar, básicamente la señal de video es la misma desde un punto de vista cualitativo, así pues la figura 6.3.c, que presenta parte de una señal de video de un campo impar, ilustrará lo que es una señal de televisión en general. Recuérdese que se trata de una señal monocromática y no de color.

Los primeros sistemas comerciales de color fueron monocromáticos -- (blanco y negro) y posteriormente de color; pero con la característica de compatibilidad; es decir, que aunque las transmisiones son en color, los receptores pueden seguir funcionando adecuadamente si son de blanco y negro.

Cualquier color en forma de luz, puede ser reproducido con la combinación, en las proporciones adecuadas, de otros tres colores básicos que son el verde, el rojo y el azul. Así el negro se forma con ausencia de cualquier luz y el blanco con una proporción determinada de los tres colores básicos y es en esta síntesis, conocida como aditiva, en la que se respalda el sistema de televisión cromática. La idea básica, es descom-



Señal de video monocromática.
(CAMPO IMPAR).

F
63.c.

poner mediante filtros ópticos las imágenes en las porciones de rojo, -- verde y azul que contienen. Cada una de estas señales se manejan, en -- principio, como si fuesen de video monocromáticas, aunque no se transmiten por separado, ya que de hecho ésto traería como consecuencia inmediata una incompatibilidad entre los sistemas a color y los blanco y negro. Las tres señales deben ser combinadas de alguna manera tal, que la señal a transmitirse sea similar a la que hemos visto, ocupe el mismo ancho de banda y sirva para receptores monocromáticos y cromáticos. En el receptor a color, procesando la señal, se separa la información de cada porción de rojo, azul y verde de las imágenes y se proyecta sobre el cinecopios que tiene una pantalla con puntos o líneas de fósforo verde, rojo y azul, de tal modo que las imágenes prácticamente se sobreponen y se re producen con sus colores originales.

A continuación veremos qué se hace con las señales de cada color básico de las imágenes.

El ojo humano no presenta igual sensibilidad para los tres colores-básicos. De esta manera, para ver un blanco no se requiere una combinación en iguales proporciones: sino otra que se ha determinado con un 30% de rojo, un 59% de verde y un 11% de azul. Esta señal nos puede dar colores en la gama que va desde el negro, pasando por los grises, hasta el blanco. Si llamamos "Y" a la señal resultante podemos definirla como:

$$Y = 0.30R + 0.59V + 0.11A$$

Esta señal se genera antes de la transmisión y se conoce como señal de luminancia y es prácticamente igual a una señal de video monocromática ya que nos formará imágenes en blanco y negro. Así, si para formar un blanco dada una intensidad de rojo (R), verde (V) y azul (A) igual a una constante K, basta con proporcionarlos a los valores indicados. Para producir un color gris medio bastará con reducir la intensidad de todos esos colores a un valor medio 0.5K, conservando las mismas proporcio

nes. Para un negro, hay que reducir a un nivel mínimo esas intensidades (que K tienda o sea igual a cero), pero siempre conservando la misma relación. Podría objetarse que esta proporción siempre nos daría blanco, ya que para eso se determinó, pero recuérdese que la intensidad de los colores en la pantalla de la televisión no depende de la carga de los electrones del haz, sino del impacto de éstos sobre ella. Así es posible, que un gran brillo nos de la sensación de blanco, mientras que nada de él, la sensación de negro.

Es la señal de luminancia la que modula a la portadora de video y como lleva la información en blanco y negro de las imágenes, puede ser captada y reproducida adecuadamente por un receptor monocromático.

Para poder hacer una reproducción a color de las imágenes, es necesario lograr otras dos combinaciones de rojo, verde y azul que sean lineales e independientes de la señal de luminancia y entre sí. Así, se tienen las señales de crominancia azul, señal en fase a señal "I" y la señal de crominancia roja, señal en cuadratura o señal "Q", que se definen a continuación.

$$I = 0.60R - 0.28V - 0.32A$$

$$Q = 0.21R - 0.52V + 0.31A$$

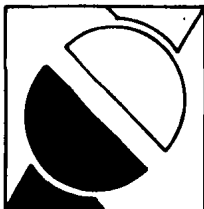
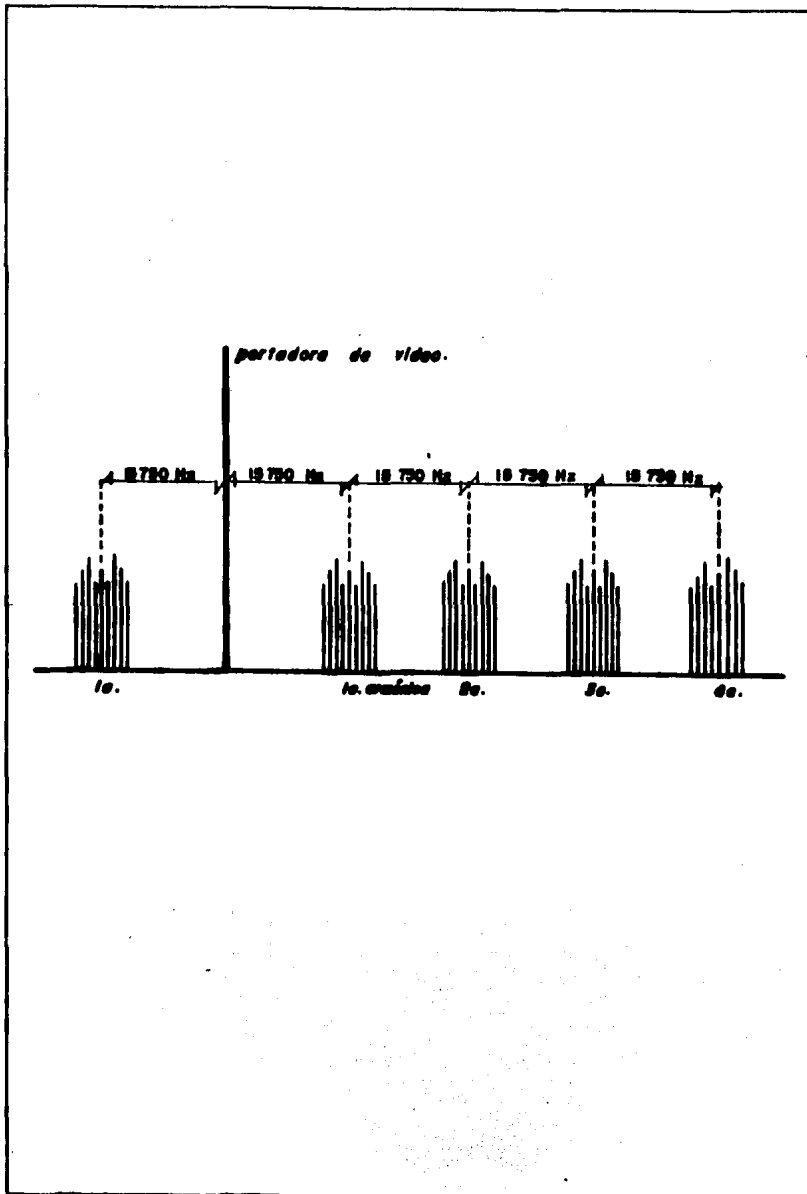
Nótese que no fue necesario incluir una señal de crominancia verde, ya que las porciones de este color en cada imagen van implícitas en cada una de las señales Y, I y Q. Estas dos últimas señales, modulan a una portadora de crominancia defasada 90° en cada caso, por eso a una se le llama señal en fase y a la otra en cuadratura. De este modo, el vector resultante, que es una combinación de las dos señales, nos da el color de la imagen en cuanto a su inclinación, mientras que en cuanto a su magnitud nos da la intensidad o pureza del color. La portadora de crominancia no puede ser transmitida, ya que de ser así, no sería buena la repro

ducción de las imágenes en el receptor. Ahora bien, se debe de procurar que estas señales de crominancia ya moduladas y con portadora suprimida, queden dentro del mismo ancho de banda de la señal de video que ya conocemos. Y para ésto es necesario profundizar un poco más en el espectro de una señal monocromática, el cual se presenta en la figura 6.3.d.

Como se ve, de la figura 6.3.d, en la modulación de la señal de televisión monocromática, las bandas laterales se agrupan alrededor de frecuencias que están distanciadas entre sí 15,750 Hz que es la frecuencia de líneas. Hay que notar que quedan huecos en el espectro y es precisamente en ellos en donde se incertan las señales de crominancia roja y azul, para ello tienen que modular a una portadora de frecuencia adecuada para el efecto, ésta es de 3.579545 MHz, o en números redondos 3.58 MHz en el sistema americano. Como ya se dijo, esta portadora se suprime pero quedan las bandas laterales que se filtran en cada caso para que la señal de crominancia quede dentro del espectro deseado, este filtraje lo único que trae como consecuencia, es que en los detalles pequeños de las imágenes no se defina bien el color; sin embargo, ésto es imperceptible y pasa desapercibido lográndose esencialmente los fines propuestos. El espectro de una señal de televisión a color se muestra en la figura -- 6.3.e.

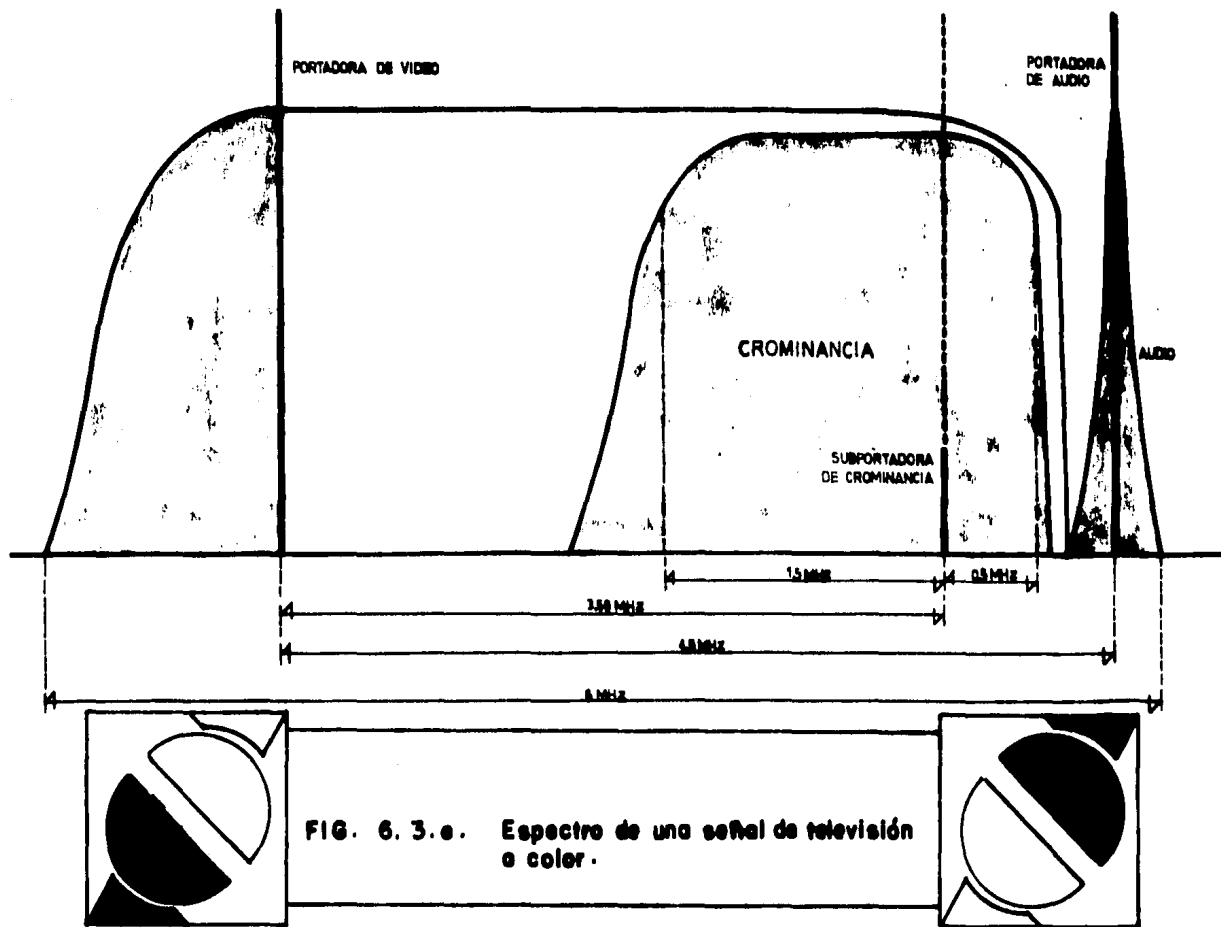
Al incluir la subportadora de color, ya que no se puede suprimir completamente, hay que variar ligeramente la frecuencia de líneas y por tanto de campos; sin embargo, el cambio es tan pequeño que los receptores no lo registran y funcionan sin necesidad de ajustes. Si en monocromía la frecuencia de líneas es de 15,750 Hz y la de campos 60 Hz, en color la frecuencia de líneas es de 15,734.26 Hz y la de campos de 59.94 Hz.

Las señales Y, I y Q previamente procesadas se suman para pasar al transistor. Sin embargo, es necesario regenerar la portadora de crominancia en el receptor de televisión con la sincronía adecuada para poder desfazar las señales de crominancia. Para tal efecto, en los pulsos de



Espectro de una señal de video monocromática.

F
6.3.1.



borrado en barrido horizontal, se montan de ocho a once ciclos de la subportadora como se muestra en la figura 6.3.f.

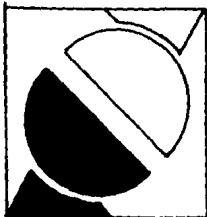
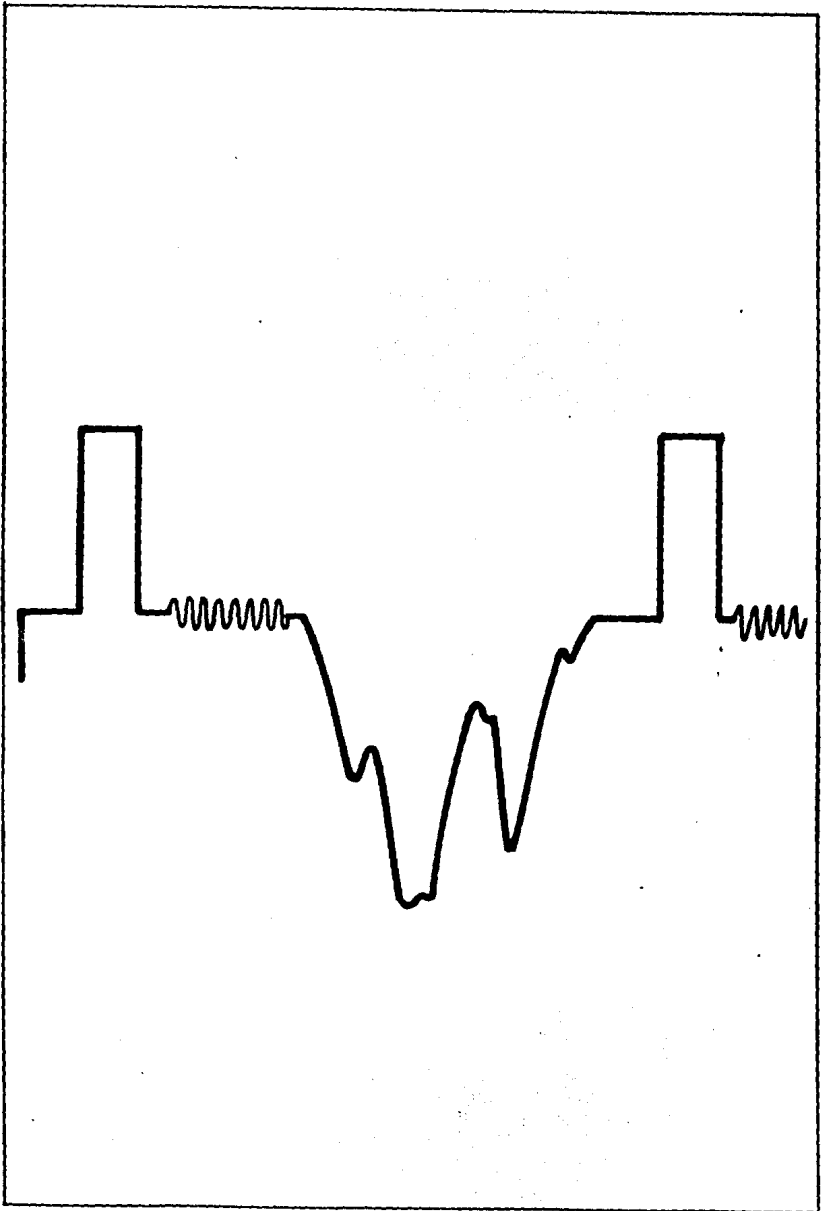
La señal de televisión a color en el tiempo, es similar a la monocromática, sólo que la información de cada línea es la suma de las señales de luminancia (Y), crominancia azul (I) y crominancia roja (Q), incluyéndose en los pulsos de borrado en barrido horizontal unos cuantos ciclos de la subportadora de crominancia. De esta manera es posible la compatibilidad entre televisión cromática y monocromática; lo que permite que aunque las transmisiones sean en color, puedan recibir adecuadamente los receptores en blanco y negro; pero además, en transmisiones en blanco y negro, como es el caso de películas viejas, también los receptores a color puedan reproducir adecuadamente.

Finalmente, por lo que respecta a la señal de audio, ésta no se modifica en nada de una transmisión monocromática a una cromática y en ambos casos, se necesita un diplexor que permite transmitir las señales de video y audio a través de una misma antena sin que se acoplen al amplificador que no les corresponde.

Ahora bien, en el caso de transmisión y recepción de televisión vía satélite, la disposición de las señales de video y audio cambia en relación al arreglo que para difusión por tierra hemos venido estudiando.

Los métodos que en principio se utilizaron manejaban separadamente el video y el audio. Ambas señales modulaban distintas portadoras en frecuencia. El espectro del audio ocupaba de este modo, después de la modulación, un ancho de banda de 2.5 MHz equivalente a 24 canales telefónicos.

Una de las formas, consistió en utilizar un transpondedor de 36 MHz completo únicamente para video ocupando sólo 30 MHz de ancho de banda. El audio se manejaba en algún otro transpondedor del satélite.



Señal de video cromática

F

6.3.1.

Otra forma, fue manejar la señal de video utilizando la mitad del ancho de banda de un transpondedor de 36 MHz. Esto da menor calidad de imagen, aunque satisfactoria todavía, y con ello se logra operar con dos señales de video de 17.5 MHz de ancho de banda cada una, en un sólo transpondedor de 36 MHz. La porción de audio se seguirá manejando separadamente.

Los arreglos mencionados no aprovechaban eficientemente el ancho de banda del transpondedor del satélite.

Más recientemente, INTELSAT introdujo un método denominado Sistema de Subportadora de F.M., en el cual sí es posible manejar tanto audio como video en un solo transpondedor de 36 MHz. En este método el audio modula en frecuencia a una subportadora que se combina con la portadora de video también modulada en frecuencia. De este modo, el arreglo viene -- siendo similar al visto para radiodifusión por tierra, sólo que la modulación de la portadora de video ahora es en frecuencia.

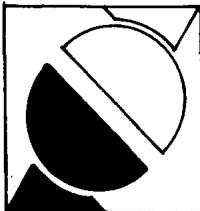
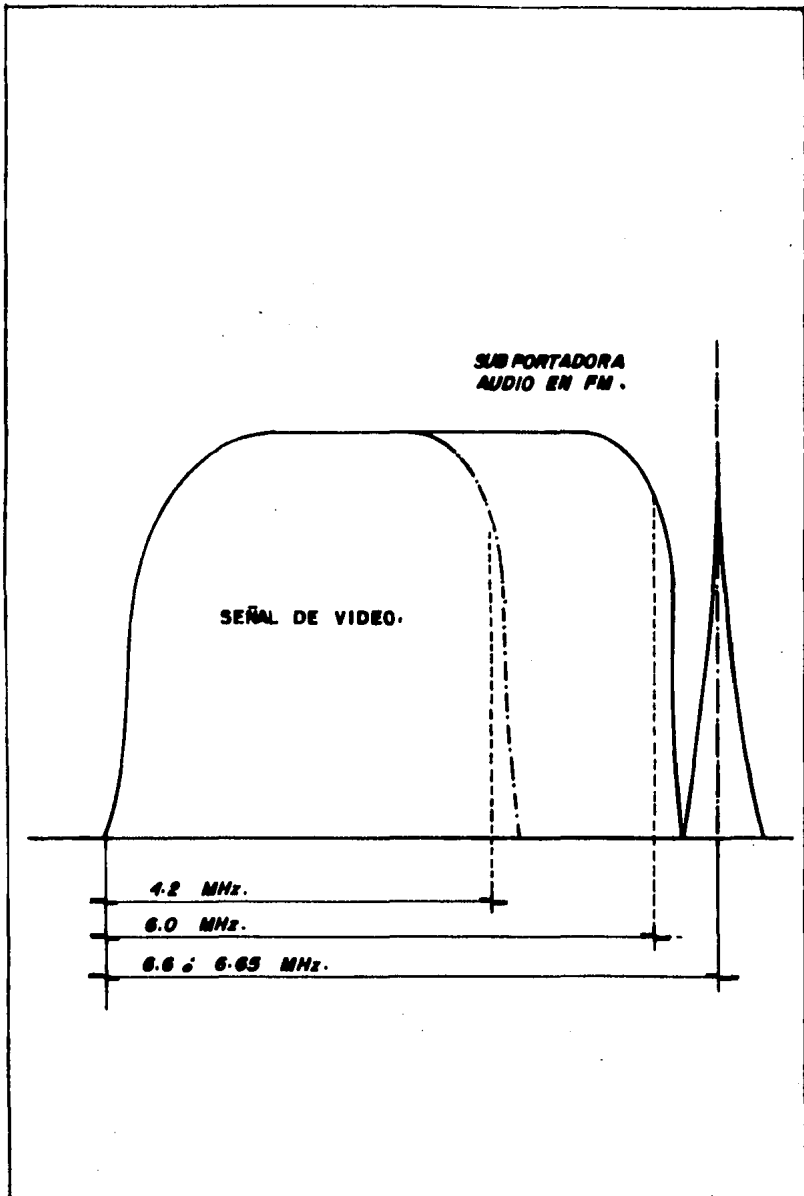
Tanto la figura 6.3.g, como la 6.3.h, ilustraron un poco más lo que se ha mencionado.

El ancho de banda para la señal de video en el sistema Americano sería de 4.2 MHz y de 6 MHz para el Europeo. Dentro del ancho de banda de la señal completa de televisión, la subportadora de audio se puede situar a 6.6 MHz o bien a 6.65 MHz, dependiendo de si se quiere aprovechar una porción baja o alta de frecuencias en el transpondedor.

De esta manera, una señal de televisión se envía al satélite y se recibe de éste en la Tierra.

6.4. ECUACIONES DE ENLACE

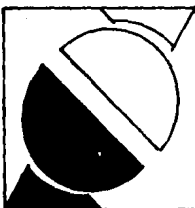
Los problemas que representan la explotación de un amplio ancho de banda, el tipo de acceso múltiple, así como la elección de un sistema de



Arreglo de las señales de TV para transmisión y recepción por satélite en el sistema INTELSAT.

F
63.9.

<p><i>ANCHO DE LA BANDA PARA TRANSMISION Y RECEPCION DE LA PORCION DE VIDEO UTILIZANDO UN TRANSPONDEDOR COMPLETO.</i></p>	<p>30 MHz.</p>	
<p><i>ANCHO DE BANDA PARA TRANSMISION Y RECEPCION DE LA PORCION DE VIDEO UTILIZANDO MEDIO TRANSPONDEDOR.</i></p>	<p>17.5 MHz.</p>	
<p>SISTEMA</p>	<p><i>americano</i> <i>no.</i> 525/60</p>	<p><i>européo</i> 625/50</p>
<p><i>ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL DE VIDEO EN BANDA BASE .</i></p>	<p>4.2 MHz</p>	<p>6.0 MHz</p>



Algunos valores clásicos cuando se maneja televisión por satélite.

F
63-h.

modulación adecuado, son analizados de una mejor manera a partir de las ecuaciones que engloban un enlace completo de comunicaciones.

El análisis de estas ecuaciones se divide en dos partes, la primera es el análisis del radio-enlace con el propósito de determinar la calidad de una transmisión de un punto a otro, expresado en términos de la razón de potencia de la portadora recibida a la densidad de potencia de ruido C/N_0 (ver figura 6.4.a), la segunda es el análisis del efecto de esta relación C/N_0 en la ejecución extremo a extremo de diferentes servicios (video, voz, datos, etc).

Esta separación enfatiza el hecho de que el análisis de C/N_0 sigue el mismo patrón no importando el tipo de servicio que se transmite.

El enlace total se define mediante el análisis de los enlaces ascendente y descendente y del ruido de intermodulación.

La potencia de la portadora está dada por la ecuación:

$$C = S A_e$$

y la densidad efectiva de potencia de ruido por la ecuación:

$$N_0 = kT_s$$

Por lo que la razón portadora a densidad de ruido es:

$$\frac{C}{N_0} = \frac{S A_e}{kT_s}$$

en donde:

$$S = \text{densidad de flujo de potencia} = \frac{P_T G_T}{4 \pi r^2}$$

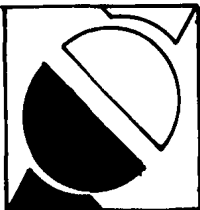
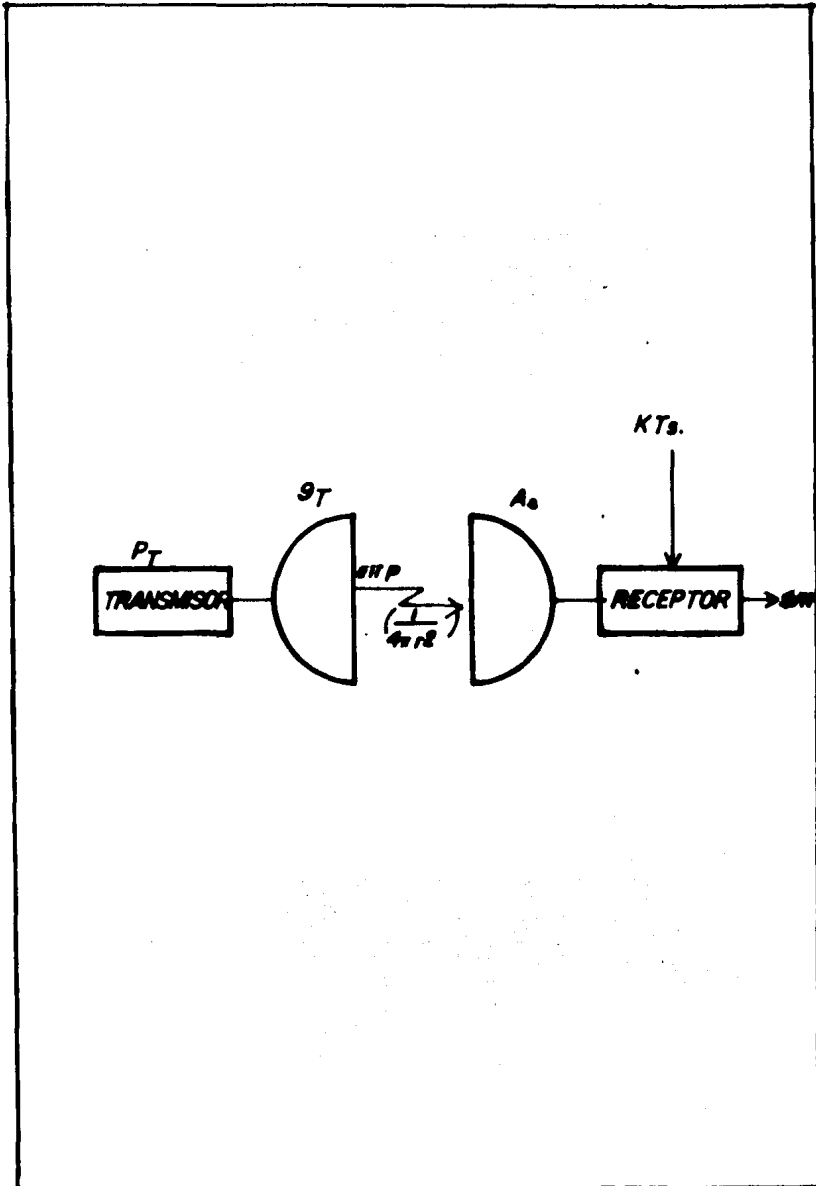


Diagrama de un enlace RF.

F

640.

$$A_e = \text{área efectivo de la antena} = \frac{G_r \lambda^2}{4 \pi}$$

k = constante de boltzmann = 1.38×10^{-23} Joules/K ó 228.6 db

T_s = temperatura del sistema

Sustituyendo:

$$\frac{C}{N_0} = \frac{P_T G_T}{4 \pi r^2} \frac{G_r \lambda^2}{4 \pi} \frac{1}{k T_s}$$

Agrupando términos tenemos que:

$$\frac{C}{N_0} = (P_T G_T) \left(\frac{G_r}{T_s} \right) \left(\frac{\lambda}{4 \pi r} \right)^2 \left(\frac{1}{k} \right)$$

en donde:

$P_T G_T$ = P.I.R.C. potencia isotrópicamente radiada efectiva en la estación terrena, la cual se obtiene del producto de la potencia de transmisión por la ganancia de la antena transmisora.

$\frac{G_r}{T_s}$ = figura de mérito- es la medida de la sensibilidad del receptor en el satélite, la cual se obtiene de dividir la ganancia de la antena receptora entre la temperatura del sistema, esta última incluye el ruido de la antena y el ruido térmico generado en el receptor.

$\left(\frac{\lambda}{4 \pi r} \right)^2$ = al inverso de este término se le llama pérdidas en el espacio libre (L_s); como $\lambda = c/f$ entonces $L_s = \left(\frac{4 \pi r f}{c} \right)^2$ en donde: r es la distancia de la estación terrena transmisora, f es la frecuencia de operación del enlace y c es la velo-

ciudad de la luz.

Ahora bien los cálculos del enlace son usualmente representados en decibeles (db):

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{db} = 10 \log \frac{C}{N_0}$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{db} = \text{PIRE} + \frac{G}{T} - L_s + 228.6 \quad (1)$$

en donde:

$$\text{PIRE} = 10 \log (\text{PIRE}) \text{ en dbw}$$

$$\frac{G}{T} = 10 \log \left(\frac{G_r}{T_s}\right)$$

$$L_s = 20 \log \left(\frac{4 \pi r f}{c}\right) = 92.45 + 20 \log r (\text{Km}) + 20 \log f (\text{GHz})$$

Alternativamente, C/N₀ puede ser expresada en términos de densidad de flujo S, entonces:

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{db} = S + \frac{G}{T} - 20 \log f (\text{GHz}) - 21.45 + 228.6 (\text{db} - \text{Hz})$$

La cual es la ecuación utilizada para el cálculo de la relación portadora a densidad de ruido térmico ascendente.

La ecuación (1) se aplica para calcular la relación portadora a densidad de ruido térmico descendente, sólo que la potencia referida es radiada por el satélite y la figura de mérito es la de la estación terrena receptora.

$$(C/N_0)_D = \text{PIRES} + \left(\frac{G}{T}\right)_{ET} + 228.6 - L_S - M (\text{db} - \text{Hz})$$

donde:

PIRES = potencia isotrópicamente radiada efectiva en saturación del satélite.

$\left(\frac{S}{T}\right)_{ET}$ = figura de mérito de la estación terrena receptora

LS = $\frac{4 \pi r f}{c}$; aquí r es la distancia del satélite a la estación terrena receptora.

M = margen de lluvia

El ruido de intermodulación se determina de acuerdo a la gráfica -- que lo relaciona con el número de portadoras en función del back-off de salida del TWT del satélite, ésto se ilustra en la figura 6.4.b. Debe advertirse que en élla, la relación portadora/ruido de intermodulación está dada en db por lo que es necesario hacer la corrección para que las unidades sean db-Hz (densidad de ruido de intermodulación).

Esta corrección se hace aplicando la siguiente fórmula:

$$(C/N_0)_I = (C/N)_I + 10 \log B_{UP} \text{ (db-Hz)}$$

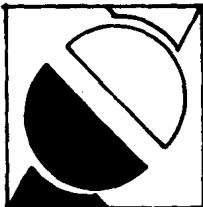
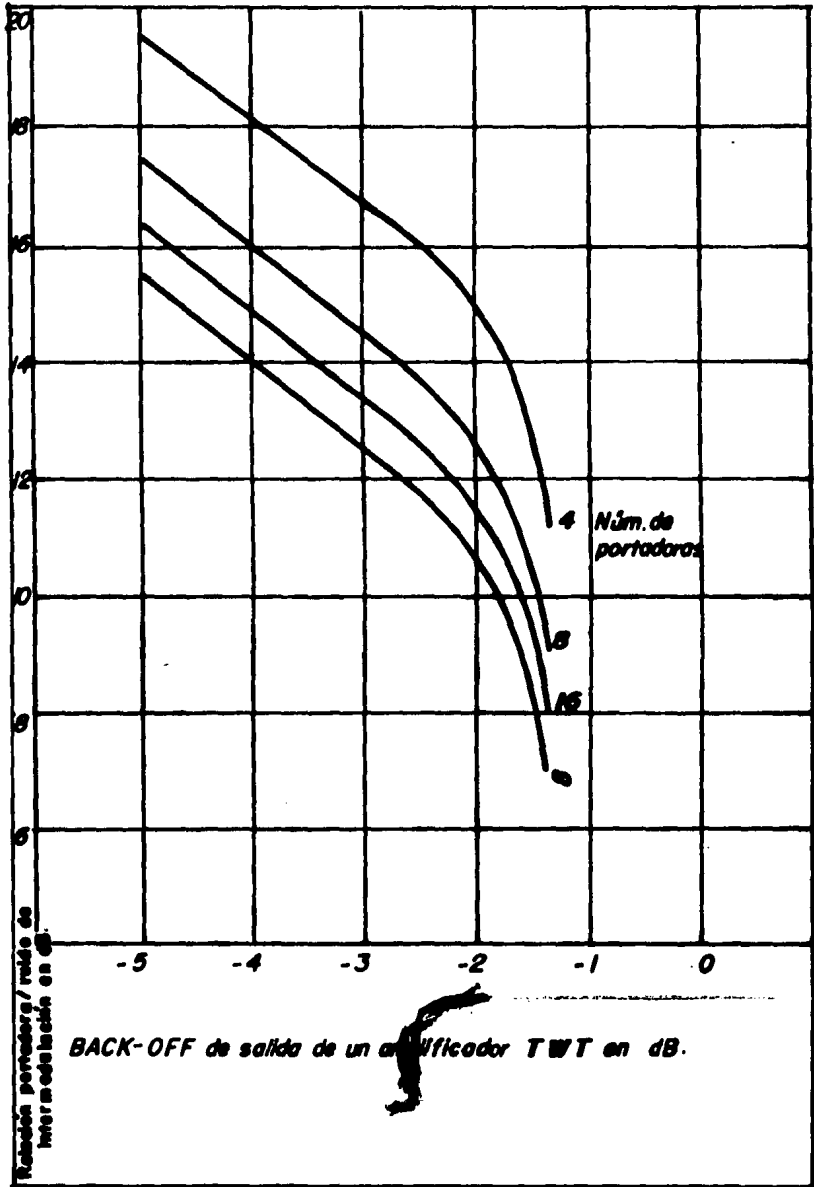
donde:

$(C/N_0)_I$ = relación portadora a densidad de ruido de intermodulación

$(C/N)_I$ = relación portadora a ruido de intermodulación

B_{UP} = ancho de banda ocupado por la portadora de interés

Dado que las fuentes de ruido son independientes, pues no están co-



Relación portadora a ruido de intermodulación en función del BACK-OFF para un amplificador TWT típico.

F
6.4.b.

relacionadas unas con otras y a que los ruidos se pueden sumar a través de toda la trayectoria de enlace, la relación portadora a densidad de ruido total está dada por la relación:

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T^{-1} = \left(\frac{C}{N_0}\right)_A^{-1} + \left(\frac{C}{N_0}\right)_D^{-1} + \left(\frac{C}{N_0}\right)_I^{-1}$$

$$(C/N_0)_T = 10 \log \frac{1}{\frac{1}{\text{Antilog} \frac{(C/N_0)_A}{10}} + \frac{1}{\text{Antilog} \frac{(C/N_0)_D}{10}} + \frac{1}{\text{Antilog} \frac{(C/N_0)_I}{10}}}$$

Otro cálculo que es necesario y que se realiza a partir de la densidad de flujo requerida para trabajar el satélite en un enlace específico, es el cálculo de la potencia en watts que deberá entregar a la salida el amplificador de alta potencia de la estación terrena, llamada comúnmente HPA que corresponden a las siglas en inglés (high power amplifier).

La ecuación que nos da su valor es:

$$\text{HPA} = \text{PIRE} - \text{STX} + \text{LET} + \text{BOHPA} \text{ (dbw)}$$

donde:

PIRE = potencia isotrópicamente radiada efectiva de la estación terrena.

STX = ganancia de la antena de transmisión

LET = pérdidas que sufre la señal antes de ser radiada por la antena, en la estación terrena (guía de ondas, correctores, diplexores, etc.).

BOHPA = back-off de salida del HPA.

Por último para expresar el HPA en watts:

$$\text{HPA} = \text{antilog} \frac{\text{HPA (dbw)}}{10}$$

Una vez calculada la relación portadora a densidad de ruido en el receptor en la parte de frecuencia intermedia, la segunda parte para el análisis de enlaces de portadoras de televisión moduladas en FM examina la relación señal a ruido en banda base, la cual usualmente se calcula en forma teórica como resultado de un proceso de mediciones estándar asumiendo que el sistema esté operando arriba del punto de umbral, en donde la relación S/N a la salida es proporcional a la relación C/No, ésto se ilustra en la figura 6.4.c.

La relación señal a ruido de video está dada por:

$$\left(\frac{S}{N} \right)_T = \frac{C}{N_o} \frac{12 (AFs)^2}{bn^3} \quad \text{-----} \quad (2)$$

en donde:

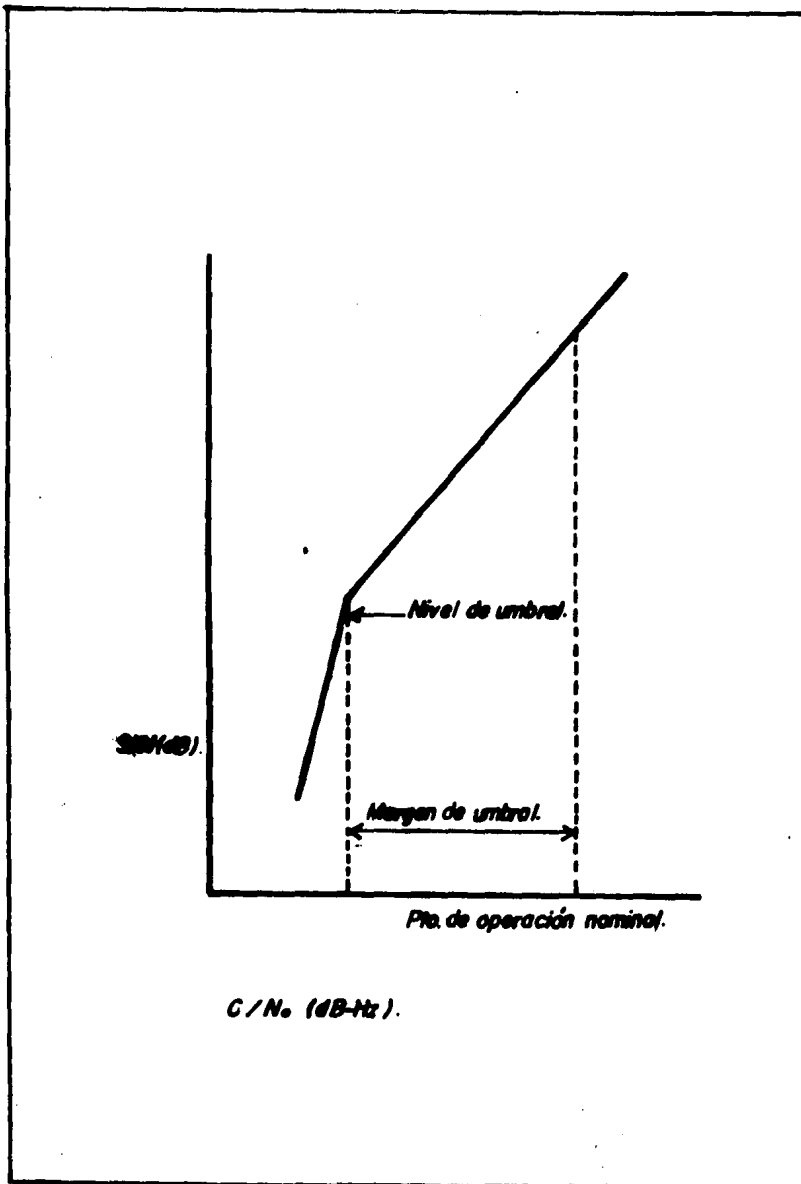
C = potencia de la portadora (W)

N_o = densidad de potencia de ruido en el punto del receptor donde C es medida (W-Hz)

AFs = 1/2 de la desviación pico a pico producida por la señal de video (MHz).

bn = ancho de banda de la función del filtro en banda base con respecto al ruido triangular (MHz).

La ecuación anterior se presenta en forma general para acomodar cualquier estándar de video según especificaciones con los valores apro-



Umbral en sistemas F.M.

F
6.4.c.

piados de AFs y bn. El que aquí se adopta es de la recomendación CCIR 421-3 que se usa para transmisión de video para satélites domésticos.

Para este estándar:

$$F_s = 0.714 F_v ; \quad b_n = 1.574 \text{ MHz}$$

donde:

F_v = 1/2 de la desviación pico a pico producida por la forma de onda del video incluyendo pulsos de sincronía.

$$F_v = 10.75 \text{ MHz}$$

Tradicionalmente las señales de video y de audio se han manejado en portadoras separadas, aquí consideramos el caso del método más actual -- que es el sistema de subportadora de audio de FM ya descrito en el inciso 6.3, en este método la señal de audio forma parte de la información -- contenida en la portadora de video.

La ecuación utilizada para el cálculo de la relación portadora a -- ruido de la subportadora de audio es la siguiente:

$$C/N_{SC} = (C/N)_T + 10 \log (B_{IF} / 2B_{SC}) + 10 \log (A_{FC} / F_{sc})^2$$

en donde:

$(C/N)_T$ = relación portadora a densidad de ruido total

B_{IF} = ancho de banda del ruido de frecuencia intermedia

B_{SC} = ancho de banda del ruido del filtro de la subportadora

AFc = desviación pico de la portadora principal debido a la subportadora

Fsc = frecuencia de la subportadora

La relación señal a ruido de la subportadora de audio se define - - por:

$$S/N_A = (C/N)_{SC} + 10 \log (3(AFsc/Fm)) + 10 \log (Bsc/2Ba) + E$$

en donde:

AFsc = desviación pico de la subportadora

Fm = frecuencia máxima de audio

Ba = ancho de banda de ruido del audio

E = factor de mejoramiento de audio por preénfasis y deénfasis

Todas las ecuaciones que aquí se presentan se utilizan más adelante en cálculos de enlaces para nuestro país con el Sistema Morelos de Satélites.

Capítulo 7

DIFERENTES SISTEMAS DOMESTICOS EN EL MUNDO

7.1. INTRODUCCION

Debido al importante crecimiento de los sistemas de comunicaciones internacionales por satélite, diferentes países se han preocupado por -- aprovechar el gran potencial que ofrece el tener repetidores de señales en el espacio, siendo Canadá el primer país, que en 1972, los utilizó para la prestación de servicios domésticos. Posteriormente se implantaron sistemas similares en Estados Unidos y en Europa. Así pues, consideramos de interés presentar la experiencia que de aquí se deriva para que de esta manera vislumbremos las posibles opciones convenientes de la utilización de un sistema similar en México.

7.2. CANADA

El concentrado interés de Canadá en utilizar el espacio se centra en dos áreas básicas:

- 1.- El estudio de la ionósfera y
- 2.- El desarrollo de la tecnología de los satélites para mejorar -- las comunicaciones en su población.

El primer satélite de Canadá, Alouette I, fue colocado en órbita -- circular a una altitud de 1,000 Km., el 29 de septiembre de 1962. Fue -- diseñado y construido por el Centro de Investigaciones del Ministerio de Comunicaciones, y lanzado al espacio por la NASA. Su misión consistió -- en reunir información sobre las propiedades físicas de la ionósfera. Su vida útil fue de 10 años.

El éxito obtenido con Alouette I condujo a la realización de un -- acuerdo entre Canadá y Estados Unidos para construir y lanzar una serie -- de Satélites Internacionales para Estudios Ionosféricos (ISIS); en 1964, Canadá se unió a otras diez naciones en el primer acuerdo concertado pa -- ra formar un sistema de comunicaciones internacionales que emplearía tec -- nología espacial: INTELSAT.

El extenso territorio de Canadá, aproximadamente diez millones de -- km. cuadrados, su clima tan extremo y sus asentamientos humanos tan di -- ferentemente distribuidos, han creado necesidades especiales en el campo -- de las comunicaciones, la tecnología espacial ha contribuido a resolver -- las. Los logros de Alouette y de los satélites científicos ISIS, junto -- con la temprana participación de Canadá en el desarrollo experimental y -- comercial de INTELSAT señalaron la importancia de los satélites en el me -- joramiento de las comunicaciones domésticas en localidades remotas de -- Canadá. En 1962, el gobierno federal decidió crear un sistema doméstico -- de comunicaciones por satélite con el propósito de promover la unidad, -- la prosperidad y el desarrollo de Canadá.

Telesat Canadá fue incorporada mediante un acta del Parlamento del -- 1 de Septiembre de 1969. Es una empresa cuya propiedad es compartida -- con el gobierno Federal Canadiense y las empresas canadienses de teleco --

municaciones.

Los satélites canadienses para comunicaciones domésticas comerciales se denominaron Anik, cada uno de los tres satélites que corresponden a la serie "A", ofrecen una cobertura total del territorio canadiense, cuenta, cada uno con doce transpondedores (6/4 GHz) que pueden transmitir un programa de televisión o hasta 960 circuitos de voz.

El Anik A-1, lanzado el 9 de Noviembre de 1972 fue el primer satélite doméstico de comunicaciones en el mundo, colocado en órbita geostacionaria. Anik A-2 y Anik A-3 fueron colocados en órbita en Abril de 1973 y Mayo de 1975 respectivamente. Actualmente sólo el Anik A-3 está operando con doce transpondedores de 36 MHz, lo que equivale a una capacidad de 6,000 circuitos telefónicos. Las dimensiones de la serie "A" son: 180 cm. de diámetro, 340 cm. de alto y un peso aproximado de 570 Kgs.

El sistema Telesat ha colocado a Canadá en la posición de líder, internacionalmente reconocido, en comunicaciones domésticas vía satélite. Telesat utiliza TDMA desde 1975 cuando reemplazó un sistema FDMA de 240 circuitos por un sistema TDMA de 400 circuitos.

En Abril de 1971, el Ministerio de Comunicaciones de Canadá y la NASA acordaron fabricar un satélite para comunicaciones que fuese el más poderoso del mundo y lo denominaron Hermes, fue lanzado en Cabo Kennedy el 17 de Enero de 1976.

La Corporación Canadiense de Radiodifusión (CBC) realizó investigaciones en ciudades importantes sobre la recepción directa aplicándola en el campo de la telemedicina con la ayuda de este satélite. El Hermes mejoró la eficiencia y las posibilidades del total del sistema de cuidado de la salud de Canadá, particularmente en localidades alejadas; también se desarrollaron planes de Tele-educación.

El 15 de Diciembre de 1978, la NASA lanzó al espacio el satélite de Telesat Anik-B, sustituye al Anik A-1 y al A-2 en las bandas de 6/4 GHz- y proporciona doce canales de 14/12 GHz para servicio doméstico comercial. El Anik B mide 1.80 m de ancho y 11.3 m de alto con sus alas solares desplegadas.

Con este satélite se amplían los experimentos Hermes. En uno de -- los experimentos, el Departamento de Comunicaciones realizó pruebas de - transmisión directa en áreas remotas con antenas de 1.2 y 1.8 m de diá - metro.

La serie de satélites Anik C y la variedad de servicios que prestan tienen el propósito de satisfacer los requisitos de la comunicación na - cional de Canadá para el inicio de la década de los 90's.

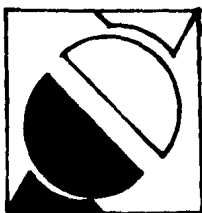
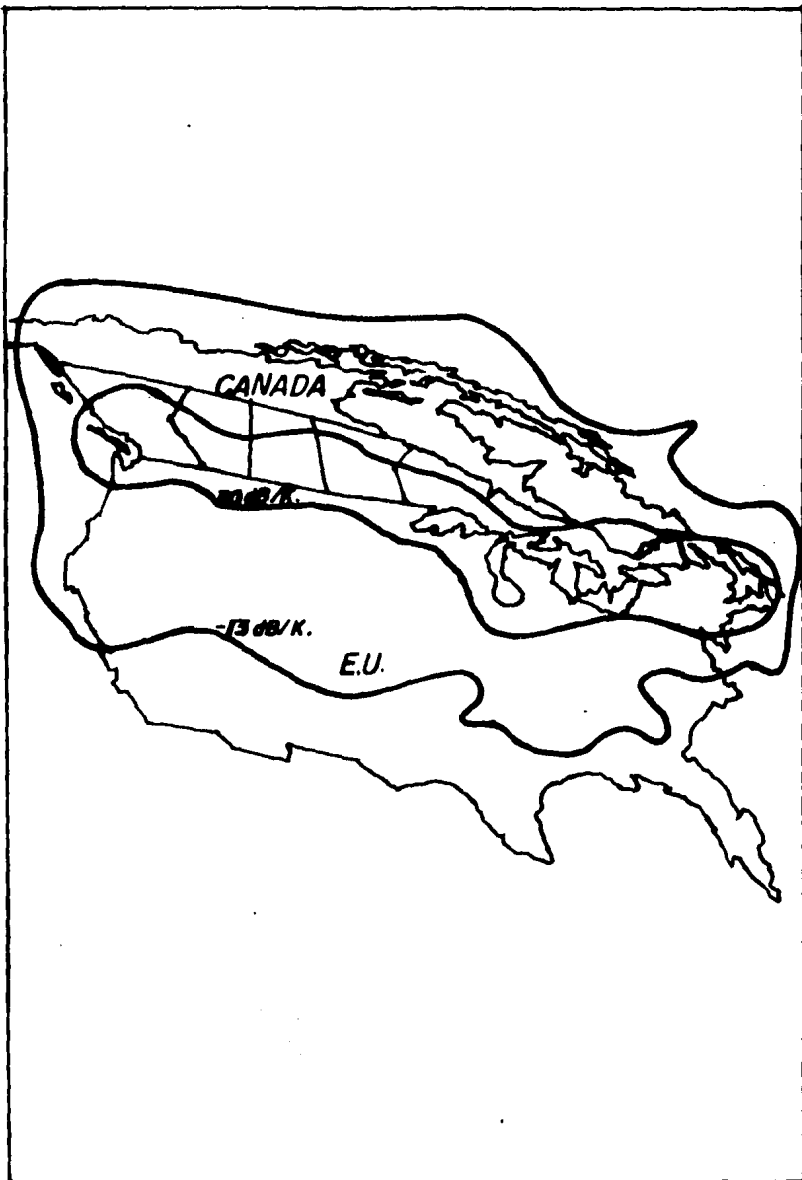
El exitoso lanzamiento del satélite Anik C-3 de Telesat, el 11 de - Noviembre de 1982, a bordo del primer vuelo comercial del Transbordador - Espacial, representó el inicio de una nueva era para las comunicaciones - por satélite en Canadá. Contando con la experiencia adquirida en el sa - télite Anik B, la serie Anik C operará exclusivamente en las bandas de - frecuencias de 14/12 GHz, a fin de proporcionar la capacidad para el cre - cimiento de una amplia variedad de nuevos servicios de comunicación. El Anik C-3, seguido del lanzamiento del Anik C-2 en Junio de 1983 y el - - Anik C-1 a mediados de 1984 tienen, cada uno de ellos, 16 transpondeo - res con una capacidad por canal para una portadora de mensaje digital de 90 Mbps o dos señales de televisión, logrando finalmente, una capacidad - de hasta 96 señales de televisión, o más de 4.2 Gb/s de capacidad de in - formación digital para el uso nacional de Canadá para los principios de la década de los 90's. La elección de las bandas de frecuencia de 14/12 GHz y el uso de haces luminosos así como el volver a usar la frecuencia - para modularización ortogonal, hará que los centros de las mayores áreas - metropolitanas a través del Sur de Canadá tengan un acceso fácil al sis - tema sin los problemas de interferencia que en la actualidad afectan el

uso de las bandas 6/4 GHz.

Después de la colocación del Anik C-3 dentro de su órbita a 117.5 - grados de longitud oeste, el 19 de Noviembre de 1982, se llevó a cabo -- una avalancha de pruebas de campo y ajustes de conexiones durante el pe- ríodo antes y después de la navidad de 1982 para que el 12 de Enero de - 1983 se pudiera decir exitosamente que estaban listos para funcionar los servicios de mensajería y video de alta capacidad del sistema telefónico transcanadiense (TCTS).

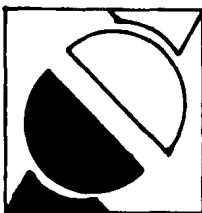
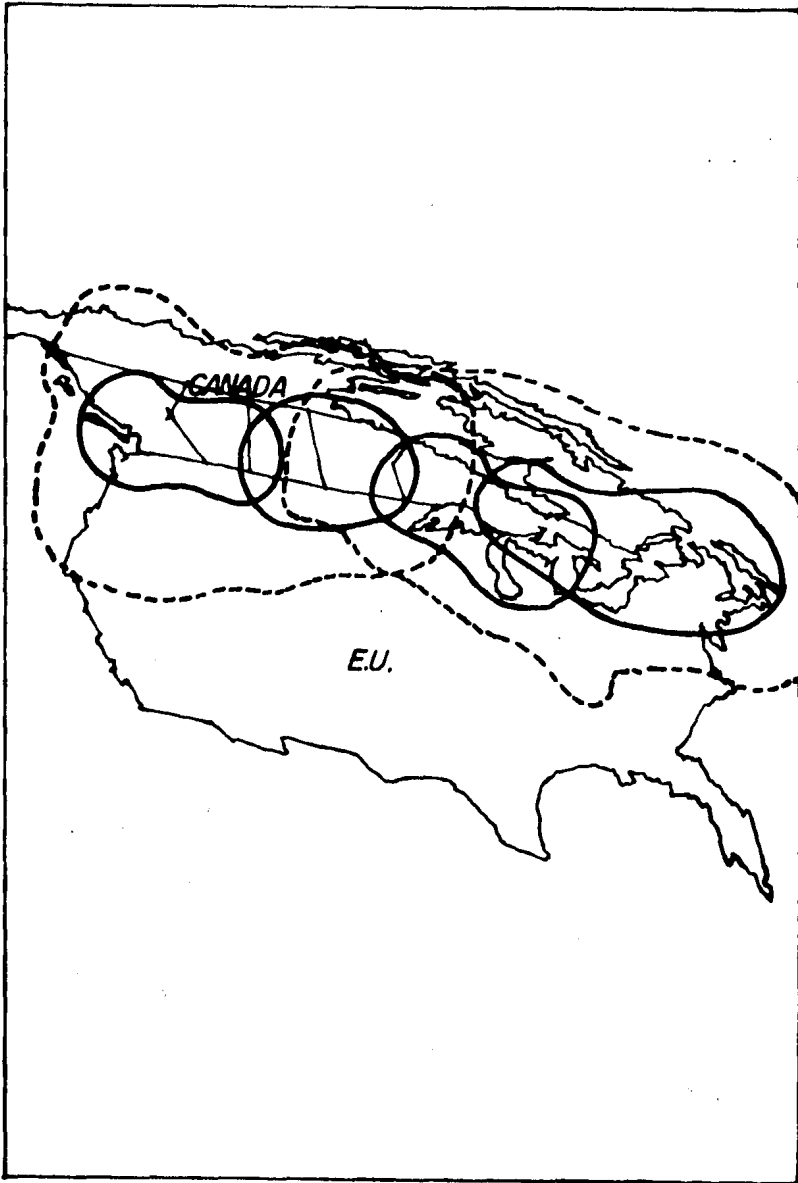
El contrato para construir estos satélites de la serie C que son: - C-1, C-2 y C-3 se otorgó a la Compañía Hughes Aircraft que junto con su principal subcontratista SPAR Aerospace Ltd. los construyó. Las princi- pales características son: potencia del TWT 15 W, PIRE 48 dBw, G/T + 3 - dB/K y 16 transpondedores con un ancho de banda cada uno de 54 MHz. El diseño de la antena para el enlace ascendente proporciona un alcance si- multáneo del Sur de Canadá tanto para la polarización horizontal como pa- ra la vertical. Los diseños de antena para el enlace descendente propor- cionan cuatro haces luminosos (Oeste, Centro-Oeste, Centro-Este y Este), con la polarización vertical utilizada en los dos haces del Oeste y la - polarización horizontal en los dos haces del Este. Las principales apli- caciones de los satélites Anik C son: la distribución regional de tele- visión y el mensaje digital de alta capacidad. En la actualidad, cada - portadora de video del Anik C puede apoyar una subportadora de alto ni- vel y hasta cinco subportadoras de bajo nivel. Este adelanto hace posi- ble la adición de canales de programas estéreo de alta calidad que es un importante factor para los servicios de la televisión de paga. Telesat- está estudiando la posibilidad de la distribución de radio utilizando -- técnicas digitales y el desarrollo de un sistema de transmisión directa. El valor del PIRE es tal que los diámetros de las antenas de recepción - son de 1.2 y 1.8 mt. Ver figura 7.2.a y 7.2.b.

Con el lanzamiento del Anik C-1 el 26 de Agosto de 1982, Telesat --



Mapa de contorno G/T típica, enlace
ascendente ANIKC - 14 GHz.

F
7.2.a.



Mapa de contorno- PIRE típica,
enlace descendente ANIK C-12GHz

F

7.2.b.

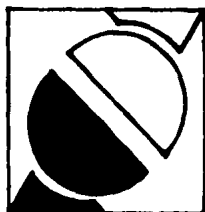
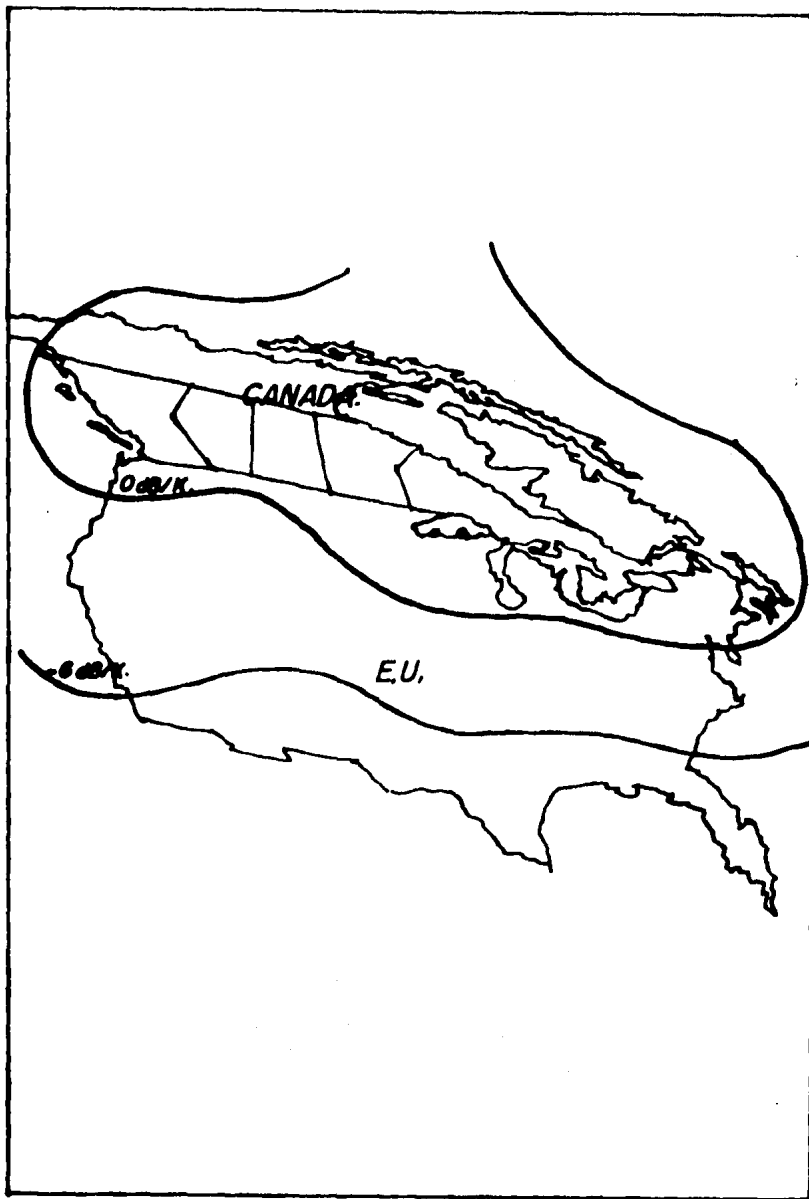
inauguró la generación más reciente de satélites que trabajan en la banda de 6/4 GHz. Estos satélites proporcionan dos veces más amplitud de banda que los satélites anteriores de esta misma frecuencia. Los avances en la tecnología también han proporcionado un mejor funcionamiento -- por medio del PIRE aumentado, mejor G/T y el perfeccionamiento de los -- filtros del canal RF.

Los satélites Anik D se diseñaron para substituir las series de satélites A y B, a fin de continuar prestando los servicios de alcance en -- Canadá, tales como la difusión televisiva y mensajes telefónicos. El -- servicio de televisión ha aumentado considerablemente en los últimos años y como resultado, el Anik D-1 se ha transformado en un satélite de servi cios de video, mientras que el Anik D-2, programado actualmente para su lanzamiento a finales de 1984, tomará a su cargo los servicios existen -- tes de mensaje, aplicaciones del transpondedor y otros servicios nuevos.

La compañía Spar Aerospace Ltd., de Montreal, principal contratista, en cooperación con la compañía Hughes Aircraft Co., construyó los -- satélites. Sus características principales son: peso 1217 Kg, altura -- 6.57mt, diámetro 2.16 mt, vida 10 años, potencia del TWT 11W, PIRE 38dBJ, transpondedores, ancho de banda de cada transpondedor 36 MHz y G/T 0 - - dB/K.

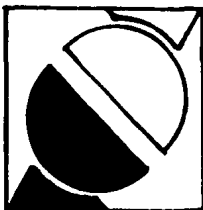
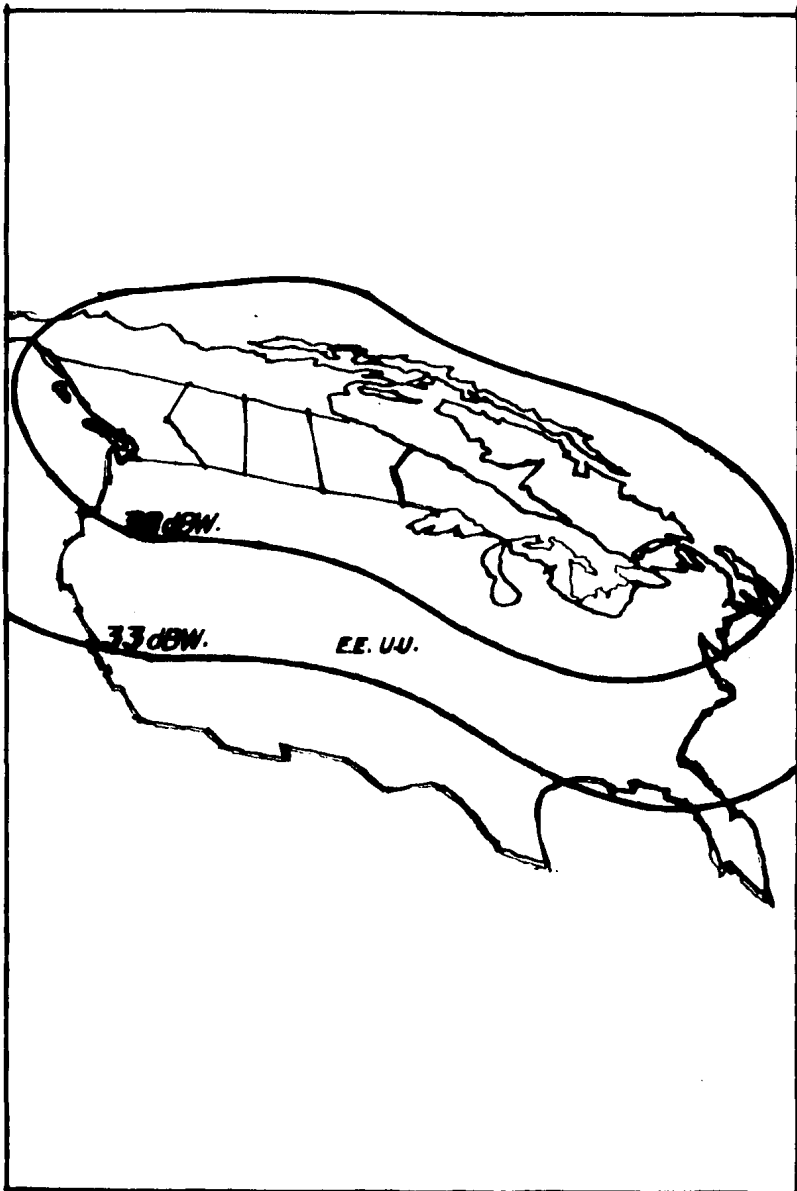
El Anik D-1 proporciona un alcance a todo Canadá con un solo haz, -- por lo que es atractivo para los clientes que necesitan alcance nacional; algunos de éstos son la Canadian Broadcasting Corporation (CBC) y la Canadian Satellite Communication Inc. (CANCOM). La consolidación de la -- televisión en un solo satélite tiene ventajas obvias para los usuarios -- del servicio, ya que aumenta al máximo el uso de una antena de la esta -- ción terrena. Ver figura 7.2.c y 7.2.d.

En la actualidad, la CBC tiene cinco canales en servicio sobre el -- Anik D-1 que dan emisiones en inglés y francés desde la Casa de los --



Mapa de contorno - **GT** típica,
enlace ascendente ANIK D-6 GHz.

F
7.2.c.



Mapa de contorno - FIRE típica,
enlace descendente 4 GHz.

F

7.2.d.

Comunes.

La CBC también está considerando la transferencia en el futuro de aquellos servicios que actualmente están en el Anik B, hacia el Anik D-1. Estos conducen la programación del servicio del norte y Red de CBC y proporcionan dos canales para uso ocasional, que se utilizan para recabar noticias y difundir eventos especiales.

CANCOM proporciona servicio de cuatro canales de televisión para áreas remotas y con pocos servicios. La CRTC autorizó recientemente a CANCOM a ampliar lo anterior con cuatro canales de programación estadounidense, sólo que estos servicios nuevos están mezclados y disponibles para suscriptores autorizados.

Hasta que se requiera para los usuarios canadienses la capacidad total del Anik D-1, quedará disponible el exceso de capacidad para el uso interno por parte de las organizaciones en los Estados Unidos.

El Anik D-2 tomará a su cargo los servicios del Anik B que habrá estado en órbita 6 años aproximadamente para el momento del traspaso. Este nuevo satélite no sólo dará continuidad al servicio, sino que también proporcionará un aumento de la capacidad de expansión con nuevos servicios.

Los satélites Anik D introducen algunas características nuevas que deben considerarse en el diseño de los sistemas de operación.

El uso de canales RF de polarización cruzada lleve a problemas potenciales de interferencia entre las portadoras de la misma frecuencia pero que utilizan polarización opuesta. A fin de disminuir estas degradaciones en el funcionamiento del sistema, debe tenerse cuidado al asignar los canales RF que se usarán para diferentes tipos de servicio. Además, deben especificarse las antenas que tienen buena discriminación de pola-

rización cruzada.

El PIRE incrementado de Anik D mejora el funcionamiento o permite una reducción modesta en el tamaño de la antena para las estaciones receptoras de TV. Sin embargo, también deben considerarse los efectos de la interferencia de satélites adyacentes al seleccionar el tamaño de una antena. La separación actual entre el Anik D-1 y Westar IV es de 5.5 grados; sin embargo, los acuerdos existentes con los Estados Unidos y Canadá permitirán un satélite a una distancia de 3.5 grados.

Se anticipa un gran crecimiento en los servicios de TV y se hacen planes para que los servicios de transferencia de datos se realicen con la técnica TDMA.

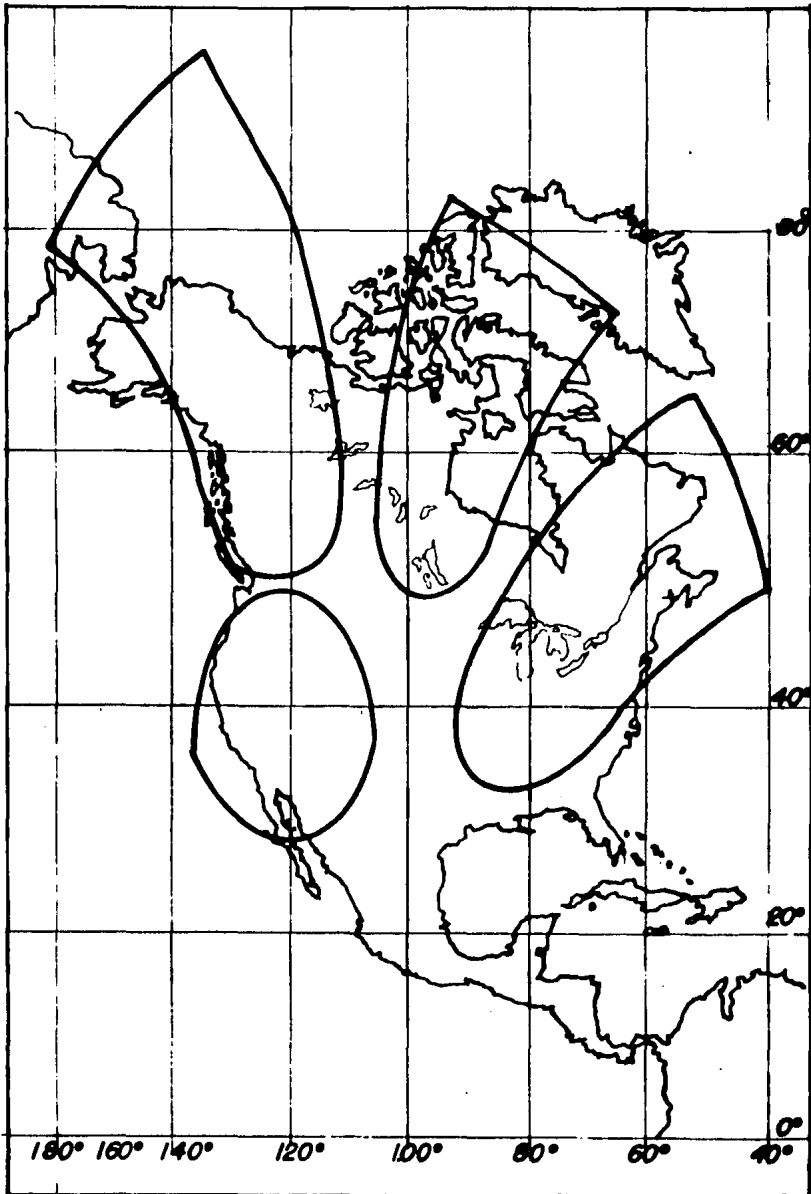
7.3. ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

El 17 de Enero de 1976, la CTS (Canadian Communications Technology-Satellite) y la NASA, lanzaron el Hermes (mensajero de los dioses) para investigar la aplicación de los satélites de tecnología avanzada y experimentar con la recepción directa de programas de televisión a 12 GHz.

Cada país tiene al 50% el satélite y alternando los días, lo usan con programas experimentales.

El Hermes pesa 700Kg, tiene 3 ejes de estabilización, sus celdas solares producen 1200 W de potencia eléctrica. Está ubicado en órbita geostacionaria a 116 grados de longitud oeste, está equipado con dos antenas direccionales con 2.5 grados de ancho de haz. Hermes ilumina toda la costa Oeste de Estados Unidos hasta Alaska y la parte noroeste del territorio americano y por supuesto abarca casi la totalidad de Canadá. -- Ver figura 7.3.a.

La potencia de la señal de salida es de 200 W y es modulada en FM -



Mapa de contorno producido por
el satélite HERMES.

F

7.3.e.

entre los 12.038 y 12.123 GHz. La banda de video para este servicio está acompañada por un canal de audio centrado en los 5.14 MHz. Dos sub-portadoras más de sonido en 5.41 y 5.79 MHz son usadas para otros servicios.

Los fines de este programa fueron:

- 1.- Reunir datos acerca de:
 - a) Variaciones diarias de la calidad de imagen y el sonido
 - b) Confiabilidad a largo plazo
 - c) Efectos de la nieve, lluvia, temperatura, viento y hielo en el equipo exterior

- 2.- Demostrar al público que la recepción directa con antenas de --
1.2 m es algo viable.

Existe actualmente en Estados Unidos un número no definido de hogares que reciben actualmente la señal televisiva directamente de diferentes satélites en la banda "C" con antena de tres metros, sin embargo, el ideal del sistema es que se reciba con antenas cuyo diámetro sea de un metro o tal vez un poco menos.

Los sistemas DBS se harán en la banda Ku con amplificadores de alta potencia a bordo de los satélites. Los satélites con estas características no serán lanzados antes de 1985, sin embargo, la STC (Satellite Television Corporation) tiene planes para ofrecer el servicio con el satélite SBS 4 mientras entran en operación los satélites idóneos para este -- servicio. El satélite SBS 4 se lanzará a finales de 1985 en el transportador espacial al igual que su antecesor, el SBS 3. Ambos satélites pertene-cen a la Satellite Business Systems que es una empresa formada por -- IBM, Aetna Life & Casualty Co. y Comsat.

En Junio de 1983, el Challenger lanzó el satélite canadiense Anik C-1

que será utilizado entre otras cosas por la GTE Satellite Corp. para seguir experimentando con transmisiones de televisión por satélite directamente a los hogares.

En esta segunda misión del transbordador espacial Challenger y séptima del programa de transbordadores, los astronautas colocaron un satélite en órbita y luego, mediante un brazo mecánico de 15 metros, lo recuperaron en una acción que demostró la capacidad de la nave para recobrar en el espacio satélites averiados con lo que se ahorrarán cientos de millones de dólares.

El satélite canadiense Anik C-2 renta cinco transpondedores para dar un servicio "interino" de televisión directamente a los hogares estadounidenses que usan antenas de 1.2 a 1.8 metros de diámetro. Ver figura 7.2.a, y 7.2.b.

Una subsidiaria de Comsat, la Satellite Television Corp. ya ha invertido 500 millones de dólares para desarrollar un sistema directo de transmisión, y a principios de 1982, obtuvo una licencia por parte de la Comisión Federal de Comunicaciones, para ponerlo en funcionamiento, probablemente en 1986.

En Noviembre de 1982, la Comisión dió la aprobación para usar DBS a varias otras empresas ansiosas, incluyendo la CBS Inc., Graphic Scanning Corp., RCA, Western Union y Video Satellite Systems Inc.

La RCA está por invertir 100 millones de dólares para comprar dos satélites con opción a adquirir otros cuatro para cubrir totalmente los Estados Unidos en 1986 proporcionando seis canales.

Cuando esto suceda, las transmisiones podrán captarse con antenas de 1.2 y 1.4 metros. Se espera desarrollar aún más la potencia de los satélites para que sea posible usar antenas de 60 a 75 centímetros y de

90 centímetros para localizaciones con problemas de recepción.

La CBS tendrá tres canales mezclados para TV de alta definición - - (HDTV) y sonido estéreo. La Satellite Broadcasting desea cubrir la zona Este y la central con tres canales, agregará otro satélite para la zona del pacífico. La Video Satellite Systems tiene un proyecto similar para dos satélites pero cada uno con un canal televisivo solamente. La compañía Direct Broadcasting Satellite Corp., iluminará tres áreas con seis canales y Western Union dará el servicio al Este con un canal y al Oeste con otro.

Se espera obtener una estación terrena casera por menos de 500 dólares.

Cualquier compañía capaz de adelantarse a sus competidores en un mercado totalmente abierto y nuevo, obviamente tendría una ventaja y hay -- una compañía, la General Instrument Corp., que está llevando la delantera rentando el equipo por 35 dólares mensuales, esperando a finales de - 1984 proporcionar cinco canales de noticias y programación de entrenamiento.

Las compañías que ofrecen servicios de satélite deben competir por los derechos de acceso a los transpondedores cuando éstas no tengan satélites propios o deseen ampliar sus servicios.

A bordo de los 20 satélites comerciales que se encuentran actualmente en servicio doméstico en Estados Unidos, hay entre diez y veinticuatro transpondedores.

Algunas firmas de hecho han empezado negocios para controlar a los transpondedores antes de que sean lanzados, práctica alentada por las regulaciones de la Comisión Federal de Comunicaciones que exigen que los propietarios de satélites ofrezcan transpondedores a los clientes --

a precios fijos, sobre la base de "el que llegue primero se lo lleve".

En un esfuerzo por obtener más que el valor del mercado por los transpondedores, la RCA Corp., subastó en Noviembre de 1981 transpondedores para renta en Sotheby Bernet en Nueva York. Los siete transpondedores que fueron subastados publicamente, lanzados a bordo del Satcom IV dos meses después, le redituaron entre 10.7 y 14.4 millones de dólares inmediatamente en la operación, y hubieran redituado a la RCA 90 millones más de no haber sido por que ésta declaró después a la subasta como ilegal, sobre la base de que socavó la intención de las regulaciones a las tarifas.

La disputa en torno de los transpondedores es especialmente intensa entre las compañías programadoras de televisión por cable, que consideran a estos aparatos como una forma de reducir los costos y ganarle a la competencia. Para ellos los más codiciados son los Satcom III-R de la RCA con 24 a bordo, puestos en órbita en Noviembre de 1981.

La compañía Western Union renta cuatro transpondedores en varios satélites y vende tiempo de esos satélites a clientes que desean servicios temporales, principalmente para eventos deportivos.

Originalmente los Satcom eran rentados por la RCA a compañías de programaciones variadas hasta por 1.5 millones de dólares al año, sin embargo, para Julio de 1981, cuatro meses antes de que el Satcom III-R fuera siquiera lanzado, la demanda para el espacio y el satélite había crecido tanto que la Landmark Communications Inc. de Norfolk, Virginia, que transmite pronósticos meteorológicos durante las 24 horas del día se encontró con que tenía que pagar 10.5 millones de dólares para adquirir derechos de subarriendo de uno de los transpondedores Satcom. El vendedor del arriendo era la red Premier, que fué una fracasada aventura empresarial de varios estudios de cine de Hollywood. La mejor manera de hacer descender los precios de los transpondedores es aumentando el sumi

nistro de satélites.

Para que funcione el sistema DBS según los planes ya establecidos, deberán resolverse los problemas legales y de financiamiento que aún no se han atacado.

El costo de lanzamiento de tres o cuatro satélites y la producción de programas televisivos para empezar a usar el sistema, supera los 750-mil millones de dólares.

Es necesario que funcionen varios satélites para que exista una gran diversidad de programas de donde escoger para que las personas compren o renten una terminal.

En 1983, Estados Unidos obtuvo ocho posiciones orbitales para usar DBS. Aproximadamente de cinco a ocho satélites pueden estar en cada órbita y una utilización eficiente de cuatro o cinco transpondedores de cada satélite, permitirán que en 1988 operen veinte satélites que den servicio de transmisión directa. Sin embargo se espera que para 1986 cuatro millones de hogares tengan ya el equipo de radiodifusión directa contando ya con canales de audio en estéreo.

Muchas compañías ven a los satélites de comunicaciones como un medio de negociar a distancia, sin que sus empleados tengan que viajar y gastar. A esta técnica se le llama "teleconferenciar" y consiste en asambleas televisivas por circuito cerrado entre personas que podrán estar en ciudades y lugares separados por miles de kilómetros. Por ejemplo, la Atlantic Richfield Co., construye una extensa red industrial con el satélite de comunicaciones Satcom II de la RCA Corp., en el núcleo orbital y las estaciones terrenas en las oficinas de la empresa en Los Angeles, Dallas, Denver, Filadelfia, Anchorage y la vertiente norte de Alaska. Este sistema permite a gerentes e ingenieros en esos seis lugares conferenciar entre sí en imágenes nítidas. Las imágenes en las pantallas

son generadas por 1,000 líneas por imagen, en contraste con las 525 líneas que recibe el receptor de televisión norteamericano común y corriente, esto permite la transmisión de mapas y dibujos con la claridad excepcional.

Los beneficios sociales que prestan los satélites seguirá aumentando en cuanto exista la transmisión directa, por ejemplo, la Universidad de Hawaii se ha valido del PEACESAT (Experimentos de Educación y Comunicaciones Pampacificas por Satélite) para transmitir una amplia variedad de servicios médicos educacionales y de emergencia a siete naciones y territorios diseminados sobre más de 1.5 millones de kilómetros cuadrados del Océano Pacífico. Las dos mil islas carecen prácticamente del servicio telefónicos y el PEACESAT es lo que las mantiene unidas sosteniendo teleconferencias, transmitiendo llamadas telefónicas y médicas urgentes, para labores de auxilio como en el caso de inundaciones o para apresurar las remesas de provisiones y servicios que se vayan necesitando.

7.4. EUROPA

Poco después del lanzamiento del primer satélite de comunicaciones geostacionario, los planes iniciales se han desarrollado y ampliado para utilizar este medio de radiodifusión. Un primer paso en esta dirección fué la distribución de las frecuencias para futuros servicios de radiodifusión vía satélite por la WARC 71. La prueba decisiva fué entonces la WARC 77 cuando parámetros de transmisión, posición de órbita y zonas de cobertura fueron definidas para países individuales, principalmente de Europa.

En 1971, la industria alemana empezó a desarrollar actividades en el campo de la transmisión directa. Su programa, fundamentalmente se centraba en el análisis de sistemas, definición y especificaciones de sistemas de satélites de radiodifusión directa. Sobre estas bases se desarrollaron tubos de ondas progresivas de alta potencia. En base a los

- resultados de la WARC 77, la industria alemana estaba en posición para - continuar sus proyectos, y consolidando actividades para el arranque del desarrollo del proyecto "TV-SAT". En Abril de 1980, un convenio de los gobiernos de Francia y Alemania fue firmado para dar comienzo a este proyecto y adjudicarse el contrato para un consorcio industrial Franco-Alemán el cual es responsable del desarrollo y producción de un sistema DBS para cada país. El presente contrato del programa se compromete a lanzar los satélites desde Kourou, Guayana Francesa (Norte de Sudamérica) - en 1985.

La conferencia "Sistemas de Satélite de Radiodifusión Directa" de la NTG (Rundfunk-Satellitensysteme) se efectuó en Alemania en Octubre de -- 1982, proporcionó una plataforma para expertos de Alemania y de otros - países europeos para analizar y discutir el estado de la planeación internacional, actividades del sistema, estudios teóricos y el desarrollo de futuros sistemas DBS, así como actividades para el desarrollo de las instalaciones de TVRO.

La conferencia se desarrolló en cinco sesiones: "Sistemas", "Subsistemas de Satélite", "Instalación de Estaciones Terrenas Receptoras", --- "Equipo de Comunicaciones" y "Resultados de Pruebas".

El énfasis principal de la sesión "Sistemas" fué el análisis crítico de los parámetros del sistema, se trataron métodos de transmisión analógica y digital de señales de video y audio.

El punto de atención de la sesión "Subsistemas de Satélites" es el sistema DBS "TV-SAT/TDF I" franco-alemán.

La sesión "Instalación de la Estación Terrena Receptora" cubrió aspectos del sistema y desarrollo del equipo para futuras instalaciones TVRO. Las aportaciones de diferentes estudios describen la recepción casera y comunitaria y un documento reporta el desarrollo de un transmisor y re -

ceptor para transmisión de QPSK de 16 programas de radiodifusión de audio estéreo en multiplexaje de tiempo.

La sesión "Equipo de Comunicaciones" se concentró sobre una nueva -- tendencia del desarrollo de circuitos analógicos y digitales.

La última sesión se dedicó para los resultados de pruebas de transmisión y experimentos de propagación en el programa OTS. La conferencia y sus varios tópicos demuestran un impresionante avance en una década en la planeación de sistemas y desarrollos en las comunicaciones vía satélite.

La Agencia Espacial Europea (AEE) fue fundada en 1972 por un consorcio de diez naciones europeas encabezado por Francia y Alemania Federal, ha venido trabajando en una opción atractiva para clientes que se propongan otras alternativas a las que la NASA ofrece y poner en órbita satélites mediante el cohete Ariane.

Gracias a la AEE, Europa ha reforzado sus medios y su destreza tecnológica, sin embargo, la AEE debe vencer todavía el desafío de trabajar mejor y a menor costo. A pesar de ello se ha decidido emprender programas de satélites experimentales extremadamente costosos; casi tres millones de francos para un único satélite de telecomunicaciones: L-SAT. Esta situación no es normal sobre todo porque provoca una gran carga financiera en los estados miembros de medios limitados. Así ocurre en el caso de L-SAT, en el que no participan ni Francia ni Alemania ya que estos dos países convinieron en emprender un proyecto bilateral.

En realidad quedan pocas posibilidades de innovación a la vista de los recursos financieros relativamente limitados con que la AEE cuenta. El esfuerzo espacial europeo es ocho veces menor que los de la Unión Soviética o los de Estados Unidos.

El primer satélite experimental de telecomunicaciones OTS-2 fue lanzado el 11 de Mayo de 1978 para sustituir al primer modelo OTS 1 perdido en la explosión del cohete norteamericano Delta.

El OTS 2 se utiliza para experimentos de propagación y para pruebas de telecomunicaciones a 11/12 GHz, para transmitir programas de Túnez, - Malta, Finlandia, Noruega y Holanda. A este satélite le quedan ya muy - pocos meses de vida, finaliza su misión a finales de 1984.

Los primeros satélites europeos de telecomunicaciones públicas ECS - se lanzaron a partir de Enero de 1983. Se prevén cinco satélites para - mantener en servicio durante diez años la red de la Organización EUTEL - SAT. Cada satélite podrá retransmitir 20,000 comunicaciones telefónicas y dos programas de TV en color a Europa y a la cuenca mediterránea.

El nuevo satélite experimental de comunicaciones L-SAT (Large-Sate - llite) que debe lanzarse en Mayo de 1986 permitirá a la vez desarrollar un cohete pesado tipo Ariane y ensayar varios equipos de telecomunicacio - nes en la frecuencia de 20/30 GHz que se utilizarán en los futuros saté - lites europeos. L-SAT servirá también para la radiodifusión directa de TV a Italia. El costo de este programa se estima en 2,472 millones de - francos por un único satélite, este presupuesto corresponde a las 2/3 -- partes de los recursos de la AEE.

El 16 de Junio de 1983, desde Kourou se lanzó exitosamente el sexto - cohete europeo Ariane por la AEE.

Se colocaron en órbita dos satélites; el Amsat P3-B de una organiza - ción mundial de radioaficionados y el ECS-1 de la Organización Europea - de Telecomunicaciones por Satélite (EUTELSAT) que agrupa a veinte países de Europa Occidental. Este primer satélite trabaja en la banda de 12/14 GHz dando servicio a Bélgica, Alemania, Francia, Italia, Noruega y Sui - za.

Los servicios que proporciona el SMS del EUTELSAT son los siguientes:

a) Parte del TELECOM 1. Ver figura 7.4.a.

- servicio de circuito por conmutación
- servicio de reservaciones

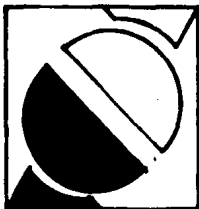
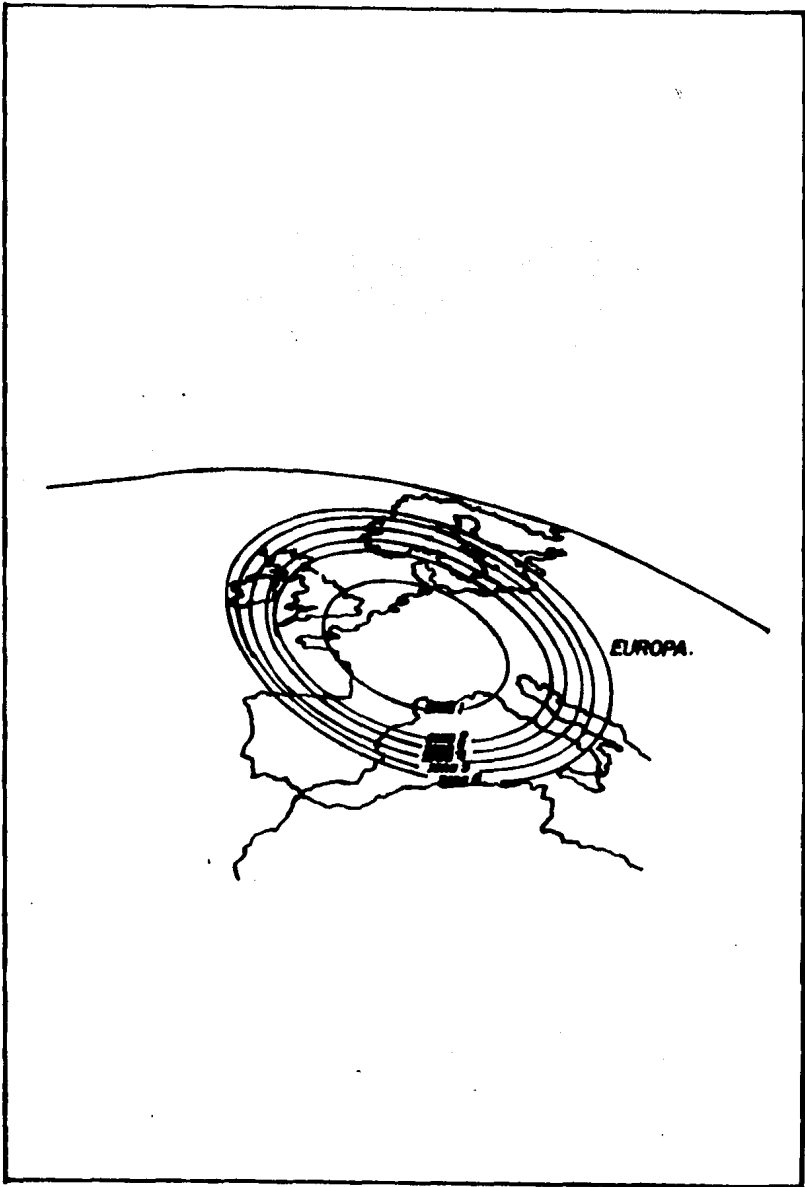
b) Parte del ECS. Ver figura 7.4.b.

- servicio alquilado por tiempo completo
- servicio de línea arrendado por medio tiempo

Las aplicaciones específicas para las que se adapta particularmente el sistema son la videoconferencia, audioconferencia, transferencia de computadora a computadora, impresión remota, portador de datos por comunicación en paquete, facsímil sólido, teletex, TV de exploración lenta y correo electrónico.

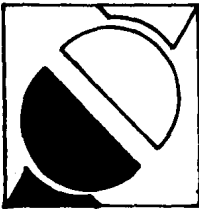
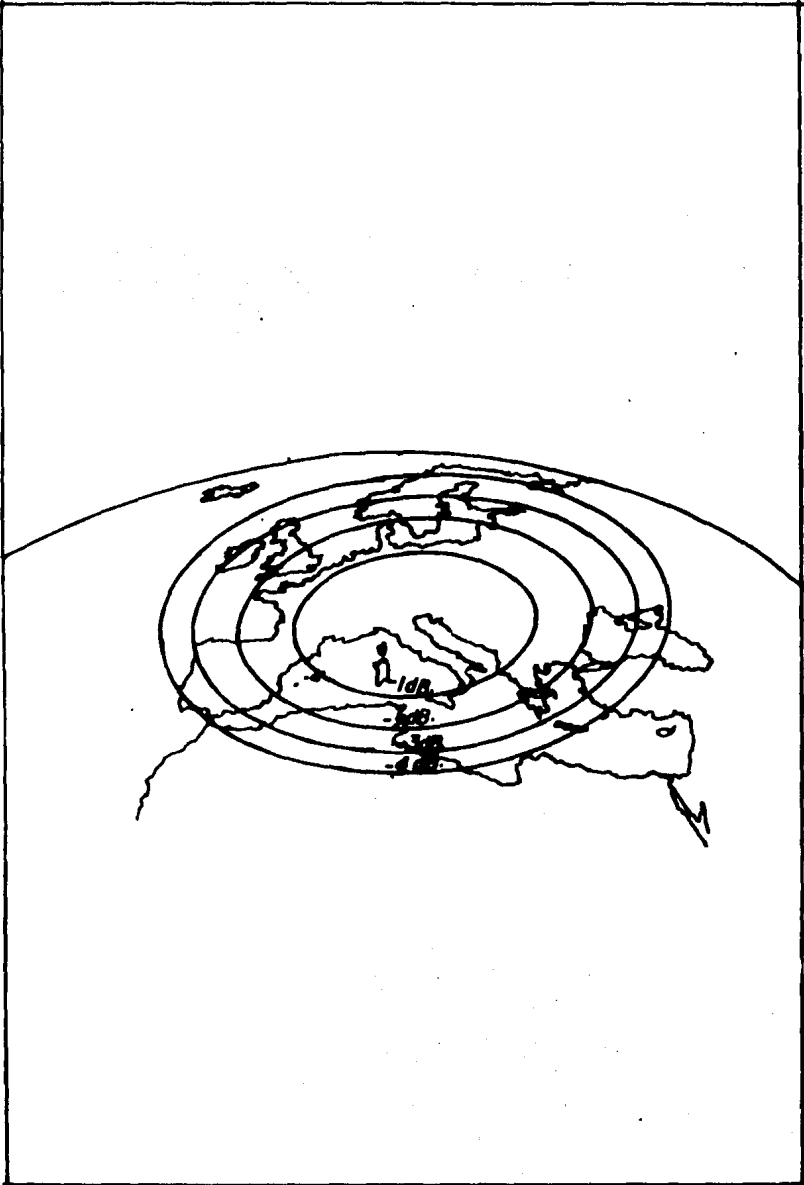
Cinco de los seis transpondedores de TELECOM 1 en la banda 14/12 GHz se usarán para el funcionamiento del SMS y el acceso a los mismos será por TDMA a una velocidad de transmisión de 24.576 Mbit/s. El método de modulación es DPSK de dos fases. Se especifica el alcance de la antena del satélite en seis diferentes zonas, que originan seis diferentes conjuntos de características de estaciones terrenas. La zona 6 constituye el límite para operar dentro del haz de la antena de TELECOM 1.

El primer segmento espacial EUTELSAT fue concebido como un apoyo a la red terrestre europea. El desarrollo del segmento espacial ha tenido lugar en un momento cuando la demanda de la capacidad en órbita está prosperando y hay un gran potencial de que la explotación de nuevos mercados sea de provecho. Se ha considerado nuevamente el uso del segmento espacial EUTELSAT para satisfacer la creciente demanda, a fin de proporcionar una herramienta para probar la sensibilidad del mercado para nue-



Mapas de contorno del
TELECOM I- SMS.





Mapas de contorno del ECS-SMS.

F
7.4.b.

vos servicios de comunicación por satélite. El nuevo uso del segmento - especial EUTELSAT dará a Europa un sistema de comunicaciones vía satélite económicamente viable, que beneficiará tanto a los usuarios como a -- las industrias europeas.

Dadas las condiciones actuales en el continente, se puede lograr el objetivo anterior a través de una cooperación estrecha entre las entidades e industrias de la telecomunicación a nivel regional. EUTELSAT es - un ejemplo válido de cómo los intereses regionales se pueden satisfacer únicamente mediante soluciones regionales.

Capítulo 8

BREVE RESEÑA DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE EN MEXICO

8.1. ANTECEDENTES E INFRAESTRUCTURA

El establecimiento de la red federal de Microondas, la estación terrena de Tulancingo y la Torre Central de Telecomunicaciones, constituyeron un gigantesco paso para el desarrollo de los servicios de radiodifusión visual en el país.

Con la red federal de Microondas (RFM), que en sus inicios estaba constituida por 21 rutas troncales, se tuvo la capacidad para la conducción y distribución de varias señales de televisión en territorio nacional. A través de este sistema de microondas se enlazaron la estación terrena de Tulancingo, Hgo., y la Torre Central de Telecomunicaciones (TCT) para, con ésta, establecer las comunicaciones internacionales vía satélite.

En la TCT se localiza el Centro Nacional de Operaciones para la dia-

tribución y procesamiento de las señales de TV que se canalizan a través de la RFM.

Un hecho afortunado que vino a impulsar la infraestructura de las comunicaciones en México, lo constituyó la celebración en nuestro país de la XIX Olimpiada, ya que debido a la importancia del evento, se planteó la necesidad de transmitir imágenes de televisión a todo el mundo, y por ello se impulsó fuertemente el desarrollo y establecimiento de la Red Federal de Microondas.

En 1967 el gobierno adquiere los equipos y sistemas para integrar la estación terrena de Tulancingo, la cual entra en servicio en octubre de 1968, transmitiendo las imágenes de los Juegos Olímpicos y utilizando en ese entonces el Satélite denominado ATS-3 como medio para canalizar la información a diferentes partes del mundo. Para estas fechas, México ya había establecido acuerdos para pertenecer al Sistema Mundial de Comunicaciones INTELSAT, pero es hasta enero de 1969 cuando la estación terrena de Tulancingo tiene acceso por primera vez al grupo de Satélites INTELSAT III.

A fines de 1972 se contratan los servicios del Sistema SPADE, los cuales permiten la comunicación telefónica directa por selección automática vía satélite con América, Europa y África. Una de las ventajas de este sistema es la de establecer comunicaciones internacionales vía satélite, sin tener que arrendar canales preasignados, y facultar a un país para usar el satélite conforme a su demanda, en lugar de hacerlo por tiempo completo, con la ventaja adicional de tener enlaces directos con diferentes países; de aquí que el objetivo de SPADE sea aumentar la capacidad del satélite desde el punto de vista de su utilización real, habiendo iniciado su operación comercial a nivel internacional el 2 de septiembre de 1973.

En 1974, se establecen con fines comerciales y para el estudio técnico

co, operativo y económico, comunicaciones telefónicas, de facsímil y de telex entre la Isla de Cedros, Baja California y la Ciudad de México, - utilizando para tal efecto, un satélite a 100 grados de longitud Oeste sobre el Ecuador, denominado Westar. Ese mismo año el gobierno contrata un repetidor específico para televisión, del llamado satélite o canal - interatlántico, (INTELSAT IV (F3-T5)) el cual hace posible la intercomunicación permanente entre México y otros 38 países, de América, Europa, Africa y el Oriente Medio, mediante un sistema programado de emisiones y recepciones.

En la actualidad México renta a la Corporación INTELSAT más de 240 - canales telefónicos para el servicio internacional, así como 4 transpondedores de televisión para el Servicio Nacional; con la Hughes Communications Galaxy se tiene rentado hasta el momento, un transpondedor en uno de sus satélites Galaxy para llevar la programación televisiva mexicana hasta 187 ciudades de la Unión Americana.

Ultimamente México, entendiendo que su interdependencia económica se halla estrechamente ligada a los servicios ágiles y expeditos de la telecomunicación nacional e internacional, ha firmado contratos para la fabricación y puesta en órbita de lo que será el Sistema Satelital Mexicano, que permitirá participar en mejores condiciones en las comunicaciones mundiales y sus avances, construyendo en esta forma una de las infraestructuras básicas para el desarrollo del País.

8.2. PARTICIPACIÓN EN INTELSAT

Desde que fué establecido el Consorcio Internacional de Telecomunicaciones por satélite, el 20 de agosto de 1964, México manifestó su interés en las comunicaciones espaciales y posteriormente, el año de 1965, - firmó los acuerdos provisionales que lo distinguen como miembro de dicho organismo. Para diciembre de 1968, México contribuía en las inversiones globales de INTELSAT con un porcentaje del 1.47%. Posteriormente, el 4-

de noviembre de 1971, México firmó el acuerdo operativo y el acuerdo relativo a INTELSAT, que sustituyen a los provisionales, creando así un régimen definitivo, al depositar su instrumento de ratificación el 20 de diciembre de 1972; lo que nos demuestra la participación activa de México en esta Organización.

Ahora bien: ¿Qué ventajas adicionales reporta a México la participación en INTELSAT? Entre otras, la capacitación de divisas, al asegurar un interés anual sobre nuestra cuota de inversión. Las actividades públicas, comerciales e industriales han recibido un impulso decisivo gracias a estos medios de comunicación capaces de recibir, analizar, almacenar, examinar y tramitar mensajes y datos. Además de tener la posibilidad de comunicarnos con cualquier punto del planeta, se tiene acceso a información en forma instantánea y a eventos deportivos y culturales en vivo.

Como se puede observar, son múltiples las ventajas que un sistema de comunicaciones vía satélite proporciona a los países que de él participan, además de que constituye un esfuerzo básico y necesario para promover el acercamiento entre todas las naciones de la tierra.

El primer sistema de comunicaciones por satélite verdaderamente mundial, fué el INTELSAT III, que a principios de 1969 se enlazó con nuestro país a través de la estación terrestre en Tulancingo. La capacidad de la estación terrena en ese año era de: un circuito de televisión cromática unidireccional, 2 canales de sonido asociados a la imagen de 12 KHZ (unidireccionales), 9 canales de sonido asociados a la imagen de 4 KHZ (unidireccionales) y 96 circuitos telefónicos bi-direccionales.

Para la primavera de 1971, ya se estaba en condiciones de recibir y de transmitir señales con el satélite INTELSAT IV.

En marzo de 1973, México suscribe contrato con España para la utili-

zación conjunta a tiempo completo, de la capacidad del segmento espacial necesaria para un circuito de TV vía satélite INTELSAT IV, en la región del Atlántico.

En el satélite INTELSAT IV (F3-T5), se contrató un canal interatlántico en la red 'Nuevo Mundo, que cubre 38 países y con los cuales se intercambian programas de televisión.

Este nuevo servicio empezó a utilizarse con motivo de la Reunión de Cancilleres de América, efectuada en Matelolco, del 18 al 24 de febrero de 1974.

Dos años después, México empieza a operar con el nuevo satélite - - INTELSAT-IV-A (F-1). Este hecho representa un positivo avance en el renglón de comunicaciones vía satélite, pues aunque es de construcción similar a los satélites anteriores, posee la ventaja de que sus antenas solo envían señales hacia aquellas partes de la tierra en donde van a ser usadas, evitando que las señales se pierdan en otras Areas Oceánicas y permitiendo a la vez utilizar dos veces la misma frecuencia. Independientemente, envía sus señales a través de antenas diferentes a Africa, Europa, América del Sur y del Norte.

Poco tiempo después, fué lanzado otro satélite, el INTELSAT IV-A - - (F-2), el cual supera la capacidad del anterior en dos tercios. El 30 de abril de 1982, se puso en servicio el sistema telefónico automático de larga distancia entre México y Cuba y mediante el segmento que se arrienda del satélite INTELSAT IV (F-3), es posible efectuar 4 conferencias simultáneas, a través de igual número de canales, así como la transmisión de mensajes telex y telegráficos, utilizando un canal portador.

Además en ese mismo año, mediante el enlace de la estación terrena - Tulancingo, con el nuevo grupo de satélites INTELSAT V, se hace posible el llamar por larga distancia internacional automática, desde cualquier-

población del país.

En febrero de 1983, el Departamento de Comunicaciones Espaciales de la Dirección General de Telecomunicaciones, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, informó de la substitución del satélite INTELSAT 4 F-7, por el INTELSAT 4 F-1 por medio del cual se generó un -- mayor poder de transmisión, evitándose así las interrupciones que exis-- tían en la transmisión de señales televisivas y telefónicas.

De acuerdo con la información proporcionada por el consorcio INTEL - SAT, se sabe que el satélite 4 F-1 podrá operar hasta 1985 y que además se tiene planeado el lanzamiento de la serie VI para el año de 1986.

8.3. REUNIONES INTERNACIONALES

México estuvo representado regularmente en las reuniones generales - durante el régimen provisional de INTELSAT, así como en la Conferencia - Plenipotenciaria del mismo organismo, en la que se aprobaron los acuer - dos para el régimen definitivo de la Organización Internacional de Tele - comunicaciones por Satélite.

Además de ésto, ha participado activamente en las Conferencias Admi - nistrativas Mundiales de Telecomunicaciones Espaciales de Ginebra, y en las Reuniones de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, que - se han efectuado en varios países latinoamericanos.

En octubre de 1972 se efectuó en México, la segunda reunión del Comi - té Directivo Permanente de las Conferencias Interamericanas de Telecomu - nicaciones, y en abril de 1974 se realizó en Acapulco la segunda reunión de Signatarios de INTELSAT.

Actualmente México participa en INTELSAT, en la Junta de Gobierno - res, en la Asamblea de Partes, en la Reunión de Signatarios, y en las Co

misiones Consultivas y Especiales de la Junta.

8.4. SISTEMA SATELITAL MEXICANO

La construcción del Sistema Satelital Morelos, se inició a fines de 1982, tras la firma de un convenio con la empresa Hughes Communication - International, la cual fué la que presentó mejores condiciones de costo, financiamiento y especificaciones técnicas, entre varias empresas norteamericanas y europeas.

Dicha construcción estará financiada totalmente por el gobierno mexicano, y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes será la encargada de su operación, conforme a sus propias normas técnicas. La red de comunicaciones, estará integrada por dos satélites, que serán lanzados por el Sistema de Transportación espacial (SHUTTLE) de la NASA, durante 1985. Las fechas para los lanzamientos fueron reservadas para los meses de mayo y noviembre de ese mismo año, y la altitud a la que serán colocados los satélites será de 36,000 Kms., en las posiciones de 113.5 y 116.5 grados de longitud oeste. Para adquirir los dos módulos de propulsión se le adjudicó un contrato a la empresa Mc. Donald Douglas, a fin de transportar los satélites hasta la órbita ecuatorial, en donde los liberarán para colocarlos en la órbita geostacionaria. Por otra parte, el contrato incluye también la fabricación de la estación de seguimiento, telecontrol, telemedida y monitoreo, así como los servicios logísticos de apoyo durante la fabricación y puesta en el lugar de lanzamiento de los satélites.

A principios de 1983, la Compañía Norteamericana COMSAT General Corporation (CGC), fué seleccionada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para hacerse cargo del seguimiento y vigilancia en la ingeniería, ensamble, integración, prueba y lanzamiento de los satélites. COMSAT General asistirá al personal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. CGC es subsidiaria de Communication Satellite Corporation (COMSAT), empresa líder en todo el mundo en cuanto a provisión de servi-

cios de ingeniería para los sistemas de comunicaciones, y proveerá la -- asistencia que se requiera.

Es necesario hacer hincapié en el hecho de que México realizó gestio nes en el ámbito internacional, por más de dos años, para poder disponer de un sitio en el espacio. Este arco orbital en donde México colocará - sus satélites es un recurso limitado, y de no haberse asegurado dicho es pacio, este podría haber sido ocupado por los satélites de Canadá y Esta dos Unidos.

Asimismo, hay que señalar que contando con nuestro propio satélite - se nulificará el peligro que significa un satélite de transmisión extran jero, que podría enviar señales directamente a los hogares mexicanos, -- con programas originados en otro país, el gobierno mexicano perdería el control de los programas, y su contenido podría estar en contra de nues tras costumbres, idiosincracia o formas de comportamiento, lo que en al gún momento podría perturbar la seguridad nacional.

El Sistema Satelital Mexicano con sus características y capacidades técnicas, permitirá ofrecer una amplia variedad de servicios de comunica ción a prácticamente todos los rincones del país, incluyéndose entre - - ellos: televisión, telegrafía, telefonía, facsímil, telex y servicio de datos.

Además, ofrecerá otras posibilidades no explotadas en INTELSAT como la: Teleeducación masiva con receptores comunales.

Cada Satélite del Sistema Morelos medirá 2.16m de diámetro y 6.60m - de altura, tendrá una masa inicial en órbita de 666 Kg, de los cuales -- 145 Kg. son de combustible, en este caso hidracina.

La fuente primaria de alimentación de energía eléctrica requerida pa ra su operación constará de un arreglo de celdas solares, montadas sobre

el cuerpo del satélite, que generarán 940 watts de corriente directa al principio de su vida útil y 770 watts al final. Durante los períodos de eclipse, el total de la potencia eléctrica es suministrado por baterías de larga vida que son capaces de entregar 830 watts.

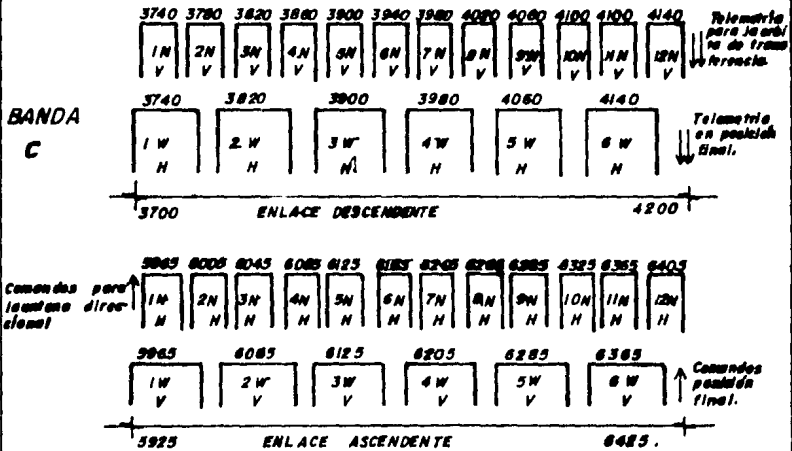
El subsistema de comunicaciones consiste de las antenas y los repetidores. El novedoso diseño en el sistema de antenas para el Morelos, permite la transmisión simultánea en las bandas C y Ku desde el mismo conjunto de alimentadores que iluminan al reflector parabólico de polarización dual, la recepción en banda C se efectúa en la misma antena, pero la recepción en banda Ku se realiza mediante un arreglo planar que está localizado enfrente a los arreglos de alimentadores. Al utilizar dos bandas de frecuencias los satélites mexicanos serán híbridos. La figura 8.4.a, muestra el plan de frecuencias y polarización para ambas bandas.

Cada uno de los satélites tendrá 22 repetidores o transpondedores, de los cuales 18 recibirán señales transmitidas desde la tierra a una frecuencia de 6 GHz, las amplificarán y las retransmitirán a la tierra a una frecuencia de 4 GHz. Los 4 transpondedores restantes recibirán señales a 14 GHz y las retransmitirán a la tierra, (previa amplificación) a 12 GHz.

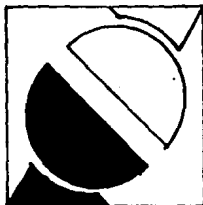
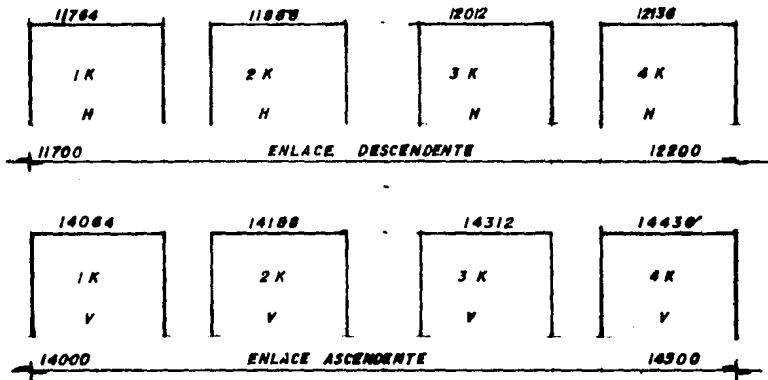
Los transpondedores en la banda C utilizan tubos de ondas progresivas TWT de 7 y 10.5 watts que agregados a la alta ganancia producida por la antena parabólica del satélite, producirán una señal de transmisión con intensidad efectiva de 35.5 y 38.5 dBw, respectivamente en polarizaciones cruzadas. La figura 8.4.b, muestra el patrón de radiación para el transpondedor de 72 MHz de ancho de banda. Los transpondedores de la banda Ku emplearán amplificadores TWT de 20 watts, considerando la ganancia de la antena a esas frecuencias, proveerán señales de intensidades de 44.2 dBw. La figura 8.4.c, muestra el patrón de radiación en esta banda.

H = polarización horizontal.

V = " " " " vertical.

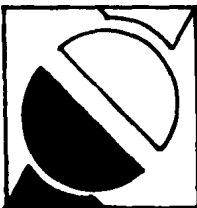
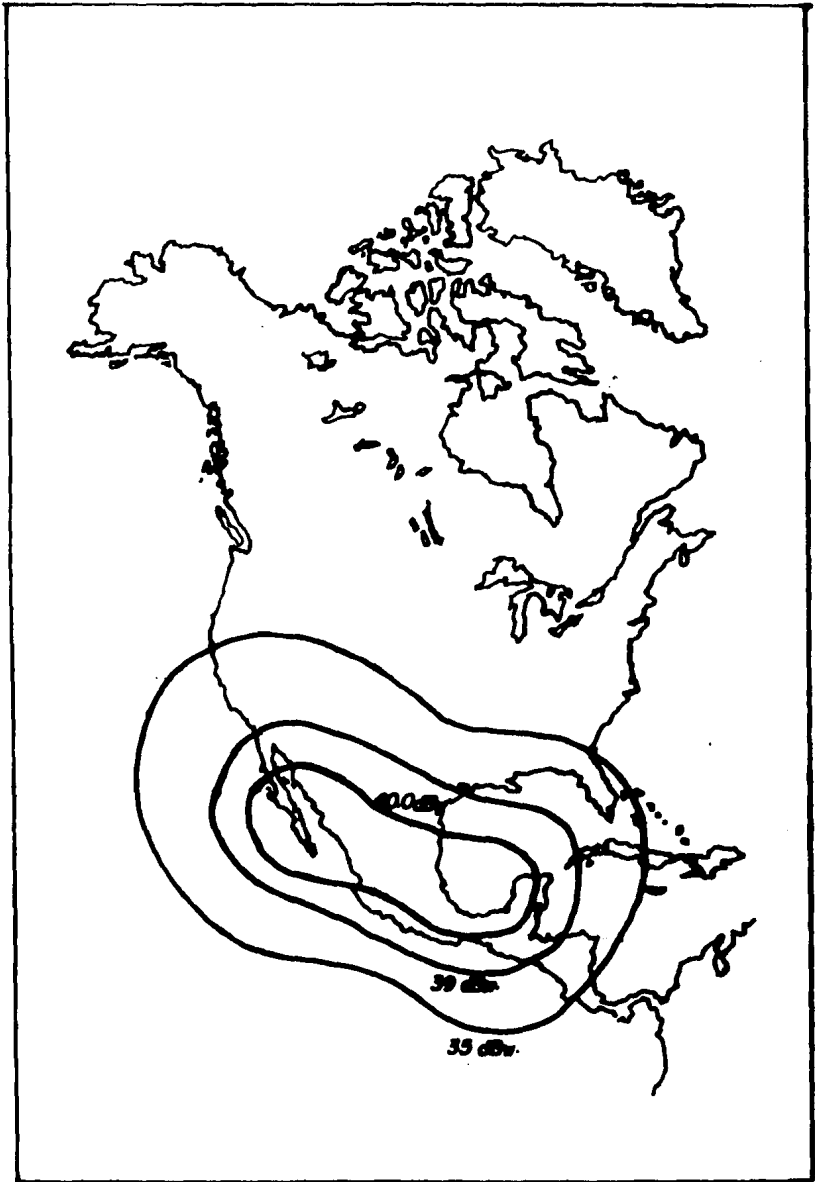


BANDA Ku.



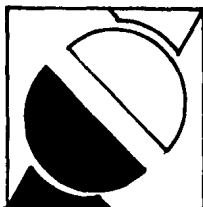
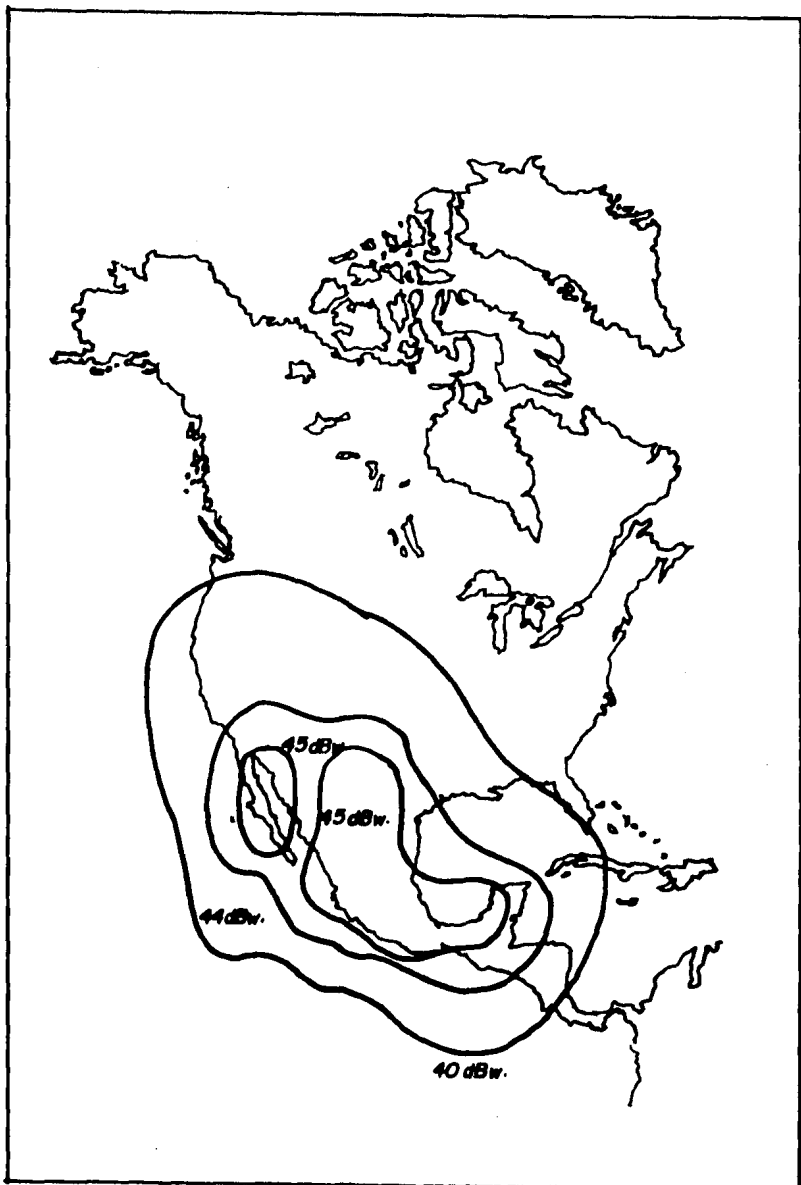
Plan de frecuencias y polarización para banda C y Ku.

F
8.4.a.



Satélite MORELOS
Banda ancha canales de banda C
(72 MHz, 10.5 W)





Satélite MORELOS
Canales de banda Ku.
(108 MHz - 20 W),

F
B.4.c.

Los parámetros más importantes son la potencia de transmisión y el ancho de banda del transpondedor, puesto que determinan la cantidad de información que puede enviarse por él con calidad aceptable. En general, un transpondedor de 36 MHz tiene capacidad para hasta 900 canales de telefonía, 1 ó 2 canales de televisión, o la transmisión de datos de hasta 60 millones de bits por segundo.

Un transpondedor de 72 MHz tendrá el doble y uno de 108 MHz el triple de la capacidad de uno de 36 MHz.

La figura 8.4.d, muestra las principales características técnicas del Sistema Morelos.

Ahora bien, hablando del segmento terrestre, dentro del sistema, jugarán un papel muy importante las 194 estaciones terrenas que se encuentran diseminadas por todo el territorio nacional lo mismo que todas aquellas cuya instalación se planea realizar durante los próximos años.

Al ponerse en órbita el satélite mexicano, podrá manejar el 20% del tráfico telefónico de larga distancia, en cualquier momento; se podrá ofrecer al medio rural diferentes tipos de servicios, como el de teleconsulta, telediagnóstico e información impresa de las noticias del día, disminuyéndose de esta manera la gran diferencia entre los servicios que recibe la gente del campo y los habitantes de la ciudad.

Asimismo, llevará la señal de televisión en forma directa a los hogares mexicanos, con mejor calidad que la que se recibe de un satélite extranjero actualmente.

Existen además proyectos laterales que incluyen la prestación de servicios de telecomunicaciones para Pemex, C.F.E., la propia S.C.T., una red meteorológica para el SEMAR y otros servicios para diversos organismos, aprovechando la infraestructura satelital mexicana, que será contri-

	BANDA C	BANDA Ku
Ancho de banda de los canales, MHz	12 de 36 MHz 6 de 72 MHz	4 de 108 MHz
Ancho de banda incluyendo espaciamiento entre canales, MHz	40 MHz 80 MHz	124 MHz
Potencia de salida de TWT, W	7 10.5	20
G/T del satélite en cobertura nacional	1.9 dB/°K 0.0 dB/°K	1.0 dB/°K
PIRE por transpondedor en saturación	35.5 dBW 38.5 dBW	44 dBW
Densidad de flujo para operar en saturación	-80 dBW/m ² -77 dBW/m ²	-80 dBW/m ²
Bandas de frecuencias, GHz		
recepción	5.925 a 6.425	14.0 a 14.5
transmisión	3.7 a 4.2	11.7 a 12.2
Antena		
recepción	180 cm diámetro reflector	arreglo planar
transmisión	180 cm diámetro reflector	180 cm diámetro reflector

FIGURA 8.4.d

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL SISTEMA MORELOS

lada y operada por técnicos nacionales, capacitados plenamente para mantenerla en condiciones óptimas de funcionamiento. De esta manera, a través del uso de la próxima infraestructura satelital mexicana, integrada por el satélite Morelos y la red nacional de estaciones terrenas, México estará en condiciones de ofrecer todos los servicios de telecomunicaciones que ofrece la tecnología moderna.

3.5. CALCULOS DE ENLACES PARA SEÑALES DE TELEVISION

Aquí se presenta la metodología de cálculo para el diseño de enlaces vía satélite de señales de televisión con el Sistema Morelos de Satélites, utilizando el esquema de transmisión FM-FDMA, y buscando optimizar la calidad del enlace de acuerdo al grado de servicio y relación señal a ruido que se requiera, dependiendo del tráfico a cursar por las estaciones terrenas.

Se escogió para los ejemplos en banda C, como estación receptora a la Ciudad de Tijuana, por encontrarse en el extremo del patrón de radiación del Satélite, ya que si este enlace cumple con una determinada calidad de señal a ruido deseada se garantiza la confiabilidad de los enlaces en el resto del país. Para los ejemplos en banda Ku se escogió como estación receptora a Ciudad Victoria por encontrarse en el área geográfica de más intensidad de precipitación pluvial en la república mexicana, factor que es importante considerar, ya que a frecuencias de operación más altas es mayor el margen de atenuación por lluvia.

Se efectúa un análisis para tres casos con diámetros de antenas receptoras en banda C, para 7,5 y 3 metros, considerando la estación transmisora de un diámetro de 10 metros. Para la banda Ku los diámetros de antenas receptoras son de 7,6, 5,5 y 3,3 metros y la transmisora de 12,5 metros.

Para todos los casos la estación transmisora se sitúa en la ciudad de México y se supone que el satélite es el Morelos I y se encuentra ubi

cado a 113.5 grados oeste.

Todos los datos técnicos de las antenas, se obtuvieron de los manuales de especificaciones de los fabricantes. Para la banda C, de manuales de la compañía norteamericana Scientific Atlanta y para la banda ku de manuales de la compañía japonesa NEC (Nippon Equipment Corporation). En el primer caso se considera un transpondedor con un ancho de banda de 36 MHz, el cual es ocupado por una portadora de video con su respectiva subportadora de audio. Puesto que se trata de una sola portadora se puede trabajar en el punto de saturación y con valores nulos de back-offs. Sin embargo cuando el valor de la relación señal a ruido obtenida bajo esta condición, esta por arriba de la relación requerida en varios decibelios, es posible trabajar debajo de este punto y con diferentes valores de back-offs.

Para el segundo y tercer caso se consideran dos portadoras de video con su respectiva subportadora de audio que ocupan transpondedores con un ancho de banda de 72 y 108 MHz respectivamente, y se utilizan diferentes valores de back-off de entrada con sus correspondientes valores de salida para de esta manera minimizar el ruido de intermodulación al trabajar el TWT en la región lineal, empezando con un valor de back-off de salida de 4dB. y 1.5dB respectivamente. Ver figura B.5.a.

Enseguida se desarrolla un ejemplo para banda C y otro para banda Ku, aclarando que en esa forma se procedió para llenar la tabla de resultados anexa.

ENLACES DE TELEVISION

DATOS GEOGRAFICOS DE LAS ESTACIONES TERRENAS

	ASNM (Km)	LATITUD Grados(n)	LONGITUD Grados(w)
MEXICO	2.233	19.35	99.01
TIJUANA	0.016	32.5	117.03
CD. VICTORIA	0.321	23.73	99.14

DATOS TECNICOS DEL SATELITE

	DENSIDAD DE FLUJO (dBw/m ²)	FIGURA DE MERITO (dB/K)	P.I.R.E. (dBw)	ANCHO DE BANJA DEL TRANSPONDEDOR (MHZ)	BANDA DE OPERACION
MEXICO	- 82	3.9	---	36	C
	- 79	2	---	72	C
	- 81	2	---	108	Ku
TIJUANA	---	---	36.2	36	C
	---	---	39.8	72	C
CD.VICTORIA	---	---	44.5	108	Ku

DATOS TECNICOS DE LAS ANTENAS

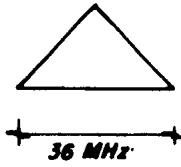
B A N D A C

DIAMETRO (m)	GANANCIA TRANSMISORA (dB1)	FIGURA DE MERITO (dB/ ⁰ K)
10	53.3	---
7	---	26.7
5	---	23.7
3	---	18.95

B A N D A Ku

DIAMETRO (m)	GANANCIA TRANSMISORA (dB1)	FIGURA DE MERITO (dB/ ⁰ K)
12.5	63.6	---
7.6	---	34.16
5.5	---	31.26
3.3	---	25.36

BANDA C



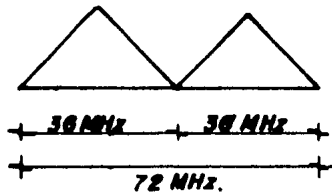
Diametro de antenas.

10 Tx. (m) 7,5,3. Rx

BACK-OFF (C/N),

ant.		sel.	—
0	0	—	
3	1.5	—	
4	1.9	—	
5	2.5	—	

BANDA C



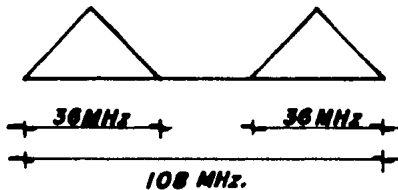
Diametro de antenas.

10 Tx. (m) 7,5,3. Rx.

BACK-OFF (C/N),

ant.	sel.	—
8	4	21.5
9.5	5	21.7
10	6	22.

BANDA Ku.

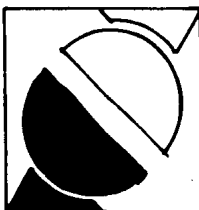


Diametro de las Ant.

12.5 7.6, 5.5, 3.3.

BACK OFF (C/N),

ant.		sel.	—
3	1.5	16	
4	1.9	17.4	
5	2.5	18.2	



Casos considerados para los cálculos de enlaces.

F

8.5.a.

EJEMPLO 1

ENLACE DE TELEVISION EN BANDA C

TRANSMITE: MEXICO RECIBE: TIJUANA

PARAMETROS DE LAS ESTACIONES TERRENAS ENLAZADAS

	DIAMETRO DE LA ANTENA (m)	GANANCIA DE LA ANTENA (dBi)	FIGURA DE MERITO (dB/K)	DISTANCIA AL SATELITE (Km)
ESTACION TRANSMISORA	10	53.3	---	36 429
ESTACION RECEPTORA	7	---	26.7	36 956

PARAMETROS DE LA SEÑAL DE VIDEO

Modulación	FH
Norma de televisión utilizada	525/60
Ancho de banda ocupado por la señal modulada (MHz)	30.75
Desviación pico de la frecuencia de video (MHz)	10.75
Máximo ancho de banda de video (MHz)	4.2
Frecuencia de operación de la portadora (GHz)	6
Ancho de banda del filtro en banda base con respecto al ruido triangular (MHz)	1.574
Ancho de banda del ruido de frecuencia intermedia (MHz)	36

PARAMETROS DE LA SEÑAL DE AUDIO

Frecuencia máxima de audio (KHz)	15
Frecuencia de la señal subportadora (MHz)	6.8
Ancho de banda de ruido del audio (KHz)	15
Ancho de banda de ruido del filtro de la subportadora (KHz)	600
Desviación pico de la portadora debido a la subportadora (MHz)	2
Desviación pico de la subportadora (KHz)	75
Factor de mejoramiento por pre/deenfasis (dB)	12

PARAMETROS DEL SATELITE PARA ESTOS DOS PUNTOS DE ENLACE

Figura de mérito del satélite (dB/K)	3.9
Densidad de flujo para saturación (dBw/m ²)	-82
PIRE del satélite en saturación (dBw)	36.2
Back-off de entrada (dB)	0
Back-off de salida (dB)	0
Ancho de banda del transpondedor (MHz)	36
Ancho de banda asignado en el transpondedor (MHz)	36

CALCULO DEL ENLACE ASCENDENTE

Utilizando la ecuación de C/N_0 expresada en términos de densidad -- de flujo tenemos:

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_A = S + \frac{G}{T} - 20 \log f \text{ (GHz)} - 21.45 + 228.6$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_A = -82 + 3.9 - 20 \log(6) - 21.45 + 228.6$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_A = 113.6 \text{ dB - Hz}$$

CALCULO DE LAS PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

$$L_s = 92.45 + 20 \log r(\text{Km}) + 20 \log f \text{ (GHz)}$$

$$L_s = 92.45 + 20 \log(36957) + 20 \log(4)$$

$$L_s = 195.8 \text{ dB}$$

Estas pérdidas son las que se presentan en el enlace descendente

CALCULO DEL ENLACE DESCENDENTE

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_D = \text{PIRES} + \left(\frac{G}{T}\right)_{ET} + 228.6 - L_s - M$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_D = 36.2 + 26.7 + 228.6 - 195.8 - 3$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_D = 92.7 \text{ dB-Hz}$$

Para el margen de atenuación por lluvia en banda C se considera un valor promedio de 3 dB

CALCULO DEL ENLACE TOTAL

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 10 \log \frac{1}{\frac{1}{\text{Antilog} \left(\frac{C}{N_0}\right)_A} + \frac{1}{\text{Antilog} \left(\frac{C}{N_0}\right)_D}}$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 10 \log \frac{1}{\frac{1}{\text{Antilog} (11.36)} + \frac{1}{\text{Antilog} (9.27)}}$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 92.66 \text{ dB - Hz}$$

Este es el valor de la relación portadora a densidad de ruido total dada en dB-Hz.

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA A RUIDO TOTAL

$$\left(\frac{C}{N}\right)_T = \left(\frac{C}{N_0}\right)_T - 10 \log (BWP)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_T = 92.66 - 10 \log(36 \times 10^6)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_T = 92.66 - 75.56$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_T = 17.10 \text{ dB}$$

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL EN dB-MHz

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = \left(\frac{C}{N}\right)_T + 10 \log (BWP)$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 17.10 + 10 \log(36)$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 17.10 + 15.56$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 32.66 \text{ dB - MHz}$$

CALCULO DEL PIRE DE LA ESTACION TERRENA

$$(\text{PIRE})_{ET} = S + 10 \log 4\pi r^2 + 4$$

$$(\text{PIRE})_{ET} = -82 + 10 \log 4\pi (36429 \times 10^3)^2 + 3$$

$$(PIRE)_{ET} = 83.22 \text{ dBw}$$

CALCULO DEL AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA

$$HPA = (PIRE)_{ET} - GTX + LET + BOHPA$$

$$HPA = 83.22 - 53.3 + 1 + 0$$

$$HPA = 30.92 \text{ dB}$$

$$HPA = \text{Antilog} \left(\frac{HPA}{10} \right) = \text{Antilog} \left(\frac{30.92}{10} \right)$$

$$HPA = 1236 \text{ watts}$$

Debido a que el HPA manejará solo una portadora no tiene valor de back-off.

CALCULO DE LA RELACION SEÑAL A RUIDO DE VIDEO

$$\left(\frac{S}{N} \right)_v = \left(\frac{C}{N_0} \right)_{\text{dB-MHz}} \left(\frac{12(\Delta F_s)^2}{bn^3} \right)$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_v = \left(\frac{C}{N_0} \right)_{\text{dB-MHz}} + 10 \log \frac{12 (0.714 \times 10.75)^2}{(1.574)^3}$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_v = 32.66 + 22.58$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_v = 55.24 \text{ dB}$$

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA A RUIDO DE LA SUBPORTADORA DE AUDIO

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{SC} = \left(\frac{C}{N}\right)_T + 10 \log \left(\frac{B_{IF}}{2B_{SC}}\right) + 10 \log \left(\frac{\Delta F_C}{F_{SC}}\right)^2$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{SC} = 17.10 + 10 \log \left(\frac{36 \times 10^6}{2(600 \times 10^3)}\right) + 10 \log \left(\frac{2}{6.8}\right)^2$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{SC} = 17.10 + 14.8 - 10.63$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{SC} = 21.27 \text{ dB} - \text{Hz}$$

CALCULO DE LA RELACION SEÑAL A RUIDO DE LA SUBPORTADORA DE AUDIO

$$\left(\frac{S}{N}\right)_A = \left(\frac{C}{N}\right)_{SC} + 10 \log \left(3 \left(\frac{\Delta F_{SC}}{F_m}\right)\right) + 10 \log \left(\frac{B_{SC}}{2B_a}\right) + E$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_A = 21.27 + 10 \log \left(3 \left(\frac{75}{15}\right)^2\right) + 10 \log \left(\frac{600}{2(15)}\right) + 12$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_A = 21.27 + 18.75 + 13 + 12$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_A = 65.02 \text{ dB}$$

EJEMPLO 2

ENLACE DE TELEVISION EN BANDA KU

TRANSMITE: MEXICO RECIBE: CD. VICTORIA

PARAMETROS DE LAS ESTACIONES TERRENAS ENLAZADAS

	DIAMETRO DE LA ANTENA (m)	GANANCIA DE LA ANTENA (dBi)	FIGURA DE MERITO (dB/K)	DISTANCIA AL SATELITE (Km)
ESTACION TRANSMISORA	12.5	63.6	---	36429
ESTACION RECEPTORA	7.6	---	34.16	36768

PARAMETROS DE LA SEÑAL DE VIDEO

Modulación	FM
Norma de televisión utilizada	525/60
Ancho de banda ocupado por la señal modulada (MHz)	30.75
Desviación pico de la frecuencia de video (MHz)	10.75
Máximo ancho de banda de video (MHz)	4.2
Frecuencia de operación de la portadora (GHz)	14
Ancho de banda del filtro en banda base con respecto al ruido triangular (MHz)	1.574
Ancho de banda del ruido de frecuencia intermedia (MHz)	36

PARAMETROS DE LA SEÑAL DE AUDIO

Frecuencia máxima de audio (KHz)	15
Frecuencia de la señal subportadora (MHz)	6.8
Ancho de banda de ruido del audio (KHz)	15
Ancho de banda de ruido del filtro de la subportadora (KHz)	600
Desviación pico de la portadora debido a la subportadora (MHz)	2
Desviación pico de la subportadora (KHz)	75
Factor de mejoramiento por pre/deenfasis (dB)	12

PARAMETROS DEL SATELITE PARA ESTOS DOS PUNTOS DE ENLACE

Figura de mérito del satélite (dB/K)	2
Densidad de flujo para saturación (dBw/m ²)	- 81

PIRE del satélite en saturación (dBw)	44.5
Back-off de entrada (dB)	3
Back-off de salida (dB)	1.5
Ancho de banda del transpondedor (MHz)	108
Ancho de banda asignado en el transpondedor (MHz)	36

CALCULO DEL PIRE EN LA REGION LINEAL

$$(PIRE)_{SL} = PIRE_S - BOI = 44.5 - 1.5 = 43$$

CALCULO DEL PIRE POR PORTADORA

Debido a que el transpondedor es ocupado por dos portadoras, a cada portadora le corresponde la mitad de la potencia disponible, esto - - equivale a restarle 3 dB a la potencia total.

$$(PIRE)_{PI} = 43 - 3 = 40$$

CALCULO DE LA DENSIDAD DE FLUJO NECESARIA PARA SATURAR LA PORTADORA DE INTERES

$$(S)_{PI} = (S - BOI) - ((PIRE)_{SL} - (PIRE)_{PI})$$

$$(S)_{PI} = (41 - 3) - (43 - 40)$$

$$(S)_{PI} = - 87 \text{ dBw/m}^2$$

CALCULO DEL ENLACE ASCENDENTE

$$\left(\frac{E}{\eta_c}\right)_A = (S)_{PI} + \left(\frac{A}{r}\right) - 20 \log f (3\text{Hz}) - 21.45 + 228.6$$

$$\left(\frac{E}{\eta_c}\right)_A = - 87 + 2 - 20 \log (14) - 21.45 + 228.6$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_A = 99.22 \text{ dB-Hz}$$

CALCULO DE LAS PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

$$L_s = 92.45 + 20 \log r(\text{Km}) + 20 \log f (\text{GHz})$$

$$L_s = 92.45 + 20 \log (36768) + 20 \log (12)$$

$$L_s = 205.34 \text{ dB}$$

CALCULO DEL ENLACE DESCENDENTE

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_D = (\text{PIRE})_{PI} + \left(\frac{C}{T}\right)_{ET} + 228.6 - L_s - M_D$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_D = 40 + 34.16 + 228.6 - 205.34 - 7.6$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_D = 89.82 \text{ dB-Hz}$$

El margen de lluvia que se da corresponde a un porcentaje de confiabilidad del 99.80% en el enlace.

CALCULO DE RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DE INTERMODULACION

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_I = \left(\frac{C}{N}\right)_I + 10 \log (\text{BWP})$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_I = 16 + 10 \log (36 \times 10^6)$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 91.56 \text{ dB-Hz}$$

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 10 \log \frac{1}{\text{Antilog} \frac{C/N_0 A}{10} + \text{Antilog} \frac{C/N_0 D}{10} + \text{Antilog} \frac{C/N_0 I}{10}}$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 10 \log \frac{1}{\text{Antilog} (9.922) + \text{Antilog} (8.982) + \text{Antilog} (9.156)}$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 87.30 \text{ dB-Hz}$$

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA A RUIDO TOTAL

$$\left(\frac{C}{N}\right)_T = \left(\frac{C}{N_0}\right)_T - 10 \log (\text{BW}^P)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_T = 87.3 - 10 \log (36 \times 10^6)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_T = 87.3 - 75.56$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_T = 11.74 \text{ dB}$$

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL EN dB-MHz

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = \left(\frac{C}{N}\right)_T + 10 \log (BWP)$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 11.74 + 10 \log (36)$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 11.74 + 15.56$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T = 27.3 \text{ dB-MHz}$$

CALCULO DEL PIRE DE LA ESTACION TERRENA

$$(PIRE)_{ET} = (S)_{PI} + 10 \log 4\pi r^2 + M_A$$

$$(PIRE)_{ET} = - 87 + 10 \log 4\pi (36429 \times 10^3)^2 + 8.3$$

$$(PIRE)_{ET} = - 87 + 162.22 + 8.3$$

$$(PIRE)_{ET} = 83.52 \text{ dBw}$$

Debido a que el enlace ascendente en banda ku debe tener un porcentaje de confiabilidad mayor que en el enlace descendente y tomando en cuenta la zona geográfica en que se encuentra la estación transmisora se da un margen de atenuación por lluvia de 8.3 que corresponde a un porcentaje de confiabilidad en el enlace de 99.98%

CALCULO DEL AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA

$$HPA = (PIRE)_{ET} - GTX + LET + BOHPA$$

$$\text{HPA} = 33.52 - 63.6 + 1 + 0$$

$$\text{HPA} = 20.92 \text{ dBw}$$

$$\text{HPA} = \text{Antilog} \left(\frac{\text{HPA}}{10} \right) = \text{Antilog} \left(\frac{20.92}{10} \right)$$

$$\text{HPA} = 123.59 \text{ WATTS}$$

CALCULO DE LA RELACION SEÑAL A RUIDO DE VIDEO

$$\left(\frac{S}{N} \right)_V = \left(\frac{C}{N_0} \right)_{\text{dB-MHz}} \frac{12(\Delta F_s)^2}{\text{bn}^3}$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_V = 27.3 + 10 \log \frac{12(0.714 \times 10.75)^2}{(1.574)^3}$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_V = 27.3 + 22.58$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_V = 49.88 \text{ dB}$$

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA A RUIDO DE INTERMODULACION DE AUDIO

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{SC} = \left(\frac{C}{N} \right)_T + 10 \log \left(\frac{\text{BIF}}{285C} \right) + 10 \log \left(\frac{\Delta F_c}{F_{sc}} \right)^2$$

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{SC} = 11.74 + 10 \log \left(\frac{36 \times 10^6}{2(600 \times 10^3)} \right) + 10 \log \left(\frac{2}{6.8} \right)^2$$

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{SC} = 11.74 + 14.8 - 10.63$$

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{SC} = 15.91 \text{ dB-Hz}$$

CALCULO DE LA RELACION SEÑAL A RUIDO DE LA SUBPORTADORA DE AUDIO

$$\left(\frac{S}{N}\right)_A = \left(\frac{C}{N}\right)_{SC} + 10 \log \left(3 \left(\frac{\Delta f_{SC}}{F_m}\right)\right) + 10 \log \left(\frac{B_{SC}}{2B_a}\right) + E$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_A = 15.91 + 10 \log \left(3 \left(\frac{75}{15}\right)^2\right) + 10 \log \left(\frac{600}{2(15)}\right) + 12$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_A = 15.91 + 18.75 + 13 + 12$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_A = 59.66 \text{ dB}$$

El análisis para banda Ku debe también comprender la autosuficiencia en la infraestructura terrestre puesto que de no existir ésta, el sistema se podría planear para que trabajara con una determinada calidad de señal a ruido y en base a esto calcular el diámetro de las antenas receptoras y el costo total del equipo.

La relación señal a ruido deseada para televisión depende del uso que se le vaya a dar a la señal, ya sea para distribuirla o para recepción directa. En el primer caso se necesita una relación del orden de 51 a 52 dB y en el segundo caso del orden de 47 a 48 dB.

Para optimizar un enlace satelital es necesario encontrar el valor máximo de la relación $(C/N_0)_T$, manipulando los valores de back-off, lo más cercanamente posible al punto de saturación sin que el ruido de intermodulación sea tal que degrade la señal.

Concluyendo, se observa que existe un compromiso entre la potencia-

y el ancho de banda en el satélite ya que según el número de portadoras y el ancho de banda que ocupen, la potencia disponible se reparte entre ellas y es necesario considerar el ruido de intermodulación.

Cabe mencionar que los valores de márgenes de lluvia para los diferentes grados de confiabilidad se tomaron de un estudio realizado en el departamento de Planeación e Ingeniería de la Subdirección de Explotación de Satélites, dependiente de la Dirección General de Telecomunicaciones.

Otro aspecto importante a destacar, es que se considera que cada señal de televisión se maneja por un HPA independiente, es por ello que el back-off en el HPA será nulo. La potencia del amplificador deberá aumentar en razón del número de señales que maneje.

Finalmente se presenta en forma estructurada la metodología de cálculo, mediante un diagrama de flujo para computadora con la descripción de las variables que se utilizan.

T A B L A D E R E S U L T A D O S

ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDEDOR (MHz)	DIAMETRO DE LAS ANTENAS (m)		BACK-OFF DE ENTRADA (dB)	BACK-OFF DE SALIDA (dB)	$(C/No)_{ASC}$	$(C/No)_{DESC}$	$(C/No)_I$	$(C/No)_T$	$(S/N)_V$	$(S/N)_A$	HPA (w)
	TRANSMISORA	RECEPTORA									
36	10	7	---	---	113.5	92.7	---	92.7	55.2	65	1236
			3	1.5	110.5	91.2	---	91.1	53.7	63.4	620
			4	1.9	109.5	90.8	---	90.7	53.3	63	492
			5	2.5	108.5	90.2	---	90.1	52.7	62.4	391
36	10	5	---	---	113.5	89.7	---	89.6	52.2	62	1236
			3	1.5	110.5	88.2	---	88.1	50.7	60.5	620
			4	1.9	109.5	87.8	---	87.7	50.3	60	492
			5	2.5	108.5	87.2	---	87.1	49.7	59.5	391
36	10	3	---	---	113.5	84.9	---	84.9	47.4	57.2	1236
			3	1.5	110.5	83.4	---	83.4	46	55.7	620
			4	1.9	109.5	83.0	---	83	45.6	55.3	492
			5	2.5	108.5	82.4	---	82.39	45	54.7	391
72	10	7	8	4	103.6	89.2	97	88.4	51	60.8	195
			9.5	5	102.1	88.2	97.3	87.6	50.2	59.9	138
			10	6	101.6	87.2	97.6	86.7	49.3	59	123
72	10	5	8	4	103.6	86.2	97	85.8	48.4	58.2	195
			9.5	5	102.1	85.2	97.3	84.9	47.5	57.2	138
			10	6	101.6	84.2	97.6	84	46.6	56.3	123
72	10	3	8	4	103.6	81.5	97	81.4	43.9	53.7	195

ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDEDOR (MHz)	DIAMETRO DE LAS ANTENAS (m)		BACK-OFF DE ENTRADA	BACK-OFF DE SALIDA (dB)	$(C/N_0)_{ASC}$	$(C/N_0)_{DESC}$ (dB-Hz)	$(C/N_0)_I$	$(C/N_0)_T$	$(S/N)_V$	$(S/N)_A$ (dB)	HPA (w)
	TRANSMISORA	RECEPTORA									
10A	12.5	7.6	9.5	5	102.1	80.5	97.3	80.4	43	52.7	138
			10	6	101.6	79.5	97.6	79.4	42	51.7	123
			3	1.5	99.2	89.8	91.6	87.3	49.9	59.7	123
			4	1.9	98.22	89.4	93	87.5	50	59.8	98
			5	2.5	97.2	89.8	93.8	87.2	49.8	59.5	78
10B	12.5	5.5	3	1.5	99.2	86.9	91.6	85.5	48	57.8	123
			4	1.9	98.2	86.6	93	85.4	48	57.7	98
			5	2.5	97.2	85.9	93.8	85	47.6	57.3	78
10C	12.5	3.3	3	1.5	99.2	82	91.6	81.5	44	53.8	123
			4	1.9	98.2	81.6	93	81.2	43.8	53.6	98
			5	2.5	97.2	81	94.8	80.7	43	53	78

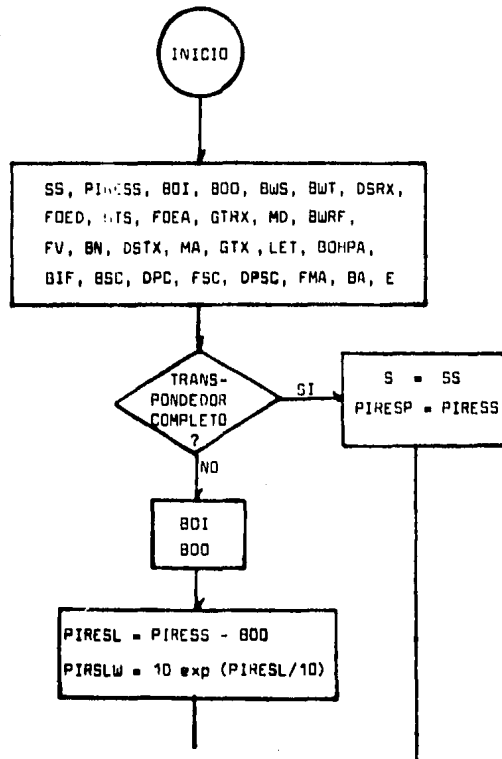


DIAGRAMA DE FLUJO
PARA EL CALCULO DE
ENLACES DE TELEVISION
VIA SATELITE.

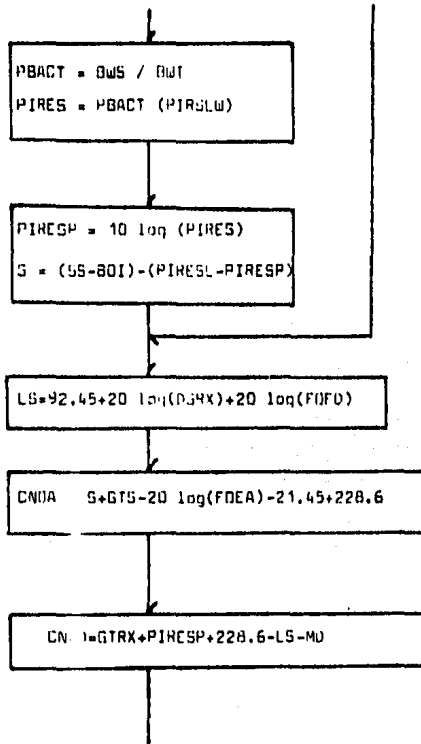
VARIABLES A LAS QUE SE
ASIGNAN VALORES SEGUN
EL CASO A ANALIZAR

SE OCUPA TRANSPONDEDOR
COMPLETO:

SI: LA DENSIDAD DE FLUJO PARA
SATURAR EL SATELITE Y EL PIRE
RADIADO POR EL SATELITE ADQUIE-
REN SU VALOR MAXIMO.

NO: SE ASIGNAN VALORES DE
BACK-OFF DE ENTRADA Y DE
SALIDA QUE GARANTIZAN QUE EL
TWT ESTA TRABAJANDO EN SU
REGION LINEAL.

SE LE RESTA AL PIRE DEL SATELITE
EL BACK-OFF DE SALIDA, PARA TE-
NER EL PIRE NECESARIO PARA TRABA-
JAR EN LA REGION LINEAL Y DESPUES
SE OBTIENE SU VALOR EN WATTS
(PIRSLW).



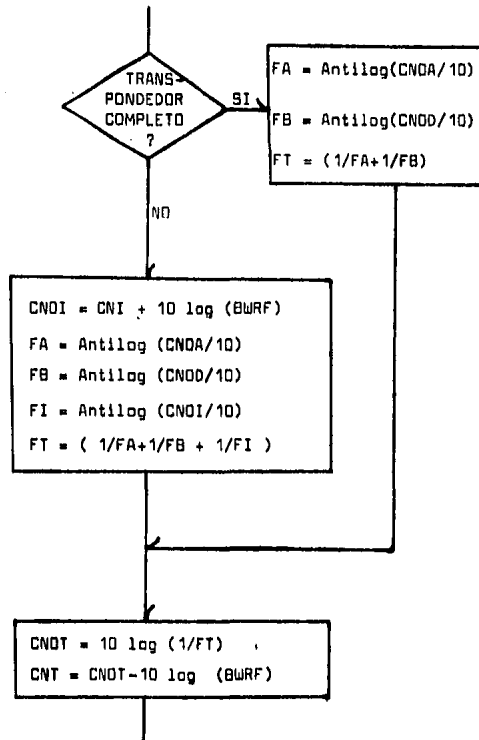
SE DIVIDE EL ANCHO DE BANDA ASIGNADO EN EL SATELITE ENTRE EL ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDADOR, PARA OBTENER EL PORCENTAJE DE OCUPACION DEL MISMO Y SE MULTIPLICA POR PIRESLW PARA OBTENER EL VALOR DE PIRE NECESARIO PARA SATURARLO (PIRES).

PIRESP es el valor de PIRE en db.

CALCULO DE LAS PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO EN LAZOS ASCENDENTE

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO EN LAZOS DESCENDENTE

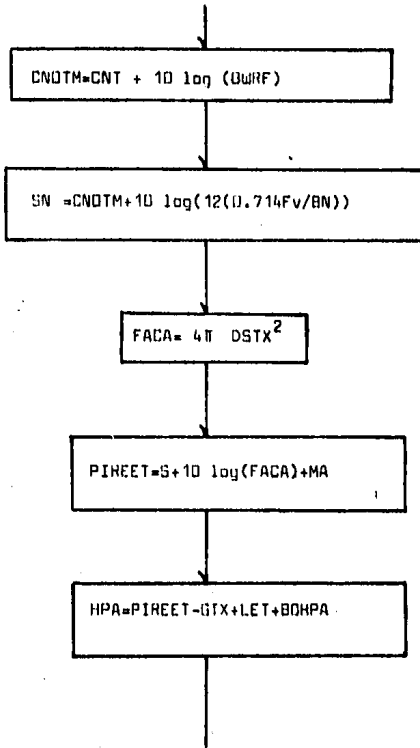


SE OCUPA TRANSPONDEDOR COMPLETO?

SI: SE CALCULAN LOS ANTILOGARITMOS DE CNOA Y CNOD Y SE SUMAN

NO: SE CONSIDERA RUIDO DE INTERMODULACION, POR LO QUE ADEMÁS DEL CÁLCULO DEL ANTILOGARITMO DE CNOA Y CNOD, TAMBIÉN SE CALCULA EL DE CNOI Y SE SUMAN

CÁLCULO DE LAS RELACIONES PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO Y PORTADORA A RUIDO TOTAL



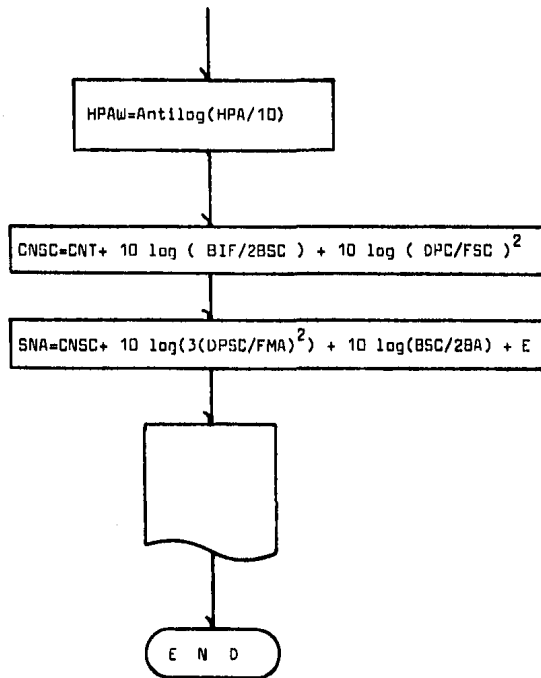
SE CONVIERTE A MHz, LA PORTADORA A RUIDO TOTAL

CALCULO DE LA RELACION SEÑAL A RUIDO TOTAL PARA VIDEO

CALCULO DE FACTOR AUXILIAR

CALCULO DEL VALOR DEL P.I.R.E. DE LA ESTACION TERRENA

CALCULO DEL AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA



VALOR DEL H.P.A. EN WATTS

CALCULO DE LA RELACION PORTADORA
A RUIDO DE LA SUBPORTADORA DE
AUDIO

CALCULO DE LA RELACION SEÑAL A
RUIDO DE LA SUBPORTADORA DE AUDIO

IMPRESION DE LOS
RESULTADOS DEL ENLACE

FIN DEL DIAGRAMA

LISTA DE VARIABLES

- SS = Valor de la densidad de flujo en saturación
- PIRESS = Potencia isotrópicamente radiada efectiva del satélite operando en saturación
- BOI = Back-off de entrada
- BOO = Back-off de salida
- BWS = Ancho de banda asignado en el satélite
- BWT = Ancho de banda del transpondedor
- DSRX = Distancia de la estación terrena receptora al satélite
- FOED = Frecuencia de operación en el enlace descendente
- GTRX = Figura de mérito de la estación terrena receptora
- LS = Pérdidas en el espacio libre
- MD = Margen de lluvia en el enlace descendente
- BWRP = Ancho de banda de radio-frecuencia
- FV = 1/2 de la desviación pico a pico producida por la forma de onda del video incluyendo pulsos de sincronía
- BV = Ancho de banda de la función del filtro en banda base con respecto a -

al ruido triangular

DSTX = Distancia de la estación terrena transmisora al satélite

MA = Margen de lluvia en el enlace ascendente

S = Valor de la densidad de flujo en el enlace

PIRESL = P.I.R.E. en la región lineal del TW

PIRESLW = Valor en watts de PIRESL

PBACT = Porcentaje de ocupación del transpondedor

PIRES = P.I.R.E. necesario para saturar la parte que se ocupó del transpondedor

PIRESP = Valor del PIREs en decibeles

CNOA = Relación portadora a densidad de ruido ascendente

CNOD = Relación portadora a densidad de ruido descendente

CNOI = Relación portadora a densidad de ruido de intermodulación

CNI = Relación portadora a ruido de intermodulación

CNOT = Relación portadora a densidad de ruido total en db-Hz

CNT = Relación portadora a ruido total

CNDM = Relación portadora a densidad de ruido total en db-MHz

SN = Relación señal a ruido total para video

PIREET = P.I.R.E. de la estación terrena transmisora

GTX = Ganancia de la antena de la estación terrena transmisora

LET = Pérdidas de potencia en la estación terrena

BOHPA = Back-off de salida del H.P.A.

H.P.A. = Valor del amplificador de alta potencia

CNSC = Valor de la relación portadora a ruido de la subportadora de audio

BIF = Ancho de banda del ruido de frecuencia intermedia

BSC = Ancho de banda del ruido del filtro de la subportadora

DPC = Desviación pico de la portadora principal debido a la subportadora

FSC = Frecuencia de la subportadora

SNA = Relación señal a ruido de la subportadora de audio

DPSC = Desviación pico de la subportadora

FMA = Frecuencia máxima de audio

BA = Ancho de banda de ruido de audio

E = Factor de mejoramiento de audio por pre/deenfasia

Capítulo 9

LA INDUSTRIA EN MEXICO DE ESTACIONES TERRENAS PARA RECEPCION DIRECTA DE T.V. VIA SATELITE

9.1. INTRODUCCION

Se tiene el privilegio de vivir en la década de los 80's, misma que determinará la tecnología como la dirección y la velocidad de la vida en el próximo siglo. No podemos por lo tanto, de ninguna manera, ignorar los cambios tecnológicos principalmente en el área de las telecomunicaciones que se están produciendo actualmente.

Una de estas nuevas formas de comunicación es el satélite, ya que el mismo facilita por un centenar de millones de dólares, la posibilidad de llevar televisión a todo el país, duplicando la capacidad terrestre rápidamente.

Actualmente existen sobre la República Mexicana una gran cantidad de señales provenientes de satélites domésticos asignados para transmitir a Norteamérica y el Canadá, además del satélite Intelsat IV que funciona para nuestro país y muy pronto nuestro propio satélite que operará a pag

tir de 1985.

Las señales anteriores se pueden captar con equipos relativamente sencillos; sin embargo, en la actualidad se opera con un satélite rentado de baja capacidad y potencia media y en la mayoría de los casos transpondedores reducidos (INTELSAT IV), por lo que ha sido necesario instalar estaciones terrestres ligeramente mayores o especiales a fin de servir en la actualidad y después en 1985 con nuestro satélite.

El Gobierno Mexicano optó por instalar estaciones terrestres de 5 y 7 mts. de diámetro de antena para la recepción y 11 mts. de diámetro de antena para la recepción y transmisión en su infraestructura terrestre, donde se asocia una emisora de T.V. que cubre la microregión.

El televidente mexicano que desea captar de forma particular las señales de los satélites de E.E.U.U. y Canadá, dependerá de su ubicación dentro del país y del diámetro de la antena, siendo de 3 a 4 mts. en el Norte, de 5 a 5.6 mts. en el Centro y de 7 mts. en el Sur de nuestro país.

El mercado del equipo destinado a la infraestructura terrestre, para el sistema de televisión vía satélite, se puede considerar muy amplio y se prevé que el principal cliente será el Gobierno Mexicano, sin olvidar a los particulares.

Según estadísticas del I.M.C.E. se han importado 44.2 millones de dólares en equipo destinado a la infraestructura terrestre en los años 1982 y 1983.

La industria nacional conciente de que la tecnología para la fabricación de partes del equipo de recepción y transmisión está a nuestro alcance, ha iniciado un gran esfuerzo para que exista una infraestructura industrial mexicana en la fabricación de estaciones terrestres, para no depender cien por ciento del exterior para el suministro de las mismas.

Para el caso de México, el establecimiento de esta infraestructura industrial será de gran utilidad y trataremos de dar un panorama general de su situación actualmente.

9.2. OBJETIVO

Se pretende dar un panorama general de la mayoría de las compañías - que se dedican en nuestro país y particularmente en el D.F., a fabricar - o vender equipos de estaciones terrestres para la recepción de televi -- sión únicamente, sus componentes, especificaciones técnicas y costos.

9.3. LISTA DE COMPAÑÍAS:

Rafael Mejía y Asociados, A.P. y/o

Macromex, S. A.

Ave. Chapultepec No. 281, Col. Juárez,

0600 México, D.F. Tel. 5 11 63 20

Resalt, S.A.

Poniente 128 No. 520-A, Industrial Vallejo

02300 México, D.F. Tel. 567 62 10/587 40 73

Digisat, S.A.

Boulevard Toluca No. 13 Letra "E"

Naucalpan de Juárez, Edo. Méx.

Tel. 3 58 55 69/ 3 58 55 59

Diseños Electromecánicos, S.A.

Río Danubio No. 69-201, Col. Cuauhtémoc

06500 México, D.F. Tel. 511 28 68/533 44 64/514 09 09

Distribuidores de DEMSA*:

*Corporación Industrial Promotora

Heriberto Frías No. 559

Tel. 523 54 43 Ing. Hugo García

*Dinámica en Telefonía

Edgar Allan Poe No. 14

Tel. 525 61 74 Lic. Luis Martínez

*Sistema de Telecomunicaciones

Av. de la Teja 7A-D - 307

Tel. 671 00 95 Ingeniero Miranda

*Satelfin

Paseo Echeagaray No. 3-306

Tel. 373 79 94 Señor Martínez

*Sekure 2000

Altamirano No. 18, Col. San Rafael

06470, México, D.F. Tel. 535 24 29

Señor de la Torre

*Payés, Góngora y Asoc.

Fco. Decroix No. 160

Tel. 540 28 52 Cap. Modén

*Tel-El

Indianápolis No. 72-501

Tel. 525 60 04 Ingeniero Brossier

*Tele-Hotel

Pedro Antonio de los Santos No. 70

Tel. 677 13 66 Ing. Elías Salas

Telesat Mexicana

Organización Mexicana de Consultoría, S.C.

Av. Mariano Escobedo No. 375-502

Tel. 545 33 38/2 509 175/5 454 926

Lic. Tomás R. Garza Villarreal

Representantes de REISA

Comercial ARSA

Barcelona No. 4, Esq. con Bucareli y

Vito Alessio Robles No. 104

Tel. 566 76 00

Videosat

Ave. Periférico No. 239, casi esq. Altavista

Col. San Angel

Tel. 550 65 80 / 550 73 83

Distribuidora de:

KLAN, S.A., Calz. del Valle 409 Ote. 2o. Piso

García García, N.L. Tel. 78-97-50/ 78-90-15

Telerey, S.A. de C.V.

División Televisión Vía Satélite

Ofna. General Fujiyama 676

Col. Aguilas, México 01710, D.F.

Tel. 651 71 78 / 651 71 93 / 651 35 94

Salas de exhibición:

PALMAS

Av. de las Palmas No. 220, esq. Periférico
Lomas de Chapultepec, Tel. 520-3816

PERISUR

Insurgentes Sur No. 4690, Centro Comercial Perisur
Local 210, Tel. 652-1127

BOSQUES

Bosques de Duraznos No. 187, Centro Comercial
Bosques de las Lomas, Tel. 596-1498

De la anterior lista de compañías se pueden dividir en dos ramas, -- los fabricantes y los distribuidores. De los primeros, también podríamos clasificarlos por su origen en la fabricación de equipos de estaciones terrestres.

Queremos aclarar que sólo MACROMEX, S.A., fabrica el receptor y el polorotor hasta ahora y todas las demás compañías fabrican solamente la antena; todo el equipo electrónico, así como el de conexión, es de importación.

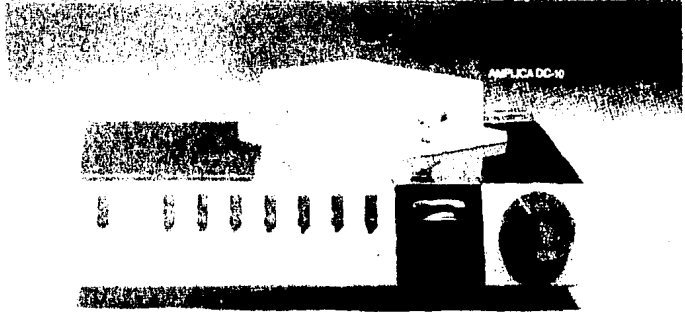
RESALT, S.A., tiene en sus orígenes una rama industrial sumamente diferente a la que nos ocupa; sin embargo es una de las pioneras, y de mucho empuje, en cuanto a mayoría de su equipo y de la integración de la mayoría de los elementos en su fabricación mexicana. Está asociada a Microdyne.

DISEÑOS ELECTROMECAÑICOS, S.A., es una de las compañías que ya anteriormente se dedicaba, y con mucho éxito, a la fabricación de antenas -- para radiocomunicación. Por ser una compañía especializada en la fabricación de antenas, prosiguió con la elaboración de su modelo parabólico-vía satélite.

SISTEMAS RECEPTORES DE SATELITE RESALT AMPLICA SERIE R

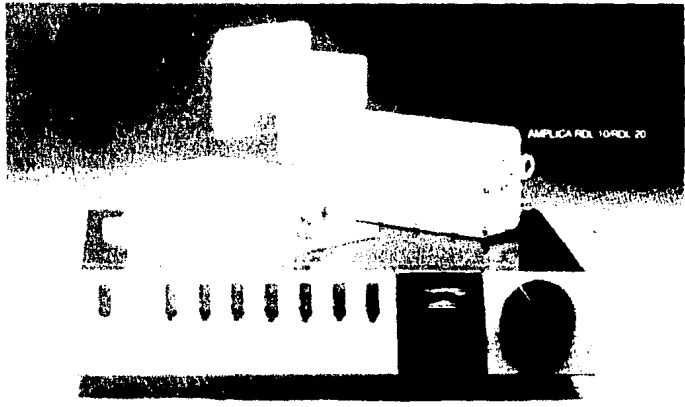
RD 10 EL SISTEMA MAXIMO

En adición al superior comportamiento de la calidad profesional Amplifica de nuestro receptor R 10 de satélites, nuestro sistema RD 10 puede cumplir con cualquiera de sus necesidades. El R 10 viene apareado con nuestro modelo D 10 convertidor de bajada, que es el convertidor más compacto y de uso rudo en el mercado de los sistemas receptores de satélite. Compatible polarizado por cable el D 10 suministra el enlace ideal entre el convertidor receptor R 10 y su LNA.



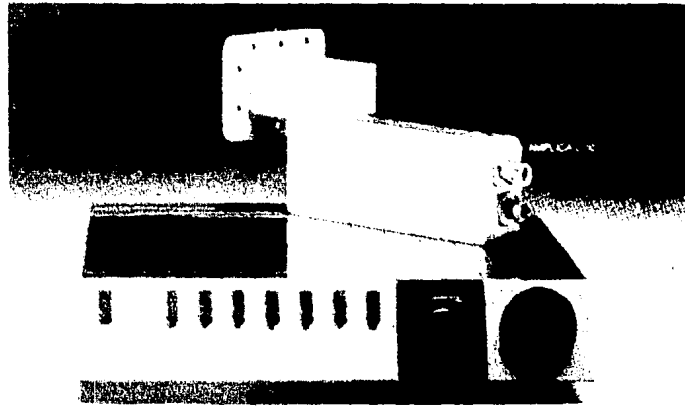
RDL 10 RDL 20 LIBERTAD PARA ESCOGER

La serie RDL le ofrece la flexibilidad del convertidor de bajada D 10 y la posibilidad de escoger un sistema RDL 10 con un LNA de 120 grados K o el sistema RDL 20 con el amplificador de 100 grados K. Esto significa que Ud. puede optimizar las componentes de su sistema RDL para sus condiciones de recepción. El sistema RDL de Amplifica le permite ampliar su sistema en forma de cascada para sistemas múltiples desde uno sencillo. No importa que sistema RDL Ud. escoja, el sistema múltiple siempre le funcionará al receptor R 10 completa el sistema.



R 10 EL PAR PERFECTO

Las dos componentes con el compromiso íntimo en el Sistema TVRO más avanzado y disponible al momento. Nuestro convertidor de bajo ruido R 10 combina la avanzada tecnología de nuestros días con un diseño en la forma de convertidores descendentes, totalmente integrado en la chasis de aluminio a prueba de interferencias, la integración del LNA da por resultado una combinación con menos cables, por lo que hay mayor facilidad de instalación, mayor confiabilidad y, lo más importante, calidad óptima en imagen y sonido. Para asegurar esta calidad superior en su receptor, nosotros fabricamos el par perfecto: el R 10 con el convertidor de satélite R 10, que es el par más calificado en el mundo. Con ellos, usted puede recibir una sola fuente de satélites. Recibirlos para el mayor grado de calidad. Con ellos, el mundo.



RESALT - AMPLICA

Poniente 128 - 520.02320
Col. Industrial Vallejo
México, D.F.
Tel-5-87-42-10
5-87-40-73

Telex 1762045 RESME

ESPECIFICACIONES RESALT-54

Frecuencia	3.7 a 4.20 y 11.7 a 12.2 GHz
Ganancia \pm 0.2 dbi en 4GHz a la entrada	44/00
en 12GHz a la entrada	51.5
Ancho del haz (Medio Banda)	
4 GHz	
-3db	1.1
-15db	2.2
12GHz	
-3db	0.35
-15db	0.70
VSWR (Máximo)	1.20/1
Flange de Entrada	(CPP-25G
4GHz	WR-75
12GHz	

Características de lóbulos laterales
Los lóbulos laterales están abajo de una curva desde por 22-25 log. \odot desde el primer lóbulo lateral 40° lejos del máximo del lóbulo principal. Desde 40° los lóbulos laterales están abajo de -30db.

Ajuste de Polarización
300° por alimentador rotativo.

Temperatura de ruido
vs
Elevación de Antena



Temperatura
Resistencia al viento

(-51 a 52°C)
51 km/hr

Tipo Montaje

EL-AZ con giro de 300° en azimuth y de 10 a 65° en elevación. Podemos suministrar valores en elevación más altos.

MATERIAL

Reflector
Subestructura
Alimentador
Montaje
Peso Neto
Anchaje

Fibra de vidrio alta precisión aluminio
Cable
Acero galvanizado en caliente
796 kg
Bloques de cemento de 165 a 6 m las anclas se proporcionan con la antena.

Instalación

Con los bloques de concreto la antena se puede instalar en 4 horas.

Embarques

Nuestros sistemas son enviados en vehículos especiales de transportación.

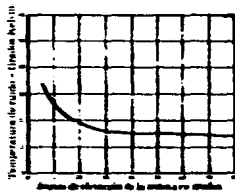
ESPECIFICACIONES RESALT-7M

Frecuencia	3.7 a 4.20 y 11.7 a 12.2 GHz
Ganancia \pm 0.1 dbi en 4GHz a la entrada	47.0
en 12 GHz a la entrada	54.5
Ancho del haz (medio banda)	
4GHz	
-3db	0.75
-15db	1.5
12GHz	
-3db	0.25
-15 db	0.50
VSWR (Máximo)	1.20/1
Flange de Entrada	CPP-25G
4GHz	WR-75
12GHz	

Características de lóbulos laterales
Los lóbulos laterales están abajo de una curva desde por 22-25 log. \odot desde el primer lóbulo lateral 40° lejos del máximo del lóbulo principal. Desde 40° los lóbulos laterales están abajo de -16dbi.

Ajuste de Polarización
300° por alimentador rotativo.

Temperatura de ruido
vs
Elevación de Antena



Temperatura
Resistencia al viento

(-51 a 52°C)
60 km/hr

Tipo Montaje

EL/AZ con giro de 300° en azimuth y de 10 a 65° en elevación. Podemos suministrar valores en elevación más altos.

MATERIAL

Reflector
Subestructura
Alimentador
Montaje
Peso Neto
Anchaje

Fibra de vidrio alta precisión aluminio
Cable
Acero galvanizado en caliente
790 kg
Bloques de cemento de 165 a 6 m las anclas se proporcionan con la antena.

Instalación

Con los bloques de concreto la antena se puede instalar en 4 horas.

Embarques

Nuestros sistemas son enviados en vehículos especiales de transportación.



MICRODYNE RESALT, S.A.
Poniente 130 No. 830
Col. Industrial Vallejo
México 16, D.F.
Teléfono 587-62-10
587-40-73

DIGISAT por su lado, es una empresa filial al consorcio TELEVISA, -- que mucho tiene que ver con los proyectos y avances de nuestro país en -- la comunicación vía satélite y en particular en la recepción directa de -- T.V. vía satélite. Está asociada a la compañía norteamericana. SCIENTI- -- FIC ATLANTA, la cual se encarga del apoyo técnico.

TELEREV, S.A. de C.V., es una de las últimas en entrar al mercado -- nacional, siendo que su ramo comercial es dentro de la emisión televisiva -- por ser un centro productor de televisión vía satélite, la cual esta- -- blece centro de exhibición comercial en lugares de suma importancia para -- traer el mercado nacional.

Con lo anterior se puede dar una idea de la manera tan variada en -- que se está iniciando nuestra industria mexicana en la fabricación de -- estaciones terrestres.

9.4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

El panorama que se desea dar de las empresas mexicanas que se dedi- -- can a la construcción y venta de las estaciones terrestres para T.V.R.O. -- en México, se presenta en dos partes: una de cotizaciones y otra en base -- a una encuesta técnica.

9.4.1. COTIZACIONES

Para determinar los avances y el estado actual de nuestra industria, -- se hicieron visitas a algunas de ellas, para conocer el equipo que tie- -- nen disponibilidad, su costo, y características técnicas.

9.4.1.1. ORGANIZACION MEXICANA DE CONSULTORIA, S.C.

TELESAT MEXICANA

Nos hicieron el favor de darnos una breve descripción y costo del -- equipo que tienen en venta, y a continuación lo transcribimos:

"Antena parabólica de malla de acero, 5 mts. de diámetro con base p_olar fabricada por REISA, División TELESAT MEXICANA, movable con conmutador marca MTI importado, equipo amplificador incluyendo armado y montaje, cableado e instalación.

Gastos de albañilería para la base cimentación por cuenta del cliente.

El costo del mencionado sistema del tipo promocional es de - - - - -
 \$ 1'100,000.00 M.N.

La forma de pago es de 50% de anticipo, 25% a la recepción de los -- equipos y 25% a la entrega de conformidad.

Las visitas de mantenimiento o de ajuste serán por cuenta del cliente.

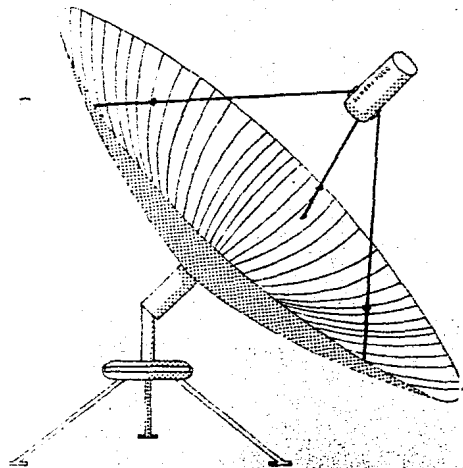
Los equipos tienen la garantía de fábrica por 6 meses y posterior -- mente podemos ofrecer un contrato de mantenimiento.

El registro ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en -- caso de requerirse, es un trámite especial que le puede ser ofrecido por nuestra organización, en cuyo caso cargaremos los derechos y honorarios-- correspondientes.

También estamos en condiciones de ofrecerle equipos más baratos de -- fabricación nacional y una antena más chica, pero en su caso, ésta es la más recomendable."

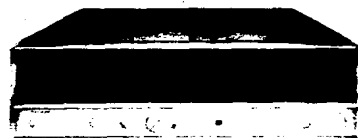
9.4.1.2. SEKURE 2000

En esta compañía nos atendió el Sr. Juan Ortiz Paloma, quien nos ob-- sequió un folleto que, explica el equipo de que está compuesto y sus ca-- racterísticas técnicas de la estación terrestre que tienen en venta y en



Mediante la estación terrena SEKURE 2000 usted estará en posibilidad de recibir una señal de televisión que ha viajado aproximadamente 37.000 kilómetros a un satélite, que permanece geostacionario en el espacio y que retransmite esta señal a la tierra las 24 horas del día.

La estación terrena SEKURE 2000 está diseñada para cumplir con las más complejas especificaciones para recepción de T.V. via satélite. Su construcción modular permite adaptarlo a las normas y tecnologías del futuro sin que quede obsoleto, así como un mantenimiento rápido y económico.



- Capacidad de 24 canales.
- Medidores de intensidad y sintonía.
- Decodificador estereofónico incorporado.
- Modulador de RF incorporado para canales 3 y 4.
- Salida Directa de video.
- Adaptable a los satélites de 48 canales del futuro.
- Salida de Sub-portadora para expansiones futuras.
- Regulación de voltaje en cada módulo.
- Previsto para los satélites Mexicanos.

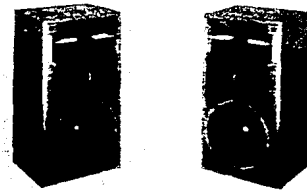
*Control remoto.

*Restrictor de Canales.

*Rastreador de Satélites.

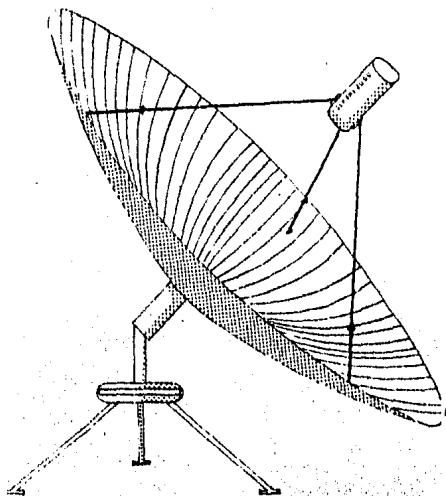
*Opcionales.

Los satélites tienen capacidad para retransmitir hasta 24 canales de televisión con sonido estereofónico y adicionalmente retransmiten señales de audio.



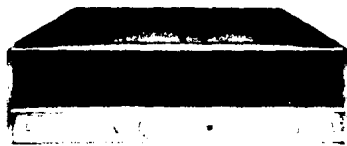
La recepción de televisión via satélite es posible en cualquier lugar del continente americano.

La calidad de recepción via satélite es superior a la que se recibe por cualquier otro medio.



Mediante la estación terrena SEKURE 2000 usted estará en posibilidad de recibir una señal de televisión que ha viajado aproximadamente 37,000 kilómetros a un satélite, que permanece geostacionario en el espacio y que retransmite esta señal a la tierra las 24 horas del día.

La estación terrena SEKURE 2000 está diseñada para cumplir con las más complejas especificaciones para recepción de T.V. via satélite. Su construcción modular permite adaptarlo a las normas y tecnologías del futuro en que quede obsoleto, así como un mantenimiento rápido y económico.



- Capacidad de 24 canales
- Medidores de intensidad y sintonía.
- Decodificador estereofónico incorporado
- Modulador de RF incorporado para canales 3 y 4.
- Salida Directa de video.
- Adaptable a los satélites de 48 canales del futuro.
- Salida de Sub-portadora para expansiones futuras.
- Regulación de voltaje en cada módulo
- Previsto para los satélites Mexicanos.

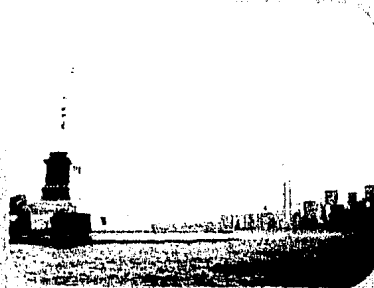
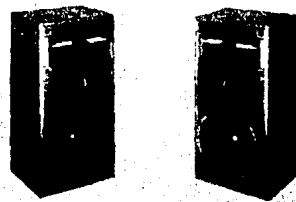
*Control remoto.

*Restrictor de Canales.

*Rastreador de Satélites

*Opcional

Los satélites tienen capacidad para retransmitir hasta 24 canales de televisión con sonido estereofónico y adicionalmente retransmiten señales de audio.



La recepción de televisión via satélite es posible en cualquier lugar del continente americano.

La calidad de recepción via satélite es superior a la que se recibe por cualquier otro medio.

su parte medular lo transcribimos:

"La estación terrena Sekure 2000 está diseñada para cumplir con las más complejas especificaciones para recepción de T.V. vía satélite. Su construcción modular permite adaptarlo a las normas y tecnologías del -- futuro sin que quede obsoleto, así como un mantenimiento rápido y económico.

- . Capacidad de 24 canales
- . Medidores de intensidad y sintonía
- . Decodificador estereofónico incorporado
- . Modulador de RF incorporado para canales 3 y 4
- . Salida directa y video
- . Adaptable a los satélites de 48 canales del futuro
- . Salida de sub-portadora para expansiones futuras
- . Regulación de voltaje en cada módulo
- . Previsto para los satélites mexicanos
 - * Restrictor de canales
 - * Control remoto
 - * Equipo opcional

El señor Ortiz nos dió los precios del equipo de recepción directa - para antenas de 5 y 3.6 mts. de diámetro, que son los siguientes:

<u>Antena</u>	<u>Costo</u>
5.0 mts.	\$ 1'000,000.00 M.N. más IVA
3.6 mts.	\$ 800,000.00 M.N. más IVA

Así también nos informó de la forma de pago, que es de un 60% de anticipo y el 40% al término o entrega del equipo ya instalado. El tiempo de entrega es de 30 días y el de garantía de un año.

9.4.1.3. VIDEOSAT

Esta compañía tiene su matriz en la Cd. de Monterrey y tiene sucursales en Guadalajara, Torreón, San Luis Potosí, Puebla, León, Gto. y por supuesto en el D.F.

Nos informaron que el sistema que tienen en venta consta del siguiente equipo:

- . Plato reflector de fibra de vidrio de 3.6 mts. de diámetro
- . Base estructural de acero de tipo polar
- . Guiador de onda marca Chaparral
- . Amplificador de bajo ruido de 75 K
- . Un modular por canal 3 ó 4 de T.V.
- . Receptor inalámbrico marca Luxor
- . Localizador de satélites marca Luxor, inalámbrico
- . Instalación, servicio y garantía en todas sus partes por 6 meses

Nos informó la Srta. Adriana Kubli los precios de los sistemas de 3.7 y 5 mts. de diámetro de antena, que son:

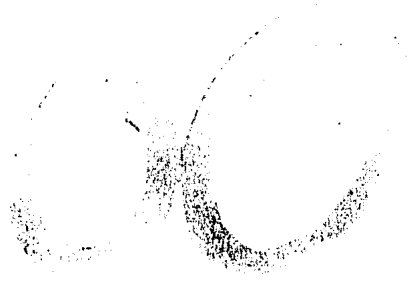
<u>Antena</u>	<u>Costo</u>
3.7 mts.	\$ 1'000,000.00 M.N. más IVA
5.0 mts.	\$ 1'050,000.00 M.N. más IVA

Se nos comunicó que si se deseaba un amplificador de bajo ruido de un valor de 70⁰K, ocasionaría un costo adicional de \$50,000.00 M.N. al sistema.

La forma de pago es de 60% de anticipo, 20% al iniciar la instalación y 20% al finalizar la misma.

Todo el sistema es de importación, exceptuando la antena y la insta -

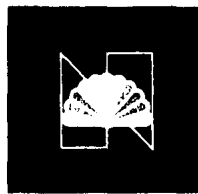
MAS DE



CANALES DE TV



MAS



The Luxor Satellite Receiver defines the state of the art with advanced features, unique design and outstanding performance.

The Luxor Satellite Receiver from Sweden represents the most advanced design and manufacturing capabilities of one of Europe's leading high technology companies. Innovation and intelligent design are evident in the Luxor's unmatched features, quality and performance.

All 24 transponder channels are directly selected by infrared wireless remote control. Selection of correct polarization and audio reception mode are automatic. Polarization may also be fine tuned by remote control for best reception on every satellite. Precise fine tuning for each of 32 channels is pre-programmed in nonvolatile memory. This allows access to all 24 standard channels plus 8 additional for Intelsat. Chorizont or future 12 GHz use with another downconverter. Scan tuning for ease of antenna aiming and video inversion for nonstandard signals are included.

High fidelity audio is provided by four programmable reception modes: Mono 1, Mono 2, Matrix Stereo or Discrete Stereo. Any mode can be assigned to any transponder channel. Subcarrier frequencies for each mode are pre-programmed or may be tuned by remote control. Dolby® noise reduction and 2:1 audio expansion are selectable in any mode.

A dual conversion, weatherproof remote downconverter allows convenient mounting at the antenna with only 70 MHz signals fed to the receiver. An advanced AGC circuit permits low cost 75 ohm coaxial cable runs of up to 2,000 feet without any adjustments. All drive and control voltages for the Chapparral Polarotor are provided.

Without a doubt, Luxor has produced the finest home satellite television receiver available today. For quality, performance, features and price, the Luxor simply has no competition.

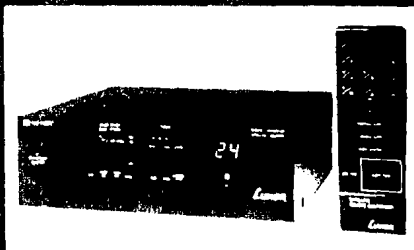
Specifications

Receiver (Made in Sweden)

RF Input: 70 MHz, 75 ohm, Type F Conn
 RF Input Level: -45 to -5 dBm
 Tuning System: Digital Voltage Synthesizer with Nonvolatile Memory
 Programmable Channels: 24 + 8, 32 Total
 Tuning Voltage Output: 1.25 V on RF Input Line
 Downconverter/LNA Power: +18 V, Type F Conn
 IF Bandwidth (-3 dB): 26 MHz
 FM Threshold: Better than 8 dB
 Video Output: 1 Vpp, 75 ohm, Type F Conn
 Video S/N at 14 dB C/N: 50 dB Wnd
 Dispersion Clamping: 40 dB
 Audio Modes: Mono 1 and 2, Stereo, Matrix and Direct
 Audio Tuning: Preprogrammed or variable
 Audio Tuning Range: 5 MHz to 8 MHz
 Audio Noise Reduction: Dolby, Type B or 2:1 Expansion
 Audio Output Level: Narrow Deviation: 10 dBm (600 ohm)
 Wide Deviation: 0 dBm (600 ohm)
 Audio Output Connectors: Stereo Phono Jacks, Mono, Type F
 AC Power Input: 117 VAC
 Size (L x W x H): 10" x 10 1/2" x 4" (280 x 270 x 100 mm)
 Weight: Approx. 8.4 lbs. (3.8 kg)

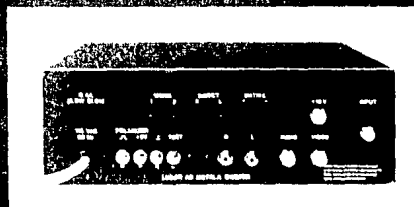
Downconverter (Made in USA)

Type: Superheterodyne dual conversion
 RF Input: 17 GHz to 4.2 GHz, 50 ohm, Type N Conn
 RF Output: 70 MHz, 75 ohm, Type F Conn
 Power Input: +18 V @ 150 mA, Type F Conn (DC Bypass to LNA)
 Tuning Voltage Input: 1.25 V on RF Output Line
 Noise Figure: 11 dB
 Image Rejection: 18 dB
 Temp. Stability: -4° to +122°F (-20 to +50°C) ±10 MHz
 Housing: Weatherproof Machined/Cast Aluminum
 Size (L x W x H): 5 1/4" x 3" x 1 1/2" (133 x 76 x 38 mm)
 Weight: Approx. 1.8 oz. (51 g)



Features

- Full function infrared wireless remote control
- Microprocessor digital control system
- Matrix and discrete stereo audio modes
- Dolby® noise reduction and 2:1 audio expansion
- Automatic selection of audio mode
- Direct access channel selection
- 32 channel programmable memory with LED display
- Automatic polarization with fine tuning
- Built-in Chapparral Polarotor drive
- All channel scan tuning and video inversion
- Superheterodyne dual down conversion
- Weatherproof remote downconverter
- Low FM threshold with excellent video quality
- Computer grade internal construction
- Direct broadcast 12 GHz adaptable
- Complete test and burn in of each unit
- One year full parts and labor warranty



Receiver Back Panel



Weatherproof Remote Downconverter

Weatherproof

lan en 5 semanas.

El permiso de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes lo tramita y proporciona la compañía sin gasto adicional alguno.

Esta compañía también proporciona sistemas compartidos para condominios o apartamentos y sólo se le daría un receptor a cada usuario, disponiendo de 24 canales de recepción. Su costo depende del número de telehogares que compartan el sistema. Los costos que se presentan a continuación es por telehogares que comparten en sistema.

<u>Telehogares</u>	<u>Costo</u>
4	1,250.000ls. más \$120,000.00 M.N.
6	1,050.000ls. más \$ 90,000.00 M.N.
8	1,000.000ls. más \$ 75,000.00 M.N.

Estos precios son más el IVA y es por telehogar.

9.4.1.4. TELEREY, S.A. DE C.V.

Nos recibió el Ing. Juan Carlos Barrasa en la sucursal el centro comercial Perisur, nos informó que el sistema que tienen en venta consta del siguiente equipo:

- . Antena de fibra de vidrio con base polar
- . Amplificador de bajo ruido de 85 K
- . Alimentador de doble polaridad
- . Convertidor de bajada
- . Receptor de 24 canales

Todo el equipo tiene una garantía de un año, se tramita el permiso de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes sin cargo adicional al cliente.

La instalación del sistema se efectúa en un período de 3 a 4 semanas.
La garantía del equipo es de un año.

Tienen sistemas de 3.7 y 5 mts. de diámetro de antena y sus costos son los siguientes:

<u>Antena</u>	<u>Costo</u>
3.7 mts.	\$630,000.00 M.N. más IVA
5.0 mts.	\$895,566.00 M.N. más IVA

Equipo opcional: Localizador de satélite programable \$136,000.00 - -
M.N. más IVA.

9.4.1.5. DISEÑOS ELECTROMECANICOS, S. A.

En esta compañía, el Ing. René Miranda Carmona nos facilitó la propaganda que pone a disposición del público la empresa, y trata de una manera detallada todo lo concerniente a las especificaciones del sistema y las características comerciales para su compra, la cual transcribimos a continuación:

"Descripción del sistema:

- . Antena parabólica de 5 mts. de diámetro, fabricada de aluminio con base polar o fibra de vidrio de 5 mts. de diámetro con base manual. Registrada en la S.C.T. con número de registro: RS-03
- . Amplificador de bajo ruido (LNA), de 90 K
- . Receptor, codificador y restaurador de señal de video con modulador integrado para canal 3 ó 4 (con sonido estereofónico)
- . Conversor descendente para bajar la frecuencia del amplificador de bajo ruido a 70 MHz
- . Polarizador con control remoto para cambiar la polaridad y poder ajustar la sintonía de 12 canales horizontales y 12 canales verti-

Resumiendo, el sistema consiste de:

• ANTENA • AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA) • CONVERTIDOR • RECEPTOR •

ANTENA PARABOLICA

CARACTERISTICAS ELECTRICAS.

* FRECUENCIA 3.7 A 4.2 GHZ.
 Y 11.7 A 12.2 GHZ.
 * POLARIZACION LINEAL O DOBLE.
 * TEMPERATURA DE RUIDO

ELEVACION (GRADOS)	RUIDO (GRADOS KELVIN)
5	45.08
10	35.68
20	26.89
30	22.23
40	20.01
50	18.96

* GANANCIA A 4.000 GHZ. 44.13 ± 0.2 dBI
 * LOBULO LATERAL PRINCIPAL -10 dBI
 * ROE (VSWR) 1.25 MAX.
 * ABERTURA DEL LOBULO A-3dB 1.26°
 * ABERTURA DEL LOBULO A-15dB 2.63°
 * CONECTOR DE ALIMENTACION GUIA DE ONDA

CARACTERISTICAS MECANICAS.

* DIAMETRO DEL REFLECTOR 5.00 METROS
 * MONTAJE AZIMUTAL
 * TOLERANCIA EN LA SUPERFICIE + 3 mm.
 * TEMPERATURA AMBIENTAL - 20°C. A + 55°C.
 * VIENTO MAXIMO 120 KPH
 * AJUSTE DE ELEVACION DE 0° - 80°
 * AJUSTE DE AZIMUTH DE 0° - 360°
 * AJUSTE DE ALIMENTADOR (AXIAL) ± 5 cms.
 * AJUSTE DEL ALIMENTADOR (CIRCULAR) DE 0° A 360°
 * ESTRUCTURA ALUMINIO 6063 T6
 * SUPERFICIE MALLA DE ALAMBRE
 O FIBRA DE VIDRIO
 ACERO GALVANIZADO
 * HERRAJES DE MONTAJE 12 PETALOS
 * NUMERO DE SECCIONES 107 Kgs.
 * PESO (SIN LA BASE) 107 Kgs.
 * PESO TOTAL 180 Kgs.



DISEÑOS ELECTROMECHANICOS, S. A.

RIO DANUBIO 89-201, C.P. 06500 MEXICO, D. F.

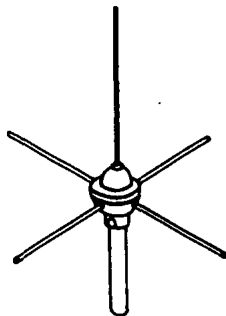
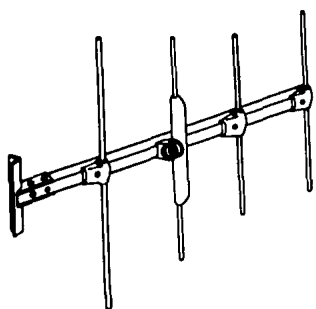
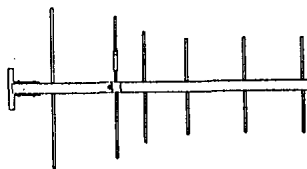
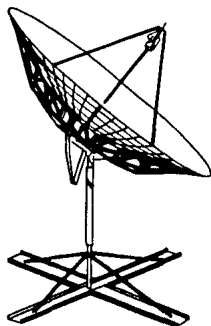
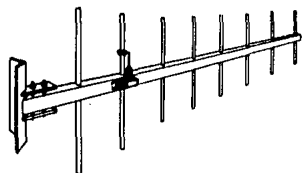
TELS: OFNA. 514-09-09 533-44-64 511-28-68 TELEX No. 01781173-DIELME

FABRICA: CAMINO A LA HUERTA No. 1 JILOTEPEC, EDO. DE MEXICO

TEL. (91) 773-4-0440

ANTENAS

PARA RADIOCOMUNICACION



DEMBA

DISEÑOS ELECTROMECANICOS, S.A.

RIO DANUBIO 69-201, C.P. 06500 MEXICO, D.F.

TELS: OFNA. 514-09-09 533-44-64 511-28-66 TELEX No. 1781173-DIELME

FABRICA: CAMINO A LA HUERTA No. 1 JILOTEPEC, EDO. DE MEXICO

TEL. (91) 773-4-0440

cales.

- . Materiales y mano de obra para la instalación de un sistema sencillo, incluyendo de 20 a 30 mts. de líneas de transmisión desde el amplificador de bajo ruido hasta el televisor
- . Suscripción anual de la revista Orbit (guía mensual de T.V. de -- recepción por satélite).
- . Permiso y autorización de la S.C.T.
- . Rastreador de satélites (opcional)

Términos y condiciones:

Los precios de las cotizaciones están sujetos a cambios sin previo aviso.

La operación de estos sistemas requiere la previa autorización de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes misma que DEMSA tramitará en cada venta directa de un sistema completo.

Toda obra civil necesaria para la distribución de señal, el cableado extra requerido y las instalaciones eléctricas que se requieran para alimentar al receptor, corren por cuenta del cliente.

Todo trabajo que lleve más de 30 mts. de cable, dará motivo a un cargo adicional por la diferencia del material que se requiera.

Plazo de entrega:

Nuestro plazo de entrega es de 8 a 10 días a partir de la fecha del pedido y el anticipo recibido, la entrega es L.A.B. México, D.F.

Los fletes para las entregas foráneas corren por cuenta del cliente.

Garantías:

Todos nuestros productos tienen una garantía de 6 meses calendario, amparando tanto partes como mano de obra, a excepción de los fusibles y lámparas que no queden cubiertos, una vez que el sistema queda operando a satisfacción del cliente.

Precios:

<u>Antena</u>	<u>Costo</u>
3.6 mts.	\$740,000.00 M.N. más IVA
5.6 mts.	\$890,000.00 M.N. más IVA

9.4.2. ENCUESTA TECNICA

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de un cuestionamiento que se hizo a diferentes empresas del ramo, de las especificaciones técnicas y comerciales de sus sistemas de estaciones terrestres para T.V.R.O.

La presentación se hará solamente de las empresas DIGISAT, RESALT y DEMSA, por considerarlas unas de las más importantes de nuestro país.

Cuestionario que se utilizó en esta encuesta técnica:

I.- ANTENAS

- 1.- ¿Cuáles son los diámetros de las antenas que fabrican para T.V.R.O.?
- 2.- ¿Qué tipo de material utilizan en su fabricación?
- 3.- ¿Qué tipo(s) de montaje utilizan?
- 4.- ¿Qué tipo(s) de mecanismos de rastreo utilizan?

- 5.- ¿Con qué tipo(s) de polarización trabaja?
- 6.- ¿Qué mecanismos utilizan para el cambio de polarización?
- 7.- Si tiene aislamiento el alimentador, ¿cuáles son sus características?
- 8.- ¿Qué clase de protección tiene el alimentador?
- 9.- Bajo condiciones de operación, ¿cuál es su eficiencia?
- 10.- ¿Para el año 1984, cuál será el costo de una unidad?

II.- AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO

- 1.- ¿Cuál es el orden de su ganancia y en qué anchos de banda?
- 2.- ¿Sin atenuaciones extras, cuál es el valor de la temperatura de ruido efectiva?
- 3.- ¿Cuáles son los valores por día y semana de la estabilidad de ganancia?
- 4.- ¿Incluyendo cables y conectores, cuáles son los rangos de su V_{SWR} ?
- 5.- Para cualquier segmento de 40 MHz dentro de la banda de recepción ¿cuál es el retraso de grupo: lineal, parabólico cuadrado y rizo y pico-pico?
- 6.- ¿A qué temperatura de operación y almacenamiento trabaja el equipo?
- 7.- ¿Cuál es su confiabilidad?

8.- ¿En qué condiciones ambientales trabaja?

9.- ¿Cuál es su localización dentro del sistema?

10.- ¿Para el año de 1984, cuál será su costo L'VA?

III.- CONVERTORES DE FRECUENCIA

1.- ¿Cuál es el rango de su VSWR en la entrada?

2.- ¿Cuál es el valor de su factor de ruido?

3.- ¿La ganancia de los convertidores, de qué magnitud es?

4.- ¿Para el año 1984, cuál será su costo?

IV.- ESPECIFICACIONES GENERALES

1.- ¿De qué consta su equipo de T.V.R.O.?

2.- ¿Cuáles son las condiciones de compra y mantenimiento?

3.- ¿Cuánto tiempo se tardan en entregar el equipo?

4.- ¿Cuántos satélites puede captar su equipo?

5.- ¿En qué bandas de frecuencia trabaja su equipo?

6.- ¿Para el año de 1984, cuál será el costo del equipo completo?

7.- ¿Cuál es la información que maneja el cliente de la empresa?

8.- ¿Cuáles son las características de financiamiento, si las tiene?

9.4.2.1. ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA

	<u>DIGISAT</u>	<u>RESALT</u>	<u>DEMSA</u>
Diámetro para TVRO	1 a 11 mts.	0,7 a 10 mts.	3.75 a 10 mts.
Material	Aluminio en hoja, malla y fibra de vidrio	Fibra de vidrio y aluminio, ambas con capas de zinc	Aluminio, malla de alambre y fibra de vidrio
Tipo de Montaje	Polar, EL/AZ Polar motorizado	Polar y AZ/EL	Polar
Mecanismo de rastreo	Paso a paso y seguimiento automático	Manual y automático	Mecánico y manual
Tipos de polarización	Lineal y circular	Lineal y circular	Vertical, horizontal y circular
Mecanismo de cambio	Mecánico y magnético	Mecánico	Polarotor
Aislamiento del alimentador	Corneta diagonal, sellada, presurizada y deshidratada	---	---
Protección del alimentador	Contra corrosión y presurizado a través del cable coaxial para evitar humedad en la parte superior	---	---

	<u>DIGISAT</u>	<u>RESALT</u>	<u>DEMISA</u>
Eficiencia bajo condiciones de operación	70%	---	55%
Costo:			
2.4 mts.	---	\$ 70,000.00	---
2.8 mts.	\$ 600,000.00	---	---
3.2 mts.	\$ 750,000.00	---	---
3.6 mts.	\$ 950,000.00	\$ 260,000.00	\$ 740,000.00
5.0 mts.	---	\$ 360,000.00	\$ 1,023,000.00
7.0 mts.	---	\$ 1,300,000.00	---

9.4.2.2. ESPECIFICACIONES DEL AMPLIFICADOR DE BAJA RUIDO

Ganancia	50 a 60 dB en 500 MHz.	50 dB de 3.7 a 4.2 GHz. 30 a 40 dB de 11.7 a 12.2 GHz	---
Temperatura de ruido efectiva sin atenuaciones extras	45, 50, 60, 70, 80, 85, 90, 100, 110 y 120 K	70 a 120 K Banda C, 290 a 610 K banda K	---
Estabilidad de la ganancia	Menor que 0.1 dB/hr. Menor que 0.5 dB/mes	Depende de cambios en los semiconductores	---
VSUR de entrada	1.25 : 1	1.3 : 1 banda C y K	---
VSUR de salida	1.3 : 1	1.5 : 1 banda C 1.3 : 1 banda K	---

	<u>DIGISAT</u>	<u>RESALT</u>	<u>DEMSA</u>
Retraso de grupo, para segmento de 40 MHz en la banda de recepción:			
Lineal	2.4 nseg/MHz	0.01 nseg/MHz	---
Parabólico cuadrado	2.4 nseg/MHz ²	0.001 nseg/MHz ²	---
5.-2.3. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL SISTEMA			
Equipo de que consta su T.V.R.O.	Reflector, subreflector o foco primario, montura, LNA, receptor cables UMT o control eléctrico de polarización.	Antena, alimentador con iluminador, LNA, cables de RF (RG217 y RG 6 según el caso) y receptor.	Antena, LNA, receptor, convertidor alimentador con polarizador, juegos de cables, conectores y base polar.
Condiciones de compra, mantenimiento	50% de anticipo y 50% a la entrega del equipo	Garantía de un año y reparaciones por 10 años	---
Tiempo de entrega	Depende del equipo de que se trate.	De 20 a 30 días	10 días
Jetóviles que puede captar el equipo	Depende de la combinación del LNA y el diámetro de la antena.	---	Los comerciales de E.E.U.U.
Bandas de Frecuencia en que trabaja su equipo	3.7 a 4.2 GHz. 11.9 a 12.5 GHz.	En la banda C y Mu	3.7 a 4.2 GHz.
Costo para 1984	---	De 3.6 mts. - \$ 400,000.00 en la banda C y para la banda Mu aprox. \$ 170,000.00 N.N.	---

Información que maneja el cliente

Financiamiento

DIGISAT

Catálogos

Depende de la cantidad de equipos y las necesidades del cliente.

HEBALT

Catálogos y un manual de instalación y servicio.

No tienen para México, pero Fomex los ha financiado para exportaciones a Cuba, Perú y E.E.U.U.

DEMA

Folleto.

No financian.

9.5. CONCLUSIONES

- 1.- La industria mexicana se encuentra en la etapa inicial, dentro de la fabricación de elementos que componen una estación terrestre, con carencias en la disponibilidad de datos específicos y comprobados de los elementos fabricados.
- 2.- En la etapa de comercialización de estos sistemas de comunicación, es clara la incompetencia en el conocimiento técnico del personal y la nula información que otorgan al público, para que éste analice las ventajas y desventajas del equipo que se le ofrece.
- 3.- La mayoría de las empresas presentan sus sistemas de estaciones terrestres integrados con equipos de diferentes marcas de fabricación, cambiando con frecuencia los mismos; lo que determina una eficiencia variable del sistema, afectando los intereses del público mexicano.
- 4.- Los costos de los sistemas de estaciones terrestres difieren de acuerdo a cada empresa, en razón a la cotización del dólar.
- 5.- Podemos afirmar que los costos de los sistemas de estaciones terrestres para los años venideros serán menores que los actuales, gracias a los avances técnicos y la gran demanda que tendrán.

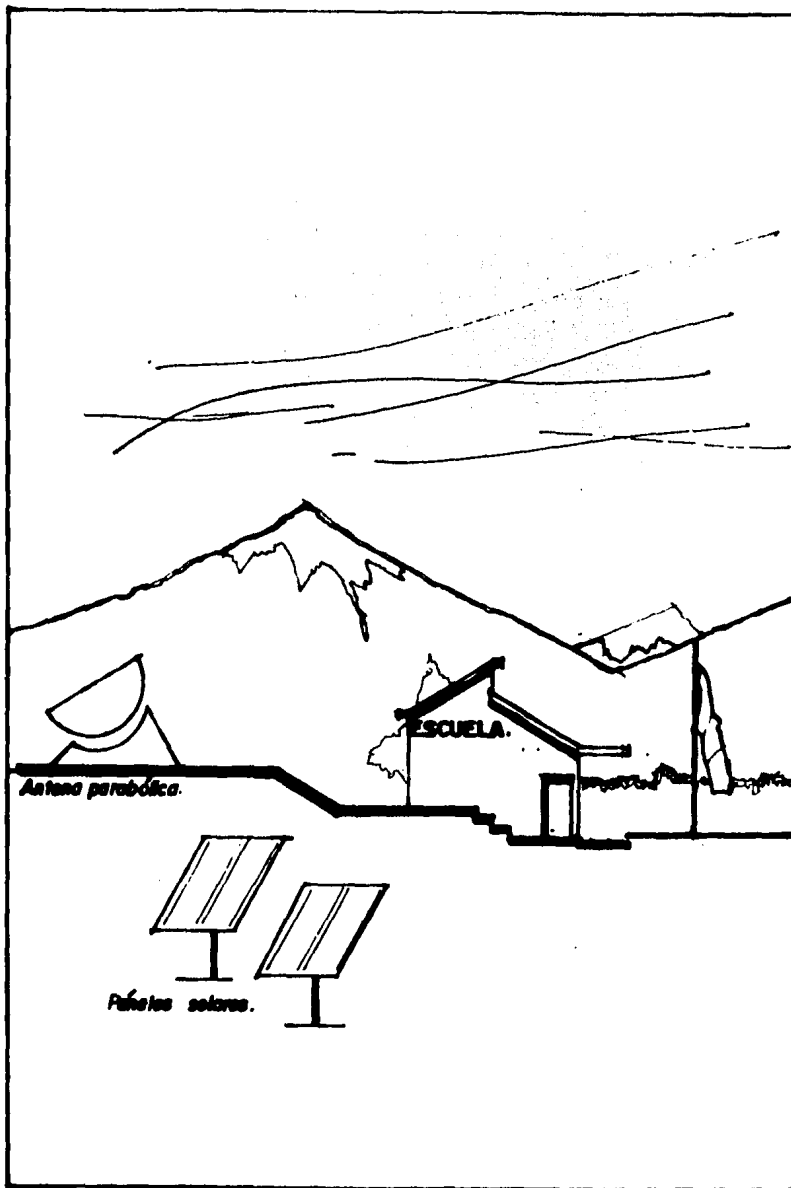
Capítulo 10

APLICACIONES POSIBLES DE RECEPCION DIRECTA DE TELEVISION PARA MEXICO

El sistema de telecomunicaciones de un país debe cumplir, en principio, una función esencial para favorecer la identidad, integración y el desarrollo de su población, así como una función estratégica en la administración de la producción de bienes y servicios, y para apoyar el ejercicio de la soberanía y la seguridad nacional.

Al ponerse en funcionamiento el Sistema Satelital Morelos, se vislumbra una solución para llevar la educación fundamental hasta los sitios más apartados de nuestro país y distribuir programas de carácter formativo a todos aquellos lugares en que, por la diseminación de sus habitantes, otros medios resulten ineficaces. Ver figura 10.a.

Gracias a los adelantos técnicos será posible hacer funcionar una estación receptora y su monitor de televisión con un tablero de celdas solares acoplado a un acumulador de automóvil. Para esto, será necesario una antena parabólica de dos metros, un preamplificador de bajo rui-



Televisión educativa a poblaciones
rurales aisladas.

F

10.a.

do y un receptor que en conjunto consuman 30 watts. Para esta potencia se requerirán tres metros cuadrados de celdas solares. Este equipo se puede instalar en una camioneta, con la que se tendrá una estación móvil receptora que puede detenerse en pequeños poblados, aún sin luz eléctrica y difundir a maestros y alumnos la información que tanta falta hace en lugares apartados. Ver figura 10.b.

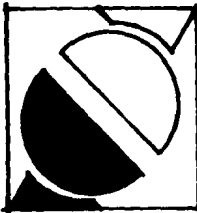
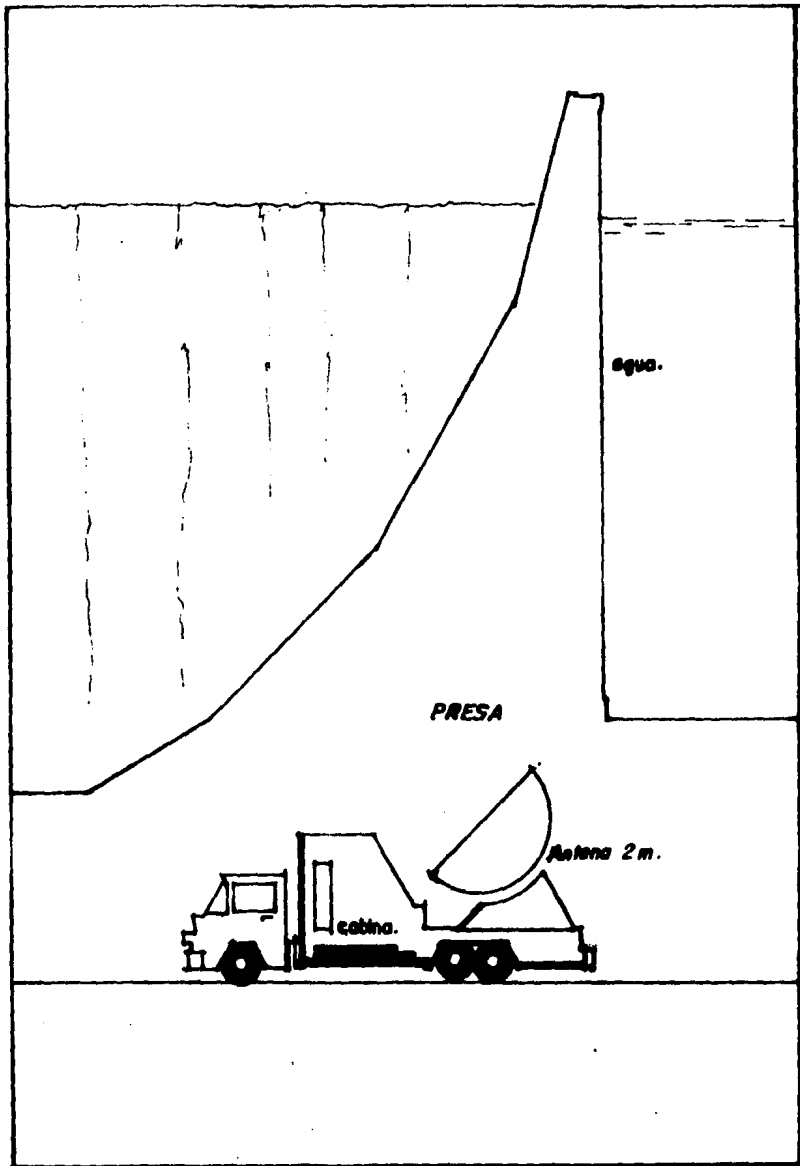
Es indudable que preparando y educando a la niñez, podremos tener en el futuro cercano, jóvenes capaces moral y materialmente para guiar su destino.

Con una red programada de estaciones móviles y fijas sería posible establecer un sistema de educación y preparación continua con el que se proporcionarían clases teóricas y de tipo manual a los alumnos de las escuelas primarias rurales.

El mismo sistema proporcionaría a los maestros rurales, que viven aislados y faltos de información necesaria para mantenerse actualizados, la posibilidad de superación mediante seminarios. Así, los enlaces que tanta falta hacen entre los centros de gravedad de la enseñanza y los bordes a donde dicha comunicación no llega, quedarían establecidos.

Además, los alumnos que terminen su primaria podrían continuar su preparación, ya sea aprendiendo técnicas agropecuarias, o el oficio que su inclinación les indique. Otra de las consecuencias a corto plazo, será la menor afluencia de población a las regiones saturadas, puesto que la mayoría acude a ellas por no haber en sus lugares de origen no solamente lo necesario, sino que muchas veces ni siquiera lo indispensable.

Otro tipo de servicios que podrían proporcionar los satélites al medio rural es la información impresa de las noticias del día, disminuyéndose, de esta manera, la gran diferencia entre la información que recibe la gente del campo y los habitantes de la ciudad.



Servicios Móviles por satélite.
(Presa en construcción)

F

10.b.

En lo que se refiere a la salud, las telecomunicaciones pueden ayudar a resolver los grandes problemas en las áreas rurales, donde la escasez de médicos es notable, ya que éstos no están distribuidos uniformemente por áreas geográficas. A esto hay que agregar que los actuales servicios y asistencia médica no siempre están a la mano, debido a su difícil localización.

El objetivo que se ha fijado la Organización Mundial de la Salud -- consiste en alcanzar la salud para todos: sentar el principio de que todo ser humano, en cualquier lugar en que resida, tiene derecho a la salud, y éste requiere de un enorme esfuerzo y superación constantes.

Las telecomunicaciones desempeñan una función primordial en la prevención y tratamiento de las enfermedades, la asistencia sanitaria, organización de la educación nutricional, movilización de los servicios nacionales de salud, luchas contra ciertas creencias populares o transmisión de avisos mundiales en caso de epidemias.

Los accidentes y enfermedades repentinas son las principales causas de incapacidad y defunción, y en éstos, las telecomunicaciones son especialmente útiles y cada día aumenta la variedad de sus aplicaciones.

Los métodos en que se combinan la radiodifusión y la televisión han demostrado su utilidad en América del Norte, la Unión Soviética y Europa; teniendo en cuenta que la educación es el mejor medio de prevenir -- las enfermedades y que la prevención es preferible a cualquier forma de tratamiento curativo.

La Dirección General de Telecomunicaciones, ha orientado su política operativa hacia dos grandes objetivos:

- 1.- La integración de un conjunto de redes y sistemas que permitan disipar los problemas básicos de las telecomunicaciones.

- 2.- Incorporar el sistema nacional vastas zonas rurales y resolver la incomunicación de la población que habita tales zonas.

Es por ésto que a las instituciones de salud se les ha brindado el apoyo necesario para que sus servicios futuros cuenten con la tecnología adecuada.

El Instituto Mexicano del Seguro Social cuenta con una red de telecomunicaciones compuesta por los sistemas de telefonía, radiocomunicación, télex, enlaces especiales a intercomunicación y sonido, en el futuro se planea que cuenta con un canal de video.

En el IMSS, la utilización de los sistemas de telecomunicaciones es enfocada principalmente, a la atención de pacientes, que abarca la simple información de los servicios hasta la intercomunicación enfermo-enfermera, en sus unidades hospitalarias.

Sin embargo, es necesario que las instituciones que integran el sector salud, coordinen sus esfuerzos para aprovechar racional e íntegramente sus recursos, particularmente los que se refieren a las telecomunicaciones para poder obtener mediante su aplicación, importantes apoyos como la telemedicina, en la ampliación y mejora de la atención a las comunidades más aisladas.

La Secretaría de Salubridad y Asistencia podrá contar con información en diferentes puntos para la realización de las campañas que lleva a cabo y para sus unidades hospitalarias y obras de atención médica.

Por otra parte, en el entretenimiento televisivo se debe contar con los elementos necesarios para asegurar una programación constante y de calidad que pueda ser transmitida por vía satélite, ya que de no hacerlo, las producciones extranjeras invadirían nuestros receptores dejando en los hogares problemas de desarraigo cultural, fundamentalmente ahora, --

que diferentes empresas privadas han comenzado a vender antenas caseras- que captan directamente las transmisiones de los satélites estadounidenses.

Corporación Mexicana de Radio y Televisión (Canal 13), declaró por-conducto de su director, el Lic. Raúl Martínez Ostos que ya se están es-tudiando y diseñando programas que ofrezcan cultura y educación de una -manera accesible sin caer en lo "aburrido". Por el momento, la imagen -del canal 13 cubre un 85% del país, pero con los dos satélites mexicanos se cubrirá, con ayuda de sus 44 repetidoras la totalidad del territorio-nacional.

Es importante recalcar la calidad que deben tener los programas de entretenimiento porque según estudios de Televisa, una persona promedio- está seis horas ante su receptor de televisión y ésto, indudablemente, -influye en el comportamiento de todo ser humano.

Las opiniones de este fenómeno se pueden dividir en dos categorías: los pesimistas opinan que se está creando una generación de individuos -enclaustrados en sí mismos e incapaces de las relaciones humanas; los op-timistas aseguran que la televisión es un factor de unión de la familia, ya que el hecho de mantenerla en casa, ayuda notablemente a la unidad --del hogar.

Para optimizar la explotación de nuestro sistema satelital, se debe considerar cuantas estaciones terrenas se encuentran disponibles, así --como su ubicación geográfica para que de esta manera, los enlaces que se requieran para las diferencias secretarías, empresas paraestatales o - -clientes potenciales, se puedan diseñar de la mejor manera posible.

Los servicios que se podrán ofrecer y vender, como ya se ha mencio-nado son: televisión, telefonía, transmisión de datos, telegrafía, télex, facsímil, teletexto y difusión de música.

Los usuarios potenciales que consideramos más importantes, y los -- servicios que podrían requerir son:

Instituto Mexicano del Seguro Social: telefonía, video y teledig -- nóstico; Petróleos Mexicanos: telefonía, video y transmisión de datos; - Secretaría de Educación Pública: televisión educativa y telesecundaria; - Secretaría de Salubridad y Asistencia: realización de campañas médico -- preventivas; Comisión Federal de Electricidad: telefonía y datos; Secre -- taría de la Defensa Nacional; red privada de datos y telefonía; Presiden -- cia de la República; televisión, télex, datos y telefonía; Universidad - Nacional Autónoma de México: difusión de música, televisión y acceso a - bancos de datos; Banca Nacionalizada: transmisión de datos; Televisa: te -- levisión; Canal 11 y 13: televisión.

Se podría ofrecer servicios también a compañías privadas como Aero -- líneas, Agencias de viajes, Hoteles y Agencias de noticias entre otras.

En nuestras actuales condiciones económicas, el costo del Sistema - Morelos es tan alto que en caso de no ocuparse en su totalidad la capaci -- dad de éste para cubrir las necesidades nacionales, consideramos sería - importante promover la renta de transpondedores a países Latinoamérica -- nos y proporcionar además asesoramiento técnico en cuanto a la instala -- ción de estaciones terrenas y tecnología espacial, ayudando de esta mane -- ra a la amortización en el costo de los satélites.

Mediante el intercambio de programas con diferentes países, se po -- dría fomentar el turismo y quizá hasta exportaciones que podría ser otro punto importante de entrada de divisas.

Finalmente, se puede asegurar que el Sistema Satelital Morelos, per -- mitirá una plena independencia en el manejo de nuestras comunicaciones - al exterior y se contará además, con la capacidad suficiente para respon -- der a todas las demandas que previsiblemente tendremos en los próximos - diez años.

BIBLIOGRAFIA

- ACCESO A LOS SATELITES, D. Lombard, M. Thue, Revue Francaise Des Telecommunications, Paris, Julio-Septiembre 1974.
- ADVANCED COMMUNICATION SYSTEMS, Editado por B.J. Halliwell, STC Monograph Newnes Butterworths, Londres, 1974.
- COMMUNICATION BY SATELLITE, George Edwin Mueller, John Wiley, 1964.
- COMMUNICATIONS SATELLITE SYSTEMS, R.G. Gould y Y.F. Lum, IEEE-PRESS, 1976.
- COMMUNICATION SATELLITE SYSTEMS, James Martin, Prentice Hall, Inc., - - - U.S.A., 1978.
- COMMUNICATIONS SYMPOSIUM'83, Satellite and broadband technologies, - - - Scientific Atlanta, U.S.A. 1983.
- COMPENDIO MUNDIAL 1970, Eduardo Cárdenas, Editorial Moderna, Inc.
- COMUNICACION ELECTRONICA, Robert L. Shrader, Mc Graw Hill, México, 1971.
- COMUNICACION ELECTRONICA, Lloyd Temes, Mc Graw Hill, México, 1980.
- CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA GLOBAL DE COMUNICACIONES VIA SATELLITE J. Nieves, Breviarios TELECOMEX, Octubre 1976.
- CONFERENCE, AIAA COMMUNICATION SATELLITE SYSTEMS, Mass, Los Angeles, - - 1970, M.I.T. CAMBRIDGE.

- DIGITAL COMMUNICATIONS BY SATELLITE (MODULACION, MULTIPLE ACCESS AND - -
CODINGS), Bhargava, Haccoun, Matyas, Yuzpl, John Wiley, 1981.
- DIGITAL COMMUNICATIONS BY SATELLITE, James Spilker Jr., Prentice Hall.
- DIRECT TO HOME SATELLITE BROADCASTING POR CANADA, Departamento de Comuni-
caciones, Gobierno del Canadá, Junio 1983.
- DOMESTIC SATELLITE COMMUNICATIONS IN LATIN AMERICA, Elio Sion, Hughes --
Aircraft Co., U.S.A., 1983.
- EFFECTS OF THE TROPOSPHERE ON RADIOCOMMUNICATION, Martin Hall P.M., Peter
Peregrinus LTD, Inglaterra.
- ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEMS, George Kennedy, Mc Graw Hill, 1977.
- ESTACION RECEPTORA DE TELEDIFUSION DIRECTA DE TV POR SATELLITE, Blanco --
Escobar, Ortega Castro y Warzenskyj Garcia, Revista Mundo Electróni-
co No. 110, 1981.
- FUNDAMENTOS DE PROPAGACION DE MICROONDAS, Noboru Yamene, SCT, México, --
1981.
- GEOMETRIA ANALITICA, Charles H. Lehman, UTEHA, México, 1974.
- INGENIERIA DE TRANSMISION (INTRODUCCION DE LA COMUNICACION VIA SATELLITE),
Japan International Cooperation Agency, Escuela Nacional de Telecomu-
nicaciones, México, 1979.
- LA ESTACION TERRENA PARA COMUNICACIONES VIA SATELLITE (TULANCINGO, HIDAL-
GO, MEX.), SCT, México, 1970.
- LAS CONSECUENCIAS DE LA TRANSFERENCIA DE LAS CIENCIAS Y TECNOLOGIAS ESPA-
CIALES EN LOS PAISES DEL TERCER MUNDO, Revista Ciencias y Desarrollo, --
Nov/Dic 1982.
- LAS EMPRESAS TRANSNACIONALES EN EL CAMPO DE LAS COMUNICACIONES INTERNACIO-
NALES VIA SATELLITE, Jesús Roldán Acosta, UNAM, México, 1981.
- LAS TELECOMUNICACIONES Y LA COMPUTADORA, James Martin, Editorial Diana,-
México, 1976.
- LOS SATELITES ARTIFICIALES, Biblioteca Salvat de Grandes Temas, Salvat -
Editores, España, 1979.
- LOS SATELITES Y LAS COMUNICACIONES ESPACIALES, Richard B. Marster, Bole-
tín de Telecomunicaciones Vol. 45, SCT, México, 1978.

- MICROWAVE COMMUNICATION, Vonezawa, Merazen Company, LTD, Tokio, Japón, -
1970.
- MICROWAVE JOURNAL, Agosto 1982.
- PEQUEÑO LAROUSSE DE LAS CIENCIAS Y TECNICA, Tomás de Galiana Mingot, Edi-
torial Larousse, México, 1976.
- PRINCIPIOS DE FISICA, Virgilio Beltrán y Eliezer Braun, Editorial Tri --
llas, 1970.
- PROYECTO DE IMPLANTACION DE UNA ESTACION RASTREADORA DE SATELITES ARTI -
FICIALES (OSCAR VII), Márquez Topete, Moreno Villalobos y Sandoval Muñoz
Tesis de la Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1978.
- RADIACION, PROPAGACION Y ANTENAS, María José Salmerón D., Editorial Tri-
llas, México, 1971.
- RECEPCION DIRECTA DE PROGRAMAS DE TV POR SATELITE, H. Bruntrup, F. Kuhne
Erlagen, RFA, Revista Siemens, Agosto, 1974.
- REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES, Unión Internacional de Telecomunica-
ciones, Ginebra, Suiza, 1982.
- SATELITES DE COMUNICACION, -La Experiencia Canadiense-, Lyse D. Helsing,
Embajada de Canadá en Washington, Marzo, 1979.
- SATELITES DE COMUNICACIONES, Proceso Gradual de Evolución, E. Podraczky,
Revista Entel, Enero/Marzo, 1980, Merced, Chile.
- SATELLITE COMMUNICATIONS, Harry L. Van Trees, IEEE-PRESS, 1979.
- SATELLITE COMMUNICATIONS ENGINEERING, Editado por K. Miya, Lettice Compa-
ny, Tokyo, Japón, 1975.
- SATELLITE COMMUNICATIONS TECHNOLOGY, Editado por K. Miya, KDD Engineering
and Consulting, Inc., Tokyo, Japón, 1980.
- SISTEMAS DE COMUNICACIONES, Bruce A. Carlson, Mc Graw Hill, 1980.
- TENDENCIAS EN LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE, Albert D. Wheelon, Hughes
Aircraft Co., U.S.A., 1983.
- TERCERAS JORNADAS IBEROAMERICANAS DE COMUNICACIONES VIA SATELITE
- THE APPLICATION OF TDMA TO THE INTELSAT IV SATELLITE SERIES, W. Schmidt,
COMSAT Technical Review, Otoño, 1973.
- THE GRADE OF SERVICE IN MULTIPLE ACCESS SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEMS
WITH DEMAND ASSIGNMENTS, G. Frenkel, IEEE-Trans. on Communications - - -

Oct. 1974.

TRES MILENIOS DEL IMAN, V.P. Kartsev, Editorial MIR, Moscú, 1974.

ESTUDIO DE LOS EFECTOS POR HIDROMETEOROS EN LOS ENLACES VIA SATELITE - -
UTILIZANDO LA BANDA Ku, M. en C. Ing. Jorge López Shunia, Subdirección -
de Explotación de Satélites Nacionales, Dirección General de Telecomunicaciones, S.C.T., México, 1984.

INDICE

	Página
PROLOGO	111
INTRODUCCION	1
CAPITULOS	
1. ANTECEDENTES HISTORICOS	3
2. SATELITES ARTIFICIALES	12
2.1 Definición	12
2.2 Orbitas terrestres	12
2.3 Puesta en órbita de un Satélite geostacionario	15
3. SATELITES DE COMUNICACIONES	24
3.1 Generalidades	24
3.2 Definición	26
3.3 Configuración	26
3.3.1 Subsistema de Alimentación	33
3.3.2 Subsistema de Comando y Telemetría	37
3.3.3 Subsistema de Propulsión	37
3.3.4 Subsistema de Alimentación	38
3.3.5 Subsistema de Comunicaciones	41
3.4 Desarrollo	52
3.5 Diferentes tipos de Sistemas satelitales	58
3.6 Intelsat	62
4. CONCEPTOS GENERALES DE COMUNICACIONES VIA SATELITE	69
4.1 Espectro electromagnético	69
4.2 Frecuencias de Operación	77

	Página
4.3 Enlaces	77
4.4 Descripción y características de las antenas parabólicas	81
4.5 Potencia isotrópica radiada efectivamente	90
4.6 Pérdidas en el espacio libre	93
4.7 Absorción atmosférica	96
4.8 Ruido	100
4.8.1 Temperatura de ruido	100
4.8.2 Fuentes externas	101
4.9 Figura de mérito	104
4.10 Técnicas de acceso múltiple	109
4.10.1 FDMA	113
4.10.2 TDMA	121
4.11 Asignación fija y por Demanda	131
4.12 Esquemas de transmisión	135
4.12.1 FDM/FDMA	137
4.12.2 SCPC/FDMA	141
4.12.3 TDM/TDMA	145
5. ESTACIONES TERRENAS	151
5.1 Definición	151
5.2 Configuración	152
5.2.1 Subsistema de Alimentación	155
5.2.2 Subsistema de Antena	156
5.2.3 Subsistema de Recepción	159
5.2.4 Subsistema de Transmisión	165
5.2.5 Subsistema Terminal	170
5.2.6 Subsistema de control de comunicaciones	174
5.2.7 Redundancia	175
5.3 Orientación de las antenas	176
5.3.1 Angulo de elevación	178
5.3.2 Angulo de azimut	183
5.3.3 Consideraciones Prácticas	186
6. RECEPCION DE TELEVISION VIA SATELITE	190
6.1 Radiodifusión directa Via satélite	190
6.2 Estaciones receptoras de Televisión Únicamente	195
6.3 Descripción y características de la señal	205
6.4 Ecuaciones de enlace	221
7. DIFERENTES SISTEMAS DOMESTICOS EN EL MUNDO	235
7.1 Introducción	235
7.2 Canadá	235
7.3 Estados Unidos	246
7.4 Europa	253

	Página
8. BREVE RESEÑA DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE EN MEXICO	262
8.1 Antecedentes e Infraestructura	262
8.2 Participación en Intelsat	264
8.3 Reuniones internacionales	267
8.4 Sistema satelital mexicano	268
8.5 Cálculo de enlaces para Señales de televisión	276
9. LA INDUSTRIA EN MEXICO DE ESTACIONES TERRENAS PARA RECEPCION DIRECTA DE T.V. VIA SATELITE	302
9.1 Introducción	302
9.2 Objetivo	304
9.3 Lista de compañías	304
9.4 Resultado de la investigación	310
9.4.1 Cotizaciones	310
9.4.1.1 Organización Mexicana de Consultoría, S.C. Telesat Mexicana	310
9.4.1.2 Sekure 2000	311
9.4.1.3 Videosat	314
9.4.1.4 Tele-rey, S.A. de C.V.	317
9.4.1.5 Diseños electro-mecánicos, S.A.	318
9.4.2 Encuesta técnica	322
9.4.2.1 Especificaciones de la antena	325
9.4.2.2 Especificaciones del Amplificador de bajo ruido	326
9.4.2.3 Especificaciones generales del sistema	327
9.5 Conclusiones	329
10. APLICACIONES POSIBLES DE RECEPCION DIRECTA DE TELEVISION PARA MEXICO	330
BIBLIOGRAFIA	338