

28

24



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## “La Banda Ku de los Satélites Morelos en las Comunicaciones”

### T E S I S

Que para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

P R E S E N T A N:

MARIA DEL CARMEN CARBAJAL JIMENEZ

HERNAN HUANCA VAZQUEZ

Director de Tesis; Ing. Roberto Suárez Gómez



México D.F.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

1989



## **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.

## INDICE

CAPITULO 1. INTRODUCCION	1
CAPITULO 2. COMUNICACIONES VIA SATELITE	5
2.1 Satelites de Comunicación	6
2.1.1 Breve historia de los satélites de comunicación	6
2.1.2 Satélites de comunicación en Mexico	11
2.2 Aspectos Generales de Planificación de Sistemas de Comunicación que utilicen la Banda Ku	15
2.2.1 Características del sistema	17
2.2.1.1 Bandas de frecuencia atribuidas al servicio fijo por satélite	18
2.2.1.2 Características de la estación terrena	22
2.2.1.3 Características de la estación espacial	22
2.2.1.4 Propagación	23
2.2.1.5 Métodos de modulación y de acceso múltiple	25
2.2.1.6 Consideraciones relativas a la interferencia	28
2.2.2 Factores a considerar en la selección de frecuencias	32
2.2.2.1 Absorción atmosférica	33
2.2.2.2 Absorción debida a hidrometeoros	35
2.2.2.3 Otros efectos de propagación	36

2.2.3 Utilización de las bandas de frecuencias superiores a 10 GHz	39
--	----

CAPITULO 3. TEORIA PARA EL CALCULO Y SELECCION DE ANTENAS PARABOLICAS	44
---	----

3.1 Ecuaciones de Enlace	45
3.1.1 Introducción	45
3.1.2 Cálculo de las distancias de las estaciones terrenas transmisora y receptora a los satelites	45
3.1.3 Potencia de salida de la estación terrena	47
3.1.4 Relaciones portadora a densidad de ruido ascendente	49
3.1.4.1 Television y Telefonía Multicanal FDM/FM	49
3.1.4.2 Aplicación SCPC analógico y digital	52
3.1.5 Relación portadora a densidad de ruido descendente	53
3.1.6 Relaciones portadora a densidad de ruido de intermodulación	55
3.1.6.1 Television y Telefonía Multicanal FDM/FM	55
3.1.6.2 Aplicación SCPC	58
3.1.7 Relación portadora a densidad de ruido total	59
3.1.8 Relación portadora a densidad de ruido requerida	59
3.1.9 Relación portadora a ruido total	60
3.1.10 Relaciones señal a ruido	62
3.1.10.1 Relación señal a ruido de video	62

3.1.10.2	Relación señal a ruido de audio para televisión	63
3.1.10.3	Relación señal a ruido para Telefonía multicanal	64
3.1.10.4	Relación señal a ruido para aplicación SCPC-analógico	65
3.1.11	Potencia de ruido	65
3.2	Consideraciones Generales para la Selección de Antenas Parabólicas	68
3.3	Tipos de Antenas Parabólicas	69
 CAPITULO 4. SELECCION DE EQUIPO TRANSMISOR Y RECEPTOR DE ESTACIONES TERRENAS		 73
4.1	Sistema de una Estación Terrena	74
4.2	Tipos de Servicio de Baja Capacidad	76
4.3	Subsistemas de una Estación Terrena	78
 CAPITULO 5. APROVECHAMIENTO DE LA BANDA Ku PARA ZONAS RURALES Y SERVICIOS PRIVADOS		 95
5.1	Aprovechamiento del Segmento Espacial	99
5.2	Demanda de Servicios	104

5.2.1 Servicios en Banda Ku proporcionados por el Sistema de Satélites Morelos	106
5.2.2 Plan de Tráfico por Transpondedor	108
5.3 Infraestructura	110
CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	113
ANEXOS	118
REFERENCIAS	186

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

Las telecomunicaciones, es el sector donde la transformación tecnológica ha impuesto un ritmo vertiginoso. Un área donde los servicios disponibles van remodelando la vida económica en los países, cambiando la sociedad y la utilización del tiempo libre. En este sentido, México da el gran salto de actualización con la adquisición del Sistema de Satélites Morelos (SSM).

La introducción de los satélites al sistema integral de telecomunicaciones de México, ofrece una gran disponibilidad de canales de comunicación con enormes posibilidades de satisfacer las necesidades materiales y sociales.

Los sistemas satelitales, en la actualidad, están caracterizados por su aplicación en las comunicaciones: Existen satélites experimentales civiles y militares, satélites operacionales militares para servicio fijo y móvil, y satélites operacionales comerciales cuyos servicios son establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), como:

- . Servicio Fijo por Satélite (FSS)
- . Servicio Móvil por Satélite (MSS)
- . Servicio de Radiodifusión por Satélite (BSS)
- . Servicio de Radiodeterminación por Satélite  
(marítimo y aeronáutico)
- . Servicio de Aficionados por Satélite



El Servicio Fijo por Satélite comprende tres categorías: Internacional, Regional y Doméstico. Perteneciendo a esta última categoría, el Sistema de Satélites Morelos (SSM).

El SSM implica dos segmentos fundamentales: el espacial y el terrestre. Constituyen el segmento espacial los satélites Morelos I y II; y el segmento terrestre es el conjunto de estaciones de comunicaciones.

El sistema espacial de telecomunicaciones está integrado por satélites de tipo híbrido, es decir, con capacidad de transmitir tanto en la banda C como en la banda Ku. Cada satélite consta de 22 transpondedores: 18 en la banda C y 4 en la banda Ku.

La capacidad total de la banda C de tráfico, se va saturando paulatinamente, se está dando un uso intensivo a los cuatro transpondedores de la banda Ku del satélite Morelos I.

El interés y el objetivo del presente trabajo, está destinado al estudio de la utilización y aplicación de sólo una parte del segmento espacial, -la banda Ku de los satélites Morelos-.

Posteriormente, se plantean las bases necesarias para el diseño de enlaces vía satélite a través de una serie de ecuaciones para los casos de: televisión, telefonía y aplicación SCPC en sus modalidades analógica y digital.

Por constituir las estaciones terrenas parte importante del sistema global, cuyas características técnicas se consideran en el diseño del enlace, se dan las bases teóricas para una adecuada selección de equipo, partiendo de una descripción de las estaciones terrenas como sistemas.

Finalmente, debido al particular desarrollo actual del país, es necesaria la utilización de la banda Ku para satisfacer las demandas del sector privado y la ampliación de la red de comunicaciones a las zonas rurales. Con este objetivo se detallan las características de un adecuado aprovechamiento de esta banda en función de la demanda de servicios y la infraestructura existente.

## CAPITULO 2

### COMUNICACIONES VIA SATELITE

## 2.1 Satelites de Comunicaciones

### 2.1.1 Breve historia de los satelites de comunicacion

Los primeros resultados obtenidos aplicables a sistemas de comunicaciones, se dieron a mediados de los años cincuenta con el logro de reflexiones en la luna. Es así que en 1954 son transmitidos los primeros mensajes de voz desde la Tierra y reflejados en la superficie lunar. Dos años después se establece un enlace a través de este medio entre Washington DC y Hawai manteniendose hasta 1952, con una comunicación segura a larga distancia; teniendo como unica limitación la disponibilidad de la Luna en las zonas de transmisión y recepción.

El 4 de octubre de 1957 se inició la Era Espacial con el lanzamiento del primer satélite artificial: el Sputnik I de fabricación soviética.

Cabe hacer resaltar que el advenimiento de la Era Espacial en los países industrial y militarmente más poderosos, fue resultado de la tecnología y puesta en orbita de satelites y naves espaciales, dado el avance en la tecnología de cohetes bélicos que se tuvo durante la Segunda Guerra Mundial. Debe mencionarse también que las primeras actividades espaciales estuvieron encaminadas a lograr objetivos militares y políticos.

En 1959, Estados Unidos se incorporó a la Era Espacial con el empleo de satélites pasivos, conocido como proyecto SCORE, el cual consistía de satélites que operaban como simples reflectores de ondas.

Dos años después, se establecen exitosas comunicaciones a lo largo de los Estados Unidos a través del experimento ECHO. Iniciando posteriormente una segunda etapa con el uso de satélites activos.

El primer repetidor activo fue el Courier (1960). Recibía y almacenaba hasta 380,000 palabras de teletipo. Operó con 3 watts de potencia de salida en una órbita entre 962 y 1,127 Km.

En los años experimentales, el proyecto más conocido es el Telstar porque fue el primero en comunicar a Europa con los Estados Unidos mediante una imagen televisiva. El primer Telstar fue lanzado el 10 de julio de 1962.

La potencia de los Telstar I y II de 2.25w era suministrada por un tubo de onda progresiva (TWT) con un ancho de banda en radiofrecuencia de 50 MHz en las bandas de 4 GHz para transmisión y 6 GHz para recepción. Tenían una capacidad total de 600 canales telefónicos o un canal de televisión. Estos satélites estaban en una órbita entre 1,098 y 8,496Km.

En 1963, la RCA y la NASA orbitan el satélite RELAY con frecuencias de operación de 1.7 GHz en transmisión y 4.2 GHz en recepción, con 10 watts de salida y órbitas de 1.516 y 8.534 Km.

Ese mismo año, la fuerza aérea de los Estados Unidos pone en órbita pequeños dipolos a una distancia de la superficie terrestre de 3,702 Km formando un cinturón orbital, el cual actuaba como reflector pasivo, con el que se logró transmitir voz en forma digital inteligible. Este proyecto fue conocido como WESTFORD.

Con el lanzamiento del primer satélite de comunicación de órbita geostacionaria en 1963, el SYCNOM, ubicado en el plano ecuatorial a 36.000 Km sobre el nivel del mar, se marca otra importante fase en el desarrollo de las comunicaciones espaciales. Estos satélites logran una comunicación prácticamente ininterrumpida por el hecho de orbitar de manera sincrónica con la Tierra en un tramo extenso de longitud y latitud terrestre.

Las comunicaciones comerciales por satélite comienzan oficialmente en 1965 con el lanzamiento del primer satélite de servicio internacional en el mundo, el INTELSAT I (Pájaro Madrugador).

En el mismo año, la Unión Soviética coloca en órbita el Molniya, el primero de muchos satélites de comunicaciones puestos a gran altitud con órbita elíptica: incorporándose así a la era de la comunicación espacial. Con la característica de tener una órbita elíptica grande permitiendo permanecer un tiempo considerable sobre su territorio, brinda un prolongado servicio de comunicación nacional e internacional.

En enero de 1966, el satélite INTELSAT I es puesto fuera de servicio debido a que la cobertura en el Atlántico y en el Pacífico es lograda por los satélites INTELSAT II y III.

No se puede dejar de mencionar los satélites de uso militar debido a la gran importancia política que revisten y por constituir estos, la vanguardia en cuanto a innovación tecnológica. Así, en 1968 y 1969 es impulsado por los Estados Unidos el programa TACSATCOM para operaciones militares a lo largo del mundo. Un satélite TACSAT tenía 1Kw de potencia y transmitía 10.000 canales de voz.

La fase de madurez total de los satélites de comunicaciones probablemente arribó con el satélite INTELSAT IV en 1971. Este satélite provee aproximadamente 6.000 circuitos de voz o más, y puede conducir 12 canales de televisión de color al mismo tiempo.

La organización INTELSAT (International Telecommunications Satellites) que proporciona comunicación comercial internacional por satélite, fue establecida en 1964. Esta es una cooperativa internacional en la cual, los miembros proporcionan capital para los costos del satélite en proporción al uso requerido. Los países que no son miembros de Intelsat pueden usar el sistema pagando los respectivos derechos. Algunos miembros que cuentan con satélites propios arriendan capacidad adicional para comunicaciones domésticas.

Al margen de los primeros objetivos se han gestado tecnologías espaciales de gran trascendencia económica que le han dando una nueva dimensión a la Era Espacial.

Entre las principales aplicaciones de estas nuevas tecnologías de sistemas de satélites de comunicaciones, figuran la teledetección via satélite, la exploración meteorológica y climatológica, mediante satélites meteorológicos, y aquellos que guían la navegación marítima y contribuyen a la investigación oceanográfica.

Paralelamente a estos avances en las comunicaciones, los estadounidenses y los soviéticos dan un gran salto tecnológico con la creación de estaciones orbitales, el desarrollo de



vehículos espaciales de gran capacidad de carga, y la experimentación de procesos industriales en el espacio en estado de ingravidez y vacío.

A su vez los japoneses a través de la NASDA (National Space Development Agency) ingresan a la carrera espacial con el lanzamiento del cohete H-1, el cual colocó en órbita su primer satélite geostacionario GS-1. Llevaba un sistema especial que permitía mantener las comunicaciones a niveles más seguros y permanentes; marcando con este hecho un nuevo hito en la historia de las comunicaciones espaciales.

#### 2.1.2 Satélites de comunicación en México

México, Chile y Panamá, fueron los primeros países de América Latina en ingresar a la organización internacional de comunicaciones por satélite en 1966, quedando oficialmente aprobados los acuerdos relativos a la operación del sistema de comunicaciones vía satélite en 1971. Sin embargo en 1969, con motivo de los XIX Juegos Olímpicos celebrados en México se inició la comunicación a través de este medio, utilizando el satélite experimental ATS-3 propiedad de la NASA y rentado a INTELSAT. Al año siguiente, México establecía una conexión

internacional permanente por el satélite Intelsat III ubicado a 31.0° O en banda C (6 GHz para transmisión y 4 GHz para recepción).

#### Comunicación Internacional

Como miembro de Intelsat, México utiliza en la actualidad el segmento espacial que esa organización tiene sobre los Océanos Atlántico y Pacífico, es decir, los satélites de las series Intelsat IV-A y V. El segmento terrestre de las comunicaciones internacionales por satélite al Atlántico, lo constituye la estación terrena ubicada en Tulancingo, Hidalgo; y al Pacífico la de Hermosillo, Sonora.

La estación terrena de Tulancingo recibe señales originadas en la ciudad de México a través de un equipo de radioenlace terrestre de microondas, compuesto básicamente por dos estaciones terminales ubicadas una en la Torre de Telecomunicaciones en el Distrito Federal, y la otra, en Tulancingo. A su vez, y a través del mismo medio, la estación del Distrito Federal recibe y distribuye las señales captadas en Tulancingo.

#### Los satélites en la comunicación nacional

Las transmisiones de televisión por satélite para uso Doméstico comenzaron en 1981, mediante el arrendamiento a Intelsat de tres

transpondedores del satélite IV-A-F7. En octubre de 1984, México continuaba utilizando tres transpondedores, pero de otro satélite, el Intelsat V-F8. Uno de los transpondedores era utilizado en su totalidad por el canal 2 de Televisa. Otro lo empleaba Televisión de la República Mexicana (TRM) y Petróleos Mexicanos con SCPC (Single Channel Per Carrier). Y el tercero tenía como usuarios en partes iguales IMEVISION y el canal CBS para Cablevisión propiedad de Televisa S.A.. En enero de 1986 la Secretaría de Comunicaciones y Transportes canceló el contrato que tenía con el Consorcio INTELSAT para el uso de transpondedores en comunicaciones nacionales, en virtud de la utilización del satélite nacional Morelos I para las comunicaciones domésticas en México. Las comunicaciones de carácter internacional, por su parte, continuarán usando los servicios de INTELSAT.

#### Características del Sistema Morelos

El contrato para la construcción y lanzamiento del sistema de satélites Morelos, fue firmado con Hughes Aircraft Co. y la NASA, respectivamente.

Los servicios de televisión educativa, salud, incluyendo planeación familiar, pueden ser proporcionados por los cuatro transpondedores de 14/12 GHz (banda Ku), sin descartar la posibilidad de efectuar la distribución televisiva y de

telefonía en estas frecuencias que actualmente están siendo hechas a 6.4 GHz (banda C). Los servicios nacionales de dato pueden ser también establecidos en las frecuencias de 14/12 GHz.

Este es el primer satélite híbrido construido por Hughes. El satélite HS-376 fue modificado para portar ambas frecuencias, 6/4 y 14/12 GHz. Tiene un total de 22 transpondedores. El reflector convencional HS-376 es usado para los servicios de 6/4 GHz y para transmisiones a 12 GHz. Un arreglo planar para 14 GHz está montado frente a los alimentadores de transmisión/recepción (este arreglo es de 150x91 cm.).

Tiene una masa en la órbita geoestacionaria al comienzo de vida, de 666 Kg. Al final de los 9 años de vida podría consumir 145 Kg de combustible.

La posición orbital del Morelos I y II está a  $113.5^{\circ}$  y  $116.5^{\circ}$  Oeste respectivamente.

Sus 22 transpondedores están distribuidos de la siguiente manera:

.12 transpondedores de 36 MHz en la banda C con TWT de 7 watts cada uno

.6 transpondedores de 72 MHz en la banda C con TWT de 10.5 watts cada uno

.4 transpondedores de 108 MHz en la banda Ku con TWT de 20 watts cada uno.

## 2.2 Aspectos Generales de Planificación de Sistemas de Comunicación que utilicen la Banda Ku

Los parámetros a considerar en la planificación global de un sistema de satélites, son numerosos, de diversos tipos y con diferentes grados de complejidad. A continuación se enlistan las consideraciones básicas:

- . Factibilidad económica
- . Servicios a proporcionar
- . Previsiones de tráfico
- . Capacidad de la nave espacial
- . Capacidad del segmento terrestre
- . Señalización y conmutación de los servicios
- . Emplazamiento del satélite
- . Emplazamiento del segmento terrestre
- . Control de la antena
- . Desarrollo del segmento terrestre
- . Condiciones naturales
- . Calidad del servicio
- . Efectos del tiempo de propagación

- .Numero de satelites
- .Facilidades de mantenimiento
- .Facilidades de personal
- .Registro del segmento espacial

Basandose en lo anterior, a continuación se tratarán algunos puntos, considerando que el sistema de satélites trabaja en la Banda Ku.

Los recientes adelantos tecnológicos en materia de comunicaciones por satélite pueden representar para los países en desarrollo como México, el medio de contar con redes de telecomunicaciones adecuadas a sus necesidades específicas.

Lo que se requiere primordialmente es un sistema que permita atender a un gran número de pequeñas comunidades dispersas, cada una de las cuales solo generara previsiblemente un tráfico limitado. De ahí que cada una de ellas requiere una estación dotada de uno o varios canales telefónicos que sean fáciles de instalar y mantener. El segmento espacial atenderá a un número relativamente elevado de estaciones terrenas a las que deberá asegurar simultáneamente un servicio que posea un nivel correcto en términos de calidad y de fiabilidad.

La descripción anterior corresponde a grandes rasgos al genero de sistemas de pequeña capacidad que se considerarán. La zona geográfica atendida por tal sistema podrá ser nacional o regional y brindara medios de acceso a las redes de comunicaciones nacionales o internacionales existentes.

#### 2.2.1 Características del sistema

Las facilidades típicas requeridas por un sistema de este tipo de baja capacidad comprenderian:

- .Pocos circuitos telefónicos en la mayoría de los emplazamientos y hasta doce circuitos telefónicos.
- .Características de circuito que sean compatibles con los requisitos de télex, datos a baja velocidad y otros servicios similares.
- .Capacidad para proporcionar circuitos de tipo conferencia para satisfacer necesidades de sanidad, educación y otras especiales.
- .Compatibilidad con las redes existentes con respecto a: señalización entre equipos de conmutación y características de ruido. Un nivel aceptable de calidad, fiabilidad y disponibilidad para todo sistema incluido el trayecto de propagación.

.Opciones para la recepción de programas de radiodifusión sonora y de televisión.

Desde el punto de vista de diseño y de explotación, un sistema de baja capacidad debe comprender las siguientes características:

- .Bajo costo, incluso a expensas de cierta degradación de la calidad de funcionamiento.
- .Facilidad de transporte, instalación y mantenimiento.
- .Bajo consumo de potencia del equipo de la estación terrena.
- .Posibilidad de operar estaciones terrenas en una amplia gama de condiciones ambientales.
- .Utilización de técnicas de modulación sencillas y eficaces.
- .Alta fiabilidad del equipo de la estación terrena.

En los puntos siguientes se describen los diversos factores que influyen en las formas de alcanzar los objetivos del sistema.

#### 2.2.1.1 Bandas de frecuencias atribuidas al servicio fijo por satélite

Entre las bandas de frecuencias atribuidas al servicio fijo por satélites figuran las bandas de 2.5 GHz, 4 GHz, 11 GHz, 12 GHz y



20 GHz en el sentido Nave Espacial-Tierra, y las de 2.5 GHz, 6 GHz, 12 a 14 GHz y 30 GHz en el sentido Tierra-Nave Espacial

Al elegir una banda de frecuencias hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- . Compartición con otros servicios
- . Consideraciones económicas del sistema, incluyendo el balance más eficaz entre los costos de la parte espacial y la parte terrena
- . Factores relacionados con el medio ambiente, como la propagación y la carga por el viento

#### **Bandas en 11, 12, 13 y 14 GHz**

Las decisiones que en materia de atribuciones se tomaron en estas bandas de frecuencias para los servicios espaciales son muy complejas. La banda 10.7 a 11.7 GHz se ha atribuido a escala mundial en el sentido Nave Espacial-Tierra, con limitaciones de la densidad de flujo de potencia, que tiene por objeto permitir la compartición con los servicios fijo y móvil.

La banda 11.7 a 12.1 GHz y una parte de la banda 12.1 a 12.3 GHz están atribuidas al Sistema Fijo por Satélite (SFS) en la Región 2 (Ver Regiones 1, 2 y 3 en la Figura 1.), sin limitaciones de densidad de flujo de potencia. La ausencia de limitaciones en

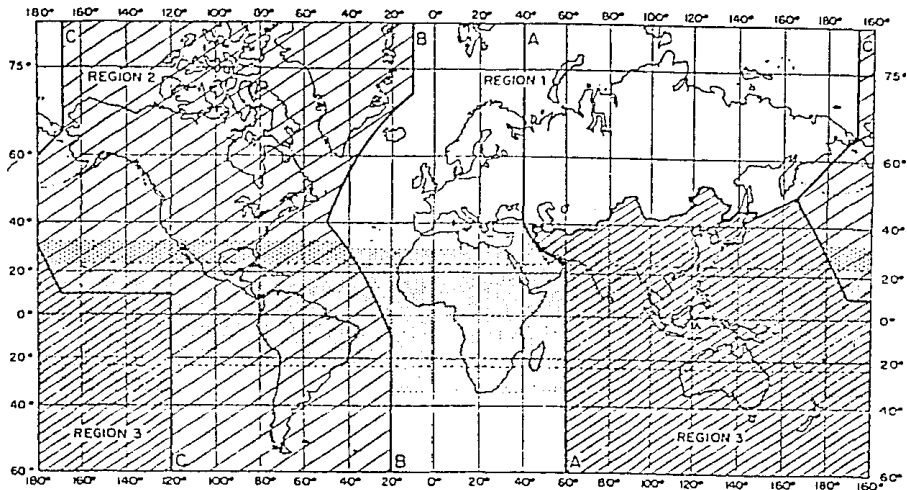


FIGURA 1

ésta. facilita la utilización de antenas de pequeñas dimensiones en las estaciones terrenas.

La banda 12.2 a 12.75 GHz en la Región 3 y la banda 12.5 a 12.75 GHz en la Región 1, están atribuidas al SFS en el sentido Nave Espacial-Tierra. Se han impuesto, en estas bandas, limitaciones a la densidad de flujo de potencia.

Para los enlaces Tierra-Nave Espacial correspondientes a las bandas anteriormente mencionadas, es probable que utilicen las bandas 12.75 a 13.25 GHz y 14.0 a 14.5 GHz. La compartición con los servicios fijo y móvil es necesaria en estas bandas, salvo en algunas partes de la Región 2. Sin embargo, la ausencia de este tipo de servicios en muchas zonas facilita los problemas de coordinación y puede suprimir la necesidad de ubicar la mayoría de las estaciones terrenas en emplazamientos que no sean adecuados.

En estas frecuencias superiores, se pueden utilizar antenas de menor diámetro para obtener valores del factor de calidad similares a los logrados en las frecuencias inferiores. Esta posible reducción del tamaño de las antenas, puede disminuir los gastos de adquisición y de instalación.

### 2.2.1.2 Características de la estación terrena

Las estaciones terrenas deben ser sencillas, consumir un mínimo de energía y tener al mismo tiempo antenas muy pequeñas que convengan a la concepción global del sistema. La utilización de la infraestructura existente, como ubicar la terminal de estación terrena en algún tipo de construcción ya establecido (junto con una central telefónica rural, por ejemplo) contribuiría a reducir el costo de instalación de la estación terrena. Además, la eliminación de los enlaces terrestres, si ello es posible, reduciría el costo del sistema.

La mayoría de las zonas rurales que se atenderán con este tipo de sistema no siempre están electrificadas. De ahí que el bajo consumo de energía es una de las principales consideraciones del diseño para que el funcionamiento pueda basarse en la utilización de una pequeña batería cargada por células solares o alguna otra fuente disponible.

### 2.2.1.3 Características de la estación espacial

Las características de la nave espacial o satélite tiene una importancia capital en el diseño de la red, porque influye

directamente en muchos parametros de la estación terrena. Para el funcionamiento con estaciones terrenas de pequeño tamaño, el satélite (o los transpondedores que atienden los sistemas con estas características) tiene que cumplir ciertas características precisas:

- . Generación de Potencia Isotrópicamente Radiada Efectiva (PIRE) elevada ya sea utilizando haces estrechos, una potencia elevada o alguna combinación de ambos en función de la zona de servicio.
- . Exactitud del mantenimiento en posición de la estación tanto en las direcciones Este-Oeste como Norte-Sur, para eliminar la necesidad de equipo de seguimiento en las estaciones terrenas.
- . Mayor sensibilidad y ganancia de transferencia más elevada.

#### 2.2.1.4 Propagación

La atenuación de la propagación en zonas de lluvia intensa impone exigencias adicionales al diseño de sistemas en estas bandas de frecuencia, especialmente en las que las precipitaciones pluviales son intensas. Esto se puede compensar mediante valores superiores del factor de calidad  $(G/T)^*$  de las

(\*)  $G$ -Ganancia de la antena  
 $T$ -Temperatura de ruido del sistema

estaciones terrenas, valores más elevados de la PIRE de las estaciones espaciales, o proyectando sus sistemas con una calidad de funcionamiento inferior a la necesaria para conexiones internacionales.

Los efectos de la lluvia en la propagación radioeléctrica revisten particular importancia en el caso de los circuitos de satélite porque tales efectos empiezan a ser perceptibles en torno a 4 GHz, según la intensidad de las precipitaciones y la longitud del trayecto de propagación que se encuentre bajo la lluvia. Estos pueden clasificarse como sigue:

- .Atenuación
- .Depolarización
- .Dispersión

Cada uno de estos factores tiene una importancia considerable en la planificación de frecuencias. El problema fundamental que plantea la lluvia es generalmente la depolarización en transmisiones por debajo de 10 GHz y el gran aumento de la atenuación en transmisiones por arriba de 10 GHz. Se tendrá que prestar la debida atención a este factor durante la fase de diseño del sistema. Por ejemplo una lluvia intensa de 60 mm/h causa una atenuación de 3 dB/Km a 13.5 GHz y de 0.3 dB/Km a 6

GHz. Una lluvia tan intensa es sin embargo, rara en la mayoría de los climas y suele producirse en zonas de dimensiones limitadas. Ello significa, en primer lugar, que sólo se necesitan márgenes superiores de atenuación causada por la lluvia, incluso en los climas tropicales, cuando se piensa en disponibilidades de enlaces muy altas de circuito y, en segundo lugar, que tales intensidades de lluvia no afectarán con toda probabilidad a más de una estación o a muy pocas estaciones de una red determinada al mismo tiempo.

Para la planificación eficaz de una red de satélite, conviene examinar con sumo cuidado las características pluviométricas de la ubicación prevista de la estación terrena. De este modo se identificarán con toda claridad las zonas -normalmente limitadas- en las que la lluvia podría plantear dificultades y se proveyerán las tolerancias adecuadas en la planificación del sistema.

#### 2.2.1.5 Métodos de modulación y de acceso múltiple

Por razones económicas las estaciones terrenas de pequeña capacidad tendrán en general, una relación  $G/T$  relativamente reducida (por ejemplo 20 dB/K). Los enlaces por satélite de dichas estaciones tendrán una potencia limitada, por lo que la

utilización eficiente de la energía radiada por el satélite en cada canal constituirá uno de los principales factores en la elección del método de modulación para sistemas de pequeña capacidad. Además, han de tenerse en cuenta otras importantes consideraciones, como son: la capacidad de canales, la utilización eficaz del espectro radioeléctrico, la flexibilidad en la interconexión, la interfaz con las redes terrenales, la posible necesidad de interconexión con la red internacional, el costo de inversión y la facilidad de instalación y mantenimiento.

Entre las posibles técnicas de modulación y de acceso múltiple para el Sistema Fijo por Satélite examinadas en el Informe 70B del CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones), las más adecuadas para considerarlas en sistemas de pequeña capacidad son actualmente las siguientes:

.FDM/FM/FDMA

.(SCPC): MIC/PDM o FM con compresión-expansión silábica

FDM/FM/FDMA es la técnica convencional para telefonía. Sin embargo, para un pequeño número de canales que operan en un modo preasignado y, si la cantidad de llamadas por unidad de tiempo es baja, no se utiliza eficientemente la potencia del satélite ni el ancho de banda.



En los sistemas de escasa capacidad, resulta interesante el funcionamiento mediante portadoras monocanal (SCPC) ya que ofrece una considerable flexibilidad y economía en lo que respecta a la potencia del satélite y al ancho de banda ocupado.

La selección del tipo de modulación en el caso de los sistemas SCPC favorecerá algunas veces a la modulación de frecuencia con compresores-expansores y acentuación, otras a los sistemas digitales como la modulación delta o MIC (Modulación por Impulsos Codificados).

La elección definitiva dependerá de los factores propios de cada caso concreto (por ejemplo, el costo de los equipos, la competencia del personal existente en materia de mantenimiento, las necesidades de servicio de datos, las condiciones de interferencia, etc.).

Los circuitos de satélite pueden utilizarse para establecer conexiones telefónicas entre estaciones terrenas rurales mediante dos modalidades básicas: asignación permanente y acceso múltiple según demanda (DAMA). Los circuitos de asignación permanente conectan (permanentemente) estaciones terrenas que cuenten con equipos de enlace similares. Por el contrario, un circuito DAMA entre dos estaciones terrenas se establece sólo cuando se necesita para efectuar una llamada entre ellas.

Todo sistema que asigna circuitos de satélite por demanda, utilizará los circuitos y el equipo de modulación-acceso de manera más eficiente que los asignados en forma permanente. Esta configuración permite una elevada flexibilidad de control, pero el equipo resulta bastante complicado. En telefonía, dado que las llamadas son aleatorias, el espectro del transpondedor se puede aprovechar eficientemente si las frecuencias portadoras se asignan temporalmente a las estaciones terrenas, es decir, únicamente mientras tengan información que enviar.

#### 2.2.1.6 Consideraciones relativas a la interferencia

En general, los sistemas del servicio fijo por satélite comparten bandas de frecuencias comunes con las terrenales y con otras redes de satélites; por la compartición de bandas se presentan dos situaciones de interferencia básicas:

- . Por los servicios terrenales
- . Por otras redes de satélites

Con el objeto de facilitar la compartición con los servicios terrenales, el Reglamento de Radiocomunicaciones limita la PIRE (Potencia Isotrópicamente Radiada Efectiva) radiada por la estación terrena hacia el horizonte y la densidad de flujo de

potencia producida por la estación espacial en la superficie de la Tierra. Estos límites se especifican en los artículos 27 y 28 de este reglamento.

A fin de mejorar la utilización del recurso órbita/espectro así como la compartición entre redes de servicios espaciales, el artículo 29 del Reglamento de Radiocomunicaciones comprende restricciones en cuanto a la exactitud del mantenimiento en posición de los satélites y de la orientación del haz de las antenas, la disposición de minimizar la PIRE emitida por la estación terrena fuera de su eje en dirección al satélite en la órbita geostacionaria y disposiciones para controlar la interferencia a los sistemas geostacionarios del sistema fijo por satélite producida por cualquier sistema no geostacionario de los servicios espaciales.

#### **Interferencia entre redes**

El elemento fundamental que limita la compartición, es la interferencia. Esta produce una degradación de la calidad de funcionamiento del sistema. La medida de esta degradación depende del tipo de modulación. Por ejemplo, en los enlaces telefónicos analógicos la degradación se mide en picovatios de ruido adicional introducidos en un canal telefónico; en las señales digitales la degradación se mide por el aumento de la

proporción de bits erróneos en el detector. En todos los casos, la repercusión de la interferencia en el diseño del sistema consiste en que se requieren mayores márgenes.

La elevada sensibilidad y ganancia de transferencia de un satélite destinado a las telecomunicaciones en una pequeña zona de cobertura permite utilizar una PIRE reducida en las estaciones terrenas asociadas, lo que tiende a disminuir el nivel de interferencia del enlace ascendente causada a los satélites de gran cobertura de otros sistemas. La elevada ganancia de la antena receptora de los satélites de este tipo de redes, puede hacerlos más susceptibles a la interferencia procedentes de estaciones terrenas de otros sistemas en la misma zona de cobertura, lo cual puede por otra parte, atenuarse eficazmente la ganancia de la antena del satélite fuera de la zona de cobertura.

La utilización de una pequeña antena en la estación terrena para la transmisión hacia un satélite con antena receptora de gran cobertura, supone necesariamente que, el transmisor tenga una mayor potencia de salida para compensar la baja ganancia de la antena. Como consecuencia de ello, la densidad espectral de la PIRE radiada hacia otros satélites tenderá a ser elevada y a aumentar consiguientemente la separación orbital mínima admisible entre el satélite deseado y los demás satélites que

cubran el mismo territorio. En este caso, se requerirá un mejor rendimiento de los lóbulos laterales en la transmisión, o considerar el empleo de una antena mayor.

La PIRE inherentemente elevada en el enlace descendente de una red de satélite nacional, tiende a aumentar la interferencia causada a las estaciones terrenas de un servicio internacional. La interferencia entre redes de este tipo, tiende a constituir un problema tanto mas serio cuanto mayor sea la disparidad entre las zonas de cobertura de los dos sistemas.

#### Interferencia con sistemas de relevadores radioeléctricos terrestres

Cuando funcionan en las mismas bandas de frecuencia, los sistemas de comunicaciones por satélite y los de relevadores radioeléctricos terrestres por microondas, experimentan problemas de interferencia mutua, por lo que será necesaria su consideración. Algunos ejemplos para reducir este efecto son: el empleo de antenas de haz estrecho; el empleo de estaciones terrenas con lóbulos laterales de bajo nivel especificado en los informes 391.5 y 999, de acuerdo a las Recs. 465-1 580-1 del CCIR; y el aprovechamiento de las características topográficas. Cuando la topografía del terreno -edificios u otros elementos- no permiten aliviar estos problemas, se puede recurrir con tal finalidad a la instalación delante de la antena, de una pantalla hecha de metal o de una malla de alambre con un material que absorba las ondas electromagnéticas.

## 2.2.2 Factores a considerar en la selección de frecuencias

Los sistemas del servicio fijo por satélite están diseñados para funcionar con la mínima potencia de transmisión necesaria, tanto en las estaciones terrenas como en las espaciales, por uno o varios de los siguientes motivos:

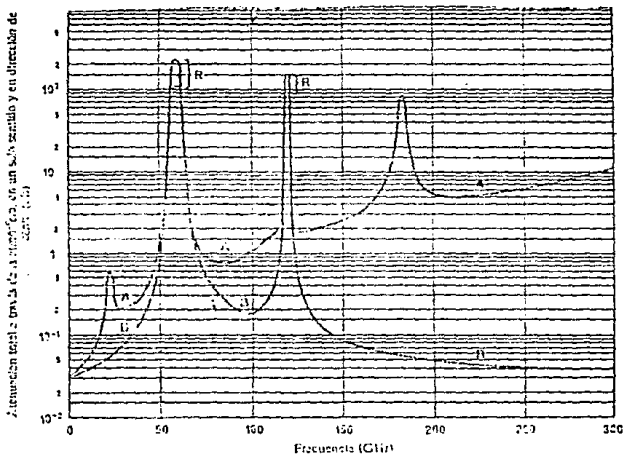
- La potencia disponible en las estaciones espaciales se ha visto limitada por la tecnología y por las restricciones impuestas por el vehículo de lanzamiento.
- Las bandas de frecuencias compartidas con servicios terrenales, limita la potencia de las estaciones espaciales mediante acuerdo.
- El uso de potencias de transmisión débiles, reduce al mínimo las interferencias entre sistemas de telecomunicación espacial y las producidas a sistemas terrenales en las bandas compartidas.

Al mismo tiempo, hay que diseñar los sistemas para que puedan atender las necesidades de su tráfico y calidad de funcionamiento. La forma en que pueden atenderse depende de los efectos del medio ambiente y de la propagación, y de los niveles de ruido en las estaciones terrenas y espaciales que, a su vez, dependen de la frecuencia.

### 2.2.2.1 Absorción atmosférica

Las características de atenuación de la atmósfera dependen de la frecuencia, y permiten que las ondas electromagnéticas se propaguen más fácilmente en ciertas frecuencias que en otras, habiendo, por consiguiente, gamas de frecuencias más adecuadas para las telecomunicaciones espaciales. Las principales gamas de frecuencias para las telecomunicaciones se sitúan entre la MUF ionosférica (frecuencia máxima utilizable de forma que se produzca la reflexión en la ionósfera) y la primera raya de absorción del oxígeno (unos 60 GHz). También pueden ser interesantes otras ventanas entre las rayas de absorción de los gases por encima de 60 GHz. Otras dos gamas, una por debajo de unos 300 KHz y otra en las regiones óptica y de rayos infrarrojos actualmente de poco interés para los sistemas del servicio fijo por satélite.

En la Fig. 2 se representa la atenuación con relación a la propagación en el espacio libre para frecuencias comprendidas entre 1 y 300 KHz, en el caso de que la propagación se efectúe en un sólo sentido y sobre un trayecto vertical, para una atmósfera moderadamente húmeda ( $0.5 \text{ g/m}^3$  en la superficie). Para el trazado de esas curvas, se ha supuesto una atmósfera "despejada" (sin hidrometeoros). Con esta hipótesis, la atenuación (en dB) para ángulos de elevación arbitrarios, 550590



**FIGURA 2.** Atenuación total a través de la atmósfera, en un sólo sentido y en dirección del cenit, en función de la frecuencia.

- Curvas: A: Atmósfera moderadamente húmeda (7.5 g/m<sup>3</sup> en la superficie)  
 B: Atmósfera seca (0 g/m<sup>3</sup>)  
 C: Oama de valores correspondientes a la estructura fina



grados, puede calcularse aproximadamente a partir de los valores para los trayectos verticales multiplicándolos por el factor Cosecante  $\theta$ .

#### 2.2.2.2. Absorción debida a hidrometeoros

En presencia de hidrometeoros (lluvia, granizo, niebla, nieve, nubes), la atenuación atmosférica aumenta con la frecuencia; especialmente en frecuencias superiores a 10 GHz y durante pequeños porcentajes de tiempo, la atenuación debida a hidrometeoros puede convertirse en factor limitativo en sistemas proyectados para un alto grado de confiabilidad. Un grado importante de atenuación tiende, además, a aumentar la temperatura de ruido del sistema receptor de una estación terrena; de ahí que la relación portadora/ruido, en el caso de una señal recibida de una estación espacial, pueda sufrir un deterioro superior debido únicamente a la atenuación de la señal a lo largo del trayecto. Los hidrometeoros de gran densidad tienden a estar localizados de forma tal que, es posible utilizar técnicas de diversidad; estas técnicas de diversidad, para una calidad de servicio dada, pueden permitir una reducción del margen de desvanecimiento necesario.

### 2.2.2.3 Otros efectos de propagación

Hay otros factores que pueden relacionarse con los efectos debidos exclusivamente a la propagación, a saber:

#### Centelleo ionosférico

En frecuencias inferiores a 1 GHz, aproximadamente, y para pequeños ángulos de elevación a unos 7 GHz, el centelleo, es decir, las fluctuaciones de amplitud y de fase debidas a la falta de homogeneidad del índice de refracción de la ionosfera, producen una variación en función del tiempo del nivel de la señal recibida. Este efecto debe tenerse en cuenta en el diseño del sistema mediante un adecuado margen de desvanecimiento.

#### Efectos de despolarización

Las señales por arriba de 1 GHz pueden experimentar efectos de despolarización que, en general, aumentan con la frecuencia cuando las señales atraviesan un medio de dispersión tal como la lluvia. Ello entraña una pérdida de aislamiento entre dos señales polarizadas ortogonalmente, que puede adquirir valores importantes para pequeños porcentajes de tiempo. Como en el caso de la absorción en presencia de alta densidad de hidrometeoros, pueden emplearse técnicas de diversidad para compensar esos efectos

### Efecto Dopler

Cuando la longitud de un trayecto de propagación radioeléctrica varía con el tiempo, se produce un desplazamiento de frecuencia debido al efecto Dopler, cuya consecuencia es una variación continua de la fase. Pueden surgir dificultades secundarias debido a que el desplazamiento absoluto de frecuencia no es rigurosamente constante en toda la banda de frecuencias ocupada por la emisión.

### Efectos troposféricos

Los efectos debidos al centelleo y a la refracción en la tropósfera pueden tener consecuencias menos importantes, pero, los proyectistas del sistema deben tenerlos en cuenta.

### Ruido

Aparte del ruido térmico generado en el receptor de una estación terrena o espacial, las fuentes de ruido natural intervienen en la realización práctica de los sistemas.

En las frecuencias más bajas, predomina el ruido cósmico que disminuye al aumentar la misma; en frecuencias más altas, los elementos absorbentes de la atmósfera (vapor de agua, oxígeno, hidrometeoros) actúan como radiadores de ruido y son causa de su consiguiente aumento. Este ruido de absorción se suele mencionar como un incremento de la temperatura de ruido del sistema receptor.

El ruido que llega a un sistema receptor de estación terrena, a través de los lóbulos laterales de la antena orientados hacia la Tierra, o a un sistema receptor de estación espacial a través del lóbulo principal de su antena orientada hacia la Tierra, es esencialmente independiente de la frecuencia, aunque importante.

El sol es una considerable fuente de ruido, cuya magnitud es de aproximadamente 1 millón de grados Kelvin a 30 MHz, de 10 mil grados Kelvin a 10 GHz (sol tranquilo). Este entra a través del haz principal de las antenas de estaciones terrenas produciendo perturbaciones temporales en toda la banda de frecuencias de interés.

#### Tecnología de equipo

Además de los factores de la propagación y del medio ambiente, variables con la frecuencia, que afectan las comunicaciones con las estaciones espaciales, existen dos elementos importantes para la implantación de un sistema que depende también de la frecuencia: la ganancia de las antenas de las estaciones terrenas y espaciales, y el exceso de temperatura de ruido de los receptores.

### 2.2.2 Utilización de las bandas de frecuencias superiores a 10 GHz

Tomando en cuenta que el ancho de las bandas atribuidas al SFS es generalmente mayor en frecuencias superiores a 10 GHz, el empleo de estas frecuencias facilitaría el diseño de sistemas de gran capacidad. A continuación se examinan algunos factores técnicos que deben tenerse en cuenta en el diseño de sistemas del SFS destinados a funcionar en las bandas de frecuencias superiores a 10 GHz.

Los factores que se examinan son: la disposición de las estaciones terrenas para evitar los efectos de las precipitaciones, la compartición de frecuencias con sistemas terrenales y un método para proyectar los sistemas.

#### Disposición de las estaciones terrenas

La dispersión y la absorción debida a las nubes y a las precipitaciones aumentan rápidamente en las frecuencias superiores a unos 10 GHz; ello agrava considerablemente los problemas de diseño de tales sistemas. Sin el empleo de técnicas especiales puede ser casi imposible establecer el amplio margen para las lluvias, necesario para satisfacer las normas especificadas de calidad.

Existen tres métodos posibles para superar los graves efectos de las precipitaciones en las frecuencias más elevadas:

- a) El empleo de la diversidad de emplazamientos.
- b) La utilización de una banda alternativa de frecuencias mas baja que la utilizada normalmente y mucho menos sensible a los efectos de las precipitaciones.
- c) El empleo de sistemas autoadaptables que modifican los parámetros de transmisión en función de las variaciones de las condiciones de propagación.

Entre dos estaciones terrenas entre las que medie una distancia adecuada (por ejemplo, 10 a 30 Km), la correlación es casi despreciable y la probabilidad de que la lluvia intensa afecte simultáneamente a ambas se considera muy reducida. La técnica consiste en conectar las dos estaciones que proporcionan la diversidad, por medio de una línea de transmisión inmune a los efectos de las precipitaciones y en seleccionar, a efectos de la explotación, la estación terrena menos afectada.

En el sistema b) se parte de la hipótesis de que varias estaciones terrenas de un mismo sistema trabajan normalmente en frecuencias que pueden ser gravemente afectadas por la lluvia, es decir, por arriba de unos 10 GHz. Sin embargo, como es poco probable que la precipitación afecte simultáneamente a más de

una estación, puede emplearse la técnica de conmutar a una banda de frecuencia inferior en la estación terrena más afectada por la precipitación.

En la técnica del inciso c), puede mejorarse la calidad de funcionamiento de los sistemas digitales reduciendo la velocidad de transmisión de la información cuando las condiciones de propagación son desfavorables. Entre las posibles soluciones figuran la reducción de la información transmitida por símbolo, una disminución de la velocidad de transmisión o empleo de códigos correctores de errores.

#### Compartición de frecuencias con sistemas terrenales

En frecuencias superiores a unos 10 GHz, la variación del nivel de la relación señal deseada/señal interferente, debidas a la precipitación y los efectos de la dispersión influyen notablemente en la distancia mínima de separación entre estaciones terrenas del servicio fijo por satélite y estaciones terrenales del servicio fijo.

El efecto de dispersión puede superarse eligiendo una ubicación adecuada que evite la intersección de haces de los dos sistemas y utilizando la discriminación por polarización cruzada en el caso de ondas polarizadas linealmente; y, dado que la pérdida de transmisión básica de un determinado trayecto aumenta con la

frecuencia, la distancia de separación entre estaciones de los dos sistemas puede ser menor en frecuencias superiores. Haciendo que el ángulo de separación entre ambas estaciones sea de 20 a 30 grados, puede reducirse la distancia de separación mínima a unos pocos kilómetros y evitarse en cierta medida el efecto de la fluctuación de la relación señal deseada/señal interferente, originado por la atenuación diferencial de la lluvia en los dos sistemas.

#### **Método para el proyecto de sistemas del servicio fijo por satélite**

En los sistemas del SFS que utilizan bandas de frecuencias superiores a 10 GHz, los efectos de los hidrometeoros, sobre todo de la lluvia, son particularmente importantes y deben tenerse presentes al proyectar los sistemas. Las distribuciones observadas de las atenuaciones en función del tiempo, debidas a los hidrometeoros, proporcionan la base más segura para calcular los efectos de estos. Tales distribuciones varían con la frecuencia y la estación del año, y dependen de las condiciones climatológicas en el lugar donde se ha instalado la estación terrena, y del ángulo de visibilidad del satélite.

También debe tenerse en cuenta que el grado de correlación entre las atenuaciones en los trayectos del enlace por satélite disminuye cuando la separación entre las estaciones terrenas



aumenta, así como la intensidad de las precipitaciones. Otro factor que disminuye la correlación es la diferencia de frecuencias entre los trayectos ascendente y descendente.

Al elegir métodos de transmisión de señales en bandas de frecuencias superiores a 10 GHz, debe tenerse en cuenta que las variaciones en la relación señal/ruido causadas por hidrometeoros pueden ser muy superiores a la diferencia entre el nivel nominal de funcionamiento y el nivel umbral. Como esta diferencia depende del tipo de modulación que se utilice, las características comparativas de los modos de transmisión variarán en las bandas de frecuencias superiores a 10 GHz.

Dado que la atenuación debida a las precipitaciones varía con la frecuencia, al igual que la pérdida en el espacio libre, la distribución acumulativa de la atenuación en función del tiempo dependerá del emplazamiento de la estación terrena. De ahí que puedan ser muy diferentes los márgenes de atenuación para los trayectos ascendentes y descendentes, particularmente cuando se utilizan pares de enlaces cruzados entre la banda de 14/11 y 8/4 GHz.

## CAPITULO 3

### TEORIA PARA EL CALCULO Y SELECCION DE ANTENAS

## 3.1 Ecuaciones de Enlace

### 3.1.1 Introducción

En el diseño de un enlace vía satélite es necesario calcular la relación entre el nivel de la portadora y el nivel de la potencia de ruido ( $C/N$ ) que existe a la entrada del demodulador o decodificador. Es necesario calcular también, la relación señal a potencia de ruido ( $S/N$ ) para transmisión analógica; y la tasa de bits erróneos (BER) para transmisión digital, ya que estas relaciones permiten obtener la calidad de la información en recepción, donde el tipo de información y la modulación que maneja es primordial para la obtención de una cierta calidad.

Las ecuaciones de enlace que se plantean, tomando en cuenta el tipo de servicio (video, voz, datos, etc.), son aplicables a los casos de: televisión, telefonía multicanal FDM/FM y aplicaciones SCPC. De manera particular debe señalarse que el cálculo de la relación portadora a densidad de ruido total ( $C/N_0$ ) es común a todos los servicios.

En general, el propósito del análisis del ruido enlace es determinar la calidad de la recepción que puede esperarse para la portadora de interés dependiendo de las características de la

señal, del satélite y de las estaciones terrenas.

### 3.1.2 Cálculo de las distancias de las estaciones terrenas Transmisora y Receptora a los satélites

Ecuaciones utilizadas en el cálculo:

$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_e \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- $\Delta\theta$  - Diferencia de longitudes
- $\theta_e$  - Longitud de la estación terrena
- $\theta_s$  - Longitud del satélite

$$\cos\beta = \cos\gamma \cos\Delta\theta \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

- $\gamma$  - Longitud de la estación terrena

$$D = ((R+ASMN)^2 + (R+H)^2 - 2(R+ASMN)(R+H)\cos\beta)^{1/2} \dots\dots (3)$$

Donde:

- D - Distancia de la estación terrena al satélite
- R - Radio medio de la tierra = 6,378 Km.
- ASMN - Altura sobre el nivel del mar de la estación terrena
- H - Altura del satélite en forma perpendicular sobre

el ecuador  $\cong 35,736$  Km.

### 3.1.3 Potencia de salida de la estación terrena transmisora

A partir de la densidad de flujo requerida en el satélite para un enlace específico, se puede proceder al cálculo de la potencia que se deberá entregar a la salida del Amplificador de Alta Potencia (HPA-Higher Power Amplifier), de la siguiente manera:

- a) Cálculo de la PIRE entregada por la antena de la estación terrena transmisora:

$$PIRE_{ET} = W + 10 \log 4\pi D^2 + M + A_p - BO_s \quad (\text{dBw}) \dots\dots\dots ( )$$

Donde:

- W - Densidad de flujo dada en dBw/m<sup>2</sup>. Este valor depende de si se trata de una o varias portadoras
- D - Distancia de la E/T transmisora al satélite dada en metros
- M - Margen de lluvia ascendente en dB para compensar la atenuación
- A<sub>p</sub> - Atenuador de posición.
- BO<sub>s</sub> - Back-off de entrada al satélite

1.3 Cálculo de la potencia de salida del HPA requerida en función de la PIRE evaluada en la antena:

$$HPA = PIRE_{ET} + L_{E/T} + BO_{E/T} - G_{ANT} \quad (dBW) \quad \dots \quad (1)$$

Donde:

- $PIRE_{ET}$  - Potencia isotrópicamente radiada efectiva de la E/T transmisora
- $L_{E/T}$  - Pérdidas totales entre el HPA y la antena transmisora
- $BO_{E/T}$  - Back-off de salida del HPA
- $G_{ANT}$  - Ganancia de la antena de la E/T transmisora

Esta misma potencia en watts:

$$HPA = 10^{\frac{HPA(dBW)}{10}} \quad (\text{watts}) \quad \dots \quad (2)$$

Para el caso particular de aplicación SCPC tanto analógico como digital, este valor de HPA dado en watts, debe multiplicarse por el número de canales transmitidos por la estación terrena, es decir:

$$HPA = HPA(\text{watts}) \times \text{canales SCPC} \quad (\text{watts}) \dots\dots (3)$$

Lo que viene a significar la cantidad de watts necesarios para el número de canales SCPC a transmitir.

### 3.1.4 Relación portadora a densidad de ruido ascendente

#### 3.1.4.1 Televisión y Telefonía Multicanal FDM/FM

a) Relación portadora a densidad de ruido ascendente para portadora única:

$$(C/N_0)_{Asc} = W_{sat} + (G/T)_s - 20 \log F - 21.45 + 228.6 \quad (\text{dB-Hz}) \dots (4)$$

Donde:

$W_{sat}$  - Densidad de flujo necesaria para saturar el transpondedor

$(G/T)_s$  - Figura de Mérito del satélite

(-228.6) - Constante de Boltzman:  $10 \log(1.38 \times 10^{-23})$

(21.45) - Constante que resulta de la ecuación:  $C/N_0$  al ponerla en función del área de apertura de la antena, simplificándola y expresándola en dB

b) Relación portadora a densidad de ruido ascendente para portadoras múltiples:

Cuando se opera con portadoras múltiples en un sólo transpondedor, es necesario hacer otras consideraciones en el cálculo del enlace: se toma en cuenta el back-off de entrada (BO<sub>e</sub>) y el de salida (BO<sub>s</sub>) del amplificador de potencia (TWT) del transpondedor utilizado, siendo entonces necesario modificar W<sub>sat</sub> de la ecuación (1).

Esta modificación viene dada por la expresión:

$$W_{sd} = W_{sat} - BO_e - ((PIRE_s - BO_s) - PIRE_p) \quad (\text{dBw/m}^2) \dots (5)$$

Donde:

- W<sub>sd</sub> - Densidad de flujo correspondiente a la portadora de interés
- PIRE<sub>s</sub> - Potencia isotrópicamente radiada efectiva en saturación del transpondedor
- PIRE<sub>p</sub> - Potencia isotrópicamente radiada efectiva para la portadora de interés de acuerdo al ancho de banda ocupado
- BO<sub>e</sub> - Back-off de entrada del TWT del satélite
- BO<sub>s</sub> - Back-off de salida del TWT del satélite



Cálculo de la PIRE<sub>p</sub>:

Si se está utilizando sólo una parte de la capacidad del transpondedor, como por ejemplo: para una señal de video+audio asociado, se calcula la parte proporcional de ancho de banda ocupado por la portadora de interés dentro del ancho de banda total asignado al transpondedor. Así:

$$PPBW = \frac{BW_p}{BW_s} \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

- BW<sub>s</sub> - Ancho de banda total del transpondedor del satélite
- BW<sub>p</sub> - Ancho de banda ocupado por la portadora de interés
- PPBW - Proporción de ancho de banda ocupado por la portadora de interés dentro del ancho de banda asignado al transpondedor

$$PIRE_p = PPBW \log^{-1} (PIRE_s - BCo) / 10 \quad (\text{watts}) \dots(7)$$

Para el cálculo de la densidad de flujo (W<sub>sd</sub>) es necesario pasar las unidades de la ecuación (7) a dBw.

Finalmente la ecuación (4) para portadoras múltiples en un solo transpondedor queda:

$$(C/N_0)_{Asc} = W_{sd} + (G/T)_s - 20 \log F - 21.45 + 228.5 \quad (\text{dB-Hz}) \quad \dots (8)$$

### 3.1.4.2 Aplicación SCPC analógico y digital

Para estos casos en particular es necesario calcular: la PIRE<sub>p</sub> del satélite por canal SCPC, y la cantidad de flujo requerido ( $W_{sd}$ ) por canal SCPC de entrada al satélite:

Número de canales activos:

$$NCA = NTCR \times FA \quad \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

NCA - Números de canales activos

NTCR - Numero total de canales de la red o ranuras disponibles en el transpondedor

FA - Factor de actividad

Cálculo de la PIRE<sub>p</sub> y W<sub>sd</sub>:

$$PIRE_p = (\log^{-1} \left( \frac{PIRE + BO_0}{10} \right)) / NCA \quad (\text{dBw}) \quad \dots\dots(10)$$

Al igual que en el caso anterior, el cálculo de la densidad de flujo (W<sub>sd</sub>) se puede efectuar a través de la ecuación (5), reemplazando el valor de la PIRE<sub>p</sub> correspondiente.

Para la evaluación final de (C/No)<sub>Asc</sub> para los casos SCPC analógico y digital, se utilizará la ecuación (8).

### 3.1.5 Relación portadora a densidad de ruido descendente

Para poder calcular el valor de la relación portadora a densidad de ruido descendente (C/No)<sub>Desc</sub> para los casos de portadora única y portadoras múltiples para cualquier tipo de servicio, es necesario evaluar previamente la Figura de Mérito de la E/T receptora (G/T)<sub>RT</sub>, y las pérdidas por espacio libre (L<sub>d</sub>):

$$(G/T)_{ET} = G_{ET} - 10 \log (T_{R10}) \quad (\text{dBK}) \quad \dots (11)$$

Donde:

$G_{ET}$  - Ganancia de la antena receptora dada en dB

$T_{R10}$  - temperatura de ruido del sistema receptor en °K

$$L_d = 92.45 + 20 \log F + 20 \log D_d \quad (\text{dB}) \quad \dots (12)$$

Donde:

F - Frecuencia de la portadora de subida en GHz

$D_d$  - Distancia del satélite a la E/T receptora, en Km.

a) Relación  $(C/N_0)_{Desc}$  para portadora única:

$$(C/N_0)_{Desc} = PIRE_{\#} + (G/T)_{ET} + 228.6 - L_d - M \quad (\text{dB-Hz}) \quad \dots (13)$$

Donde:

$PIRE_{\#}$  - Potencia isotrópicamente radiada efectiva en saturación del satélite

$(G/T)_{ET}$  - Figura de Mérito de la E/T receptora

$L_d$  - Pérdidas por espacio libre en la trayectoria

M - Margen de lluvia descendente

b) Relación  $(C/N_0)_{Desc}$  para portadoras múltiples en un solo transpondedor:

$$(C/N_0)_{Desc} = PIRE_p + (G/T)_{ET} + 228.6 - L_d - M \quad (\text{dB-Hz}) \dots (14)$$

Nótese que en esta ecuación, el único término que cambia respecto a la ecuación (13), es la  $PIRE_p$  del satélite, la cual es la asignada para la portadora de interés y cuyo cálculo se vió anteriormente.

### 3.1.6 Relación portadora a densidad de ruido de intermodulación

El ruido de intermodulación, que es cómo se conoce a los productos de intermodulación, es generado por la característica no lineal del TWT del transpondedor debido a la presencia de varias portadoras. Por lo tanto, para portadora única se tendrá:

$$(C/N_0)_{IM} \approx 0$$

### 3.1.6.1 Televisión y Telefonía Multicanal FDM-FM

Para el caso de portadora múltiple, ésta se determina de acuerdo a la Figura 3, que relaciona  $(C/N_0)_{IM}$  y el Back-off de salida del TWT del satélite para diferente número de portadoras.

Debe notarse que en esta misma figura, la relación  $(C/N_0)_{IM}$  está dada en dB, por lo que es necesario pasarla a (dB-Hz) a través de la ecuación:

$$(C/N_0)_{IM} = (C/N_0)_{IM} + 10 \log BW_{FI} \quad (\text{dB-Hz}) \quad (15)$$

Donde:

$(C/N_0)_{IM}$  - Relación portadora a densidad de ruido de intermodulación

$(C/N_0)_{IM}$  - Relación portadora a ruido de intermodulación

$BW_{FI}$  - Ancho de banda de frecuencia intermedia ocupada por la portadora de interés

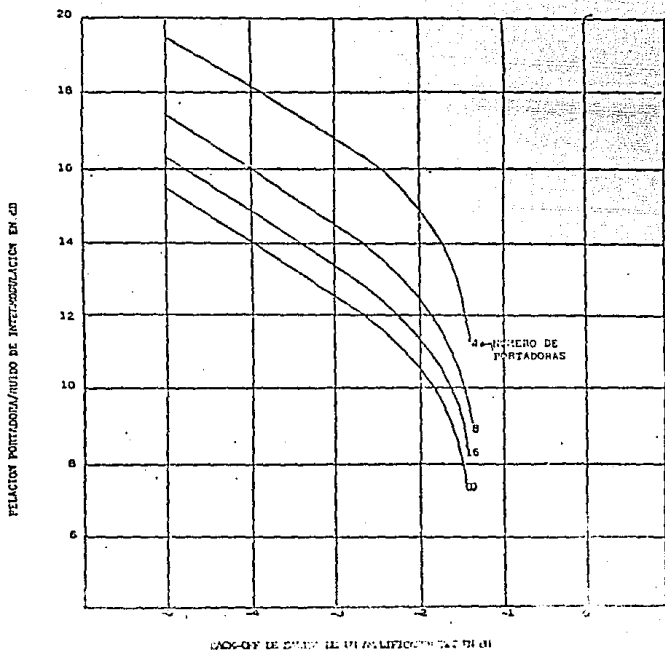


FIGURA 3. Relación portadora/ruido de intermodulación en función del back-off para un amplificador DWT típico.

### 3.1.5.2 Aplicación SCPC

Para sistemas de alta densidad de SCPC ocupando un transpondedor, es posible calcular el valor de  $(C/N_0)_{IM}$  aplicables a sistemas que utilizan modulación FMD mediante la siguiente ecuación:

$$(C/N_0)_{IM} = 4.7 + 10 \log(NTCR/NCA) + 2(B0_0) \quad (\text{dB}) \dots (15)$$

Donde:

$(C/N_0)_{IM}$  - Relación portadora a potencia de ruido de intermodulación en el peor canal (central)

NTCR- Ranuras disponibles en el transpondedor

NCA- Número de canales activos

B0\_0- Back-off de salida del satélite

Luego, se aplica la ecuación (15) correspondiente a la densidad de ruido de intermodulación  $(C/N_0)_{IM}$ .

Para aplicaciones SCPC digital se puede utilizar un valor típico de  $(C/N_0)_{IM}$  en la ecuación (15) para los casos de transpondedores uniformemente cargados e igualmente espaciadas y de igual potencia.



### 3.1.7 Relación portadora a densidad de ruido total

La relación portadora a densidad de ruido total está dada en función de  $(C/N_0)_{Asc}$ ,  $(C/N_0)_{Desc}$ , y  $(C/N_0)_{IM}$ :

$$(C/N_0)_T = 10 \log \left( \frac{1}{\log^{-1} \frac{(C/N_0)_{Asc}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{(C/N_0)_{Desc}}{10}} + \frac{1}{\log^{-1} \frac{(C/N_0)_{IM}}{10}} \right)$$

..... (17)

### 3.1.8 Relación portadora a densidad de ruido requerida

Para enlaces de transmisión digital, y después de haber obtenido la relación portadora a densidad de ruido total  $(C/N_0)_T$ , se calcula la relación portadora a densidad de ruido requerida  $(C/N_0)_R$  para obtener la BER especificada para voz, por medio de la siguiente ecuación:

$$(C/N_0)_R = E_b/N_0 + 10 \log BR + MI \quad (\text{dB-Hz}) \dots (18)$$

Donde:

$E_b/N_0$  - Energía/bit por Hertz

BR - Velocidad de bits transmitidos

MI - Margen de implementación

El valor de  $E_b/N_0$  puede obtenerse a partir de la Figura 4., donde para una BER requerida corresponde un valor de  $E_b/N_0$ .

Debe notarse que esta curva es ideal, por lo que en la ecuación (18) se suma un margen de implementación cuyo valor típico promedio es 1.5 dB.

Para verificar que el enlace está trabajando correctamente se debe comparar  $(C/N_0)_R$  con  $(C/N_0)_T$  del radio enlace de tal forma que:

$$(C/N_0)_T > (C/N_0)_R$$

### 3.1.9 Relación portadora a ruido total

Algunas veces es usual expresar la relación portadora a ruido total en función de un cierto ancho de banda, por lo tanto:

$$(C/N)_T = (C/N_0)_T - 10 \log BW_{FI} \quad \text{(dB)} \dots\dots\dots (19)$$

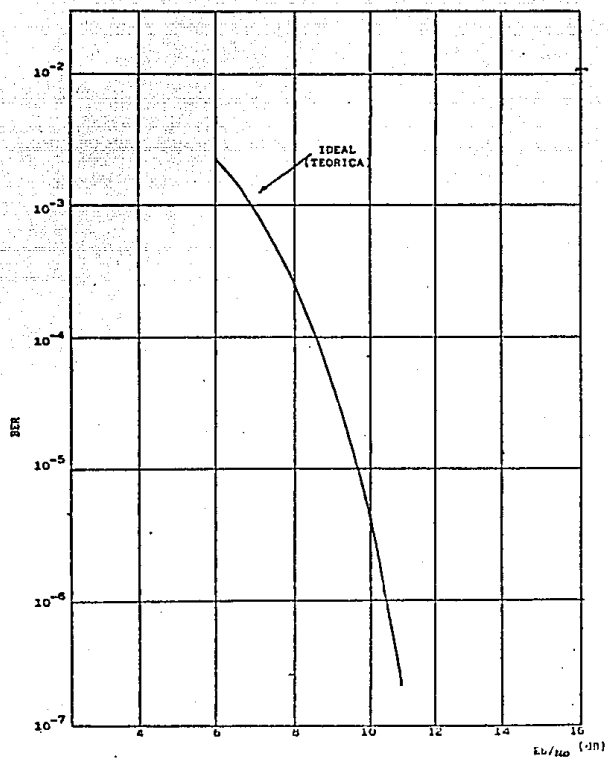


FIGURA 4. Bit error rate para un modem SCPC-PSK

Donde:

- $(C/N_0)_T$  - Relación portadora a densidad de ruido total  
 $BW_{FI}$  - Ancho de banda de frecuencia intermedia ocupado por la portadora de interés dada en Hz

### 3.1.10 Relación señal a ruido

#### 3.1.10.1 Relación señal a ruido de video

$$(S/N)_v = (C/N_0)_T + 10 \log(12(0.741 \Delta f_v)^2) / b_s^2 \quad (\text{dB}) \dots (20)$$

Donde:

- $(C/N_0)_T$  - Relación portadora a densidad de ruido total expresada en dB-MHz  
 $\Delta f_v$  - Desviación pico de la frecuencia de video  
 $b_s$  - Factor de ponderación (combinación de ponderación y énfasis=1.574 Norma CCIR)

El valor de  $(C/N_0)_T$  expresada en dB-MHz se puede obtener manipulando la ecuación (19). Las unidades del ancho de banda de frecuencia intermedia deben estar dadas en MHz.

### 3.1.10.2 Relación señal a ruido de audio para televisión

Para poder efectuar el cálculo de la relación señal a ruido de audio  $(S/N)_A$ , primero debe obtenerse el valor de la relación portadora a ruido de la subportadora  $(C/N)_{sp}$ :

$$(C/N)_{sp} = (C/N)_T + 10 \log(BW_{Fi} / 2BW_{sp}) + 10 \log(\Delta f_p / f_{sp})^2 \quad (\text{dB}) \dots (21)$$

Donde:

- $(C/N)_T$  - Relación portadora a ruido del enlace
- $BW_{Fi}$  - Ancho de banda de ruido de frecuencia intermedia
- $BW_{sp}$  - Ancho de banda de ruido de la subportadora
- $\Delta f_p$  - Desviación pico de la portadora debido a la subportadora
- $f_{sp}$  - Frecuencia de la subportadora

Entonces:

$$(S/N)_A = (C/N)_{sp} + \log 3(\Delta f_{sp} / f_m)^2 + 10 \log(BW_{sp} / BW_A) + E \quad (\text{dB}) \dots (22)$$

Donde:

- $\Delta f_{sp}$  - Desviación pico de la subportadora
- $f_m$  - Frecuencia máxima de audio

- $BW_{sp}$  - Ancho de banda de ruido de la subportadora
- $BW_A$  - Ancho de banda de ruido de audio
- $E$  - Ventaja de audio por pre/deénfasis

### 3.1.10.2 Relación (S/N) para Telefonía Multicanal

La relación señal a ruido para Telefonía Multicanal (S/N) puede obtenerse evaluando la ecuación:

$$S/N = (C/N)_T + 20 \log(\Delta f_{TP} / f_m) + 10 \log(BW_{FI} / BW_{ch}) + P + W \quad (\text{dB}) \dots (23)$$

Donde:

- $(C/N)_T$  - Relación portadora a ruido total
- $\Delta f_{TP}$  - Desviación (RMS) de tono de prueba
- $f_m$  - Frecuencia máxima de banda base
- $BW_{FI}$  - Ancho de banda de ruido de frecuencia intermedia
- $BW_{ch}$  - Ancho de banda del canal telefónico
- $P$  - Factor de mejoramiento por preénfasis
- $W$  - Factor de mejoramiento por ponderación

### 3.1.10.4 Relación (S/N) para aplicación SCPC-analógico

El cálculo de la relación (S/N) por canal SCPC puede efectuarse a través de la siguiente ecuación:

$$S/N = (C/N)_T + 10 \log 3 (\Delta f / f_m)^2 + 10 \log (BW_{FI} / 2BW_A) + W + C \quad (\text{dB}) \dots (24)$$

Donde:

$(C/N)_T$  - Relación portadora a ruido del enlace

$\Delta f$  - Desviación pico de frecuencia

$f_m$  - Frecuencia máxima de banda base

$BW_{FI}$  - Ancho de banda de ruido de frecuencia intermedia

$BW_A$  - Ancho de banda de ruido de audio

$W$  - Factor de mejoramiento de ponderación

$C$  - Ventaja por compensor

### 3.1.11 Potencia de ruido

La potencia de ruido puede obtenerse mediante la ecuación:

$$P_n = \log^{-1} \frac{90 - (S/N)}{10} \quad (\text{pwop}) \quad \dots (25)$$

Donde:

$P_n$  - Potencia de ruido

$S/N$  - Relación señal a ruido (dB)

### 3.2 Consideraciones Generales para la Selección de Antenas Parabólicas

La selección de una antena parabólica de acuerdo a las necesidades del sistema proyectado, debe cumplir con ciertas características técnicas que optimicen el funcionamiento del sistema en su totalidad.

Con el objeto de facilitar el rastreo, debe considerarse factores como: mecanismos de precisión o poseer un método que lo facilite, velocidad de movimiento, señalización y operación bajo condiciones de viento. Del mismo modo debe considerarse la precisión del reflector y subreflector, así como las características de distorsión, es decir lo referente a la tolerancia de superficie.

Otros factores, también importantes, como la ganancia y los diagramas de patrón de radiación de los alimentadores, deben cumplir especificaciones de eficiencia máxima e interferencia mínima para toda la banda de frecuencias de transmisión y recepción.



Es conveniente que los niveles de los lóbulos laterales de la antena, se reduzcan lo más posible en relación con el lóbulo principal del patrón de radiación de referencia especificada por INTELSAT y/o CCIR, a fin de superar los problemas de interferencia mútua entre estaciones terrenas y los radioeléctricos; y de que no disminuya la eficacia de utilización de la órbita de los satélites geostacionarios.

Pese a que el satélite Morelos opera con polarización lineal, se debe prever un posible cambio a polarización circular en caso de ser necesario operar con satélites con estas características. Por otro lado, debe garantizarse una discriminación de polarización cruzada en polarización lineal mayor o igual a 30 dB.

Otro parámetro que debe tomarse en cuenta en toda la banda de frecuencias de transmisión y recepción es el VSWR; así como el aislamiento del alimentador en los casos de: transmisión/recepción, recepción/recepción y transmisión/transmisión.

En aquellos casos particulares en que, por ejemplo, se consideren necesarios márgenes de atenuación por lluvia mayores, podrían instalarse antenas más grandes.

El empleo de una antena de estación terrena demasiado pequeña puede, en determinados casos, exigir un amplificador de muy alta potencia (HPA), así como un amplificador de bajo nivel de ruido (LNA), lo que a su vez puede significar un mayor costo de la estación terrena. Sin embargo, al diseñar un sistema por satélite es posible minimizar esos costos mediante la optimización de la combinación de los costos de la antena, HPA, LNA, etc., teniendo cuidado que la capacidad de manejo de potencia de la antena deba ser mayor o igual a 1.5 veces la salida máxima nominal del amplificador.

Al seleccionar una antena, debe recordarse que es preciso considerar los factores de crecimiento de tráfico y el tiempo de vida útil previsto. La antena es esencialmente pasiva, y requiere poco mantenimiento.

En general, mientras más pequeña sea la relación  $D/\lambda^2$  de la antena, mayores serán los problemas de interferencia en relación con el funcionamiento de satélites adyacentes en las mismas bandas de frecuencia y en la misma zona de cobertura. Sin embargo, puede ser posible superar este problema reduciendo los lóbulos laterales de la antena y mediante coordinación.

(\*) En el caso de antenas pequeñas ( $D/\lambda < 100$ ), el nivel de los lóbulos laterales en la región angular próxima al eje principal es en general, más elevado que en las antenas grandes.

D - Diámetro de la superficie reflectora de la parábola  
 $\lambda$  - Longitud de onda

### 3.3 Tipos de Antenas Parabólicas

Las antenas tipo reflector son las que más se han utilizado en sistemas de microondas y satélites. Estas antenas se pueden clasificar de acuerdo al número de reflectores en: reflector sencillo y reflector doble (DUAL); a su vez se pueden subclasificar por su estructura geométrica en: simétricas y asimétricas. Así:

#### a) Antenas de reflector sencillo

##### . Simétrica

	Nombre
Tipo estandar	Parabólico
Tipo lóbulos laterales bajos	Microwave absorber attached
Tipo de haz conformado (Multi)	Multi haz
Beam scannig Type	Reflector esférico

. Asimétrica

	Nombre
Tipo estandar	Parabólica compensada
Tipo lóbulos laterales bajos	Reflector corneta
Tipo haz conformado (Multi)	Multi haz conformado
Beam scannig type	Dually-curved

b) Antenas de doble reflector (DUAL)

. Simétrica

	Nombre
Tipo Cassegrain:	
Estandar	Cassegrain estandar
Reflector conformado	
De campo cercano	Cassegrain modificada
Haz guiado	Tipo 2-reflectores
	Tipo 4-reflectores
Tipo Gregoriana:	
Estandar	Gregoriana estandar

Asimétrica:

	Nombre
Tipo Cassegrain:	
Estandar	Cassegrain abierta
Reflector conformado	
Haz guiado	Cassegrain compensada
Tipo Gregoriana:	
Estandar	Gregoriana compensada

Actualmente el uso de las antenas tipo Cassegrain, cuya descripción técnica para diferentes diámetros se detalla en el anexo, se ha extendido a los principales fabricantes de estaciones terrenas. Algunas de sus características más importantes son:

- Gran eficiencia y baja temperatura de ruido, porque se puede conformar el reflector.
- Buena accesibilidad debido a que el alimentador y el LNA se pueden instalar en la base cilíndrica que está detrás del reflector principal.
- Patrón de radiación bastante bueno, la Figura 5. muestra la relación existente entre el ancho de haz, la ganancia y el diámetro de la antena.
- Empleadas en estaciones terrenas de sistemas nacionales o regionales.

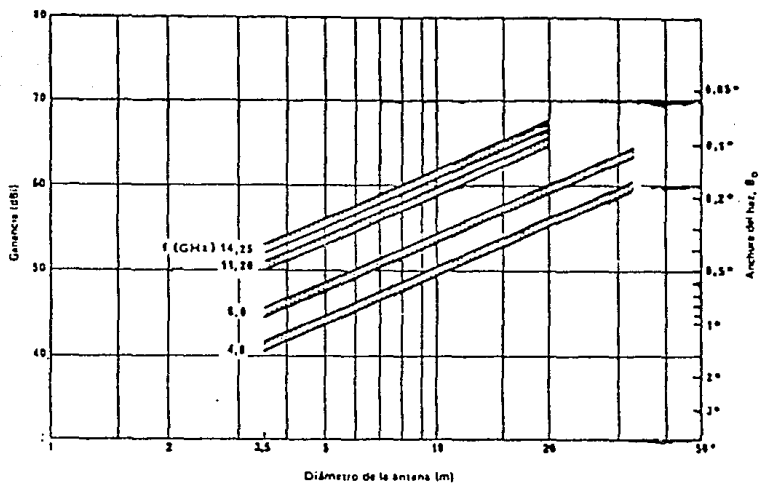


FIGURA 5.

## CAPITULO 4

### SELECCION DEL EQUIPO TRANSMISOR Y RECEPTOR DE ESTACIONES TERRENAS

#### 4.1 Sistema de una Estación Terrena

Las estaciones terrenas se pueden clasificar en tres diferentes categorías que dependen del tipo de servicio que presentan: Estaciones Terrenas para el Servicio Fijo, Estaciones Terrenas Móviles y Estaciones Portátiles.

De acuerdo a una clasificación hecha por INTELSAT, una estación terrena que opera en base a un acceso múltiple y satisface los valores esperados de  $G/T$ , se denomina Estación Terrena Estándar.

El sistema INTELSAT emplea ocho tipos estándar para estaciones terrenas: Estaciones Estándar de norma A, B, C, D, E, F, G y Z. Los tamaños, clases de servicios y los anchos de banda característicos de estas estaciones terrenas están descritos en la Tabla I.

Las estaciones terrenas de pequeña capacidad con una Figura de Mérito de 14 a 20 dB/K operan con un pequeño número de canales de voz (12 canales), también pueden manejar una variedad de información como: televisión educativa, teleconferencias, telefonía, noticias, comunicaciones comerciales e industriales, etc. En cada uno de estos casos, los requisitos de capacidad



Tipo de E/T	Tamaño de la antena (m)	Clases de servicios	Bandas de frec. (GHz)
A	15-18	Servicios internacionales de telefonía, transmisión de datos y TV, IBS e IDR	6/4
B	10-13	Servicios internacionales de telefonía, transmisión de datos y TV, IBS e IDR	6/4
C	11-14	Servicios internacionales de telefonía, transmisión de datos y TV, IBS e IDR	14/11
D1	4.5-9	Vista	6/4
D2	11	Vista	6/4
E1	3.5-4.9	IBS	14/11 14/12
E2	5.5-7	IBS e IDR	14/11 14/12
E3	8-10	IBS e IDR	14/11 14/12
F1	4.5-5	IBS	6/4
F2	7-8	IBS e IDR	6/4
F3	9-10	Servicios internacionales de telefonía, transmisión de datos y TV, IBS e IDR	6/4
G	Todos los tamaños	Servicios internacionales en capacidad alquilada	6/4-14/11 14/12
Z	Todos los tamaños	Servicios nacionales en capacidad alquilada	6/4-14/11 14/12

TABLA I.

IBS-Servicio empresarial de INTELSAT  
IDR-Servicio digital equivalente al FDM/FM analógico

minima da como resultado el bajo costo de estas pequeñas estaciones que se desarrollan para que cumplan con estas necesidades.

En algunos países, como México, se instalan este tipo de estaciones para llevar televisión educativa y canales de voz a todas las regiones del país.

#### 4.2 Tipos de Servicios de Baja Capacidad

Servicios proporcionados por pequeñas estaciones terminales de satélite:

##### .Transmisión y recepción de TV y Telefonía

Una pequeña terminal puede transmitir y recibir simultáneamente señales de TV además de un número pequeño de canales de voz.

##### .Transmisión y recepción de TV

Estas estaciones pueden transmitir y recibir sólo un canal de TV.

#### .Recepción de TV

El tipo de pequeña estación terrena que únicamente recibe televisión (TVRO) es probablemente una de las más comunes debido a la gran aplicación que se le está dando.

Existen dos tipos de estaciones, dependiendo del número de conversiones de frecuencia que se lleva a cabo hasta recuperar la información de banda base (señal de TV); éstas son de una sola conversión o de doble conversión.

#### .Recepción de TV y Transmisión/Recepción de Telefonía

Este tipo de terminal proporciona comunicación telefónica, además de la recepción de un canal de TV.

#### .Recepción y Transmisión de Telefonía

Este tipo de estación proporciona la facilidad de comunicación empleando terminales de pequeñas antenas (3 a 7 m.) que generalmente se conectan directamente al usuario. Los requisitos para la calidad de la voz pueden ser menos estrictos que para las estaciones de alta capacidad. Estas terminales con pequeñas antenas utilizan en general el servicio de un sólo canal por portadora (SCPC).

### 4.3 Subsistemas de una Estación Terrena \*

Un sistema de estación terrena se puede dividir en los siguientes subsistemas:

Antena

Amplificador de transmisión (HPA)

Amplificador de recepción (LNA)

Equipo de comunicación de tierra (GCE)

Equipo terminal

Equipo de control de comunicaciones

Subsistema de potencia

#### a) Antena

La antena es empleada para rastrear el satélite, la transmisión de señales de comunicación y la recepción de señales que transmite el satélite. Con el objeto de compensar las pérdidas que se tienen en los enlaces de subida y/o bajada, es necesario utilizar antenas con alta ganancia en las instalaciones terrestres.

Para estaciones de baja capacidad, que operan en banda Ku, son convenientes las antenas de 3 m. de diámetro, las cuales

(\*) Ver diagramas de E/T y la descripción técnica del equipo en el anexo.

proporcionan una ganancia de aproximadamente 50 dBi en transmisión. Pueden operarse en forma manual sin que se requiera un sistema automático de seguimiento.

Las antenas tipo reflector son las que más se han utilizado en sistemas de satélite.

b) Amplificador de transmisión

Se requiere que una estación terrena tenga la capacidad de transmitir una o varias portadoras simultáneamente. En este caso, es común usar un HPA o bien se puede tener varios HPA independientes que amplifiquen una sola portadora con potencia de salida comparativamente baja. La señal de salida de estos amplificadores son combinados a través de un combinador de potencia.

La utilización de un amplificador TWT o de un Klystron de cavidad, dependerá de las necesidades y requerimientos del sistema.

En general, cuando se requieren potencias del orden de 40 w a 1 Kw se emplean TWT; y se utilizan Klystrons, cuando la demanda de potencia es del orden de 1 Kw a 3 Kw. Sin embargo, se pueden obtener potencias inferiores a los 10 w mediante dispositivos

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

semiconductores que existen actualmente en el mercado. Estos dispositivos incluyen a los amplificadores IMPATT y sistemas multiplicadores.

Debido a que en muchas zonas rurales, es un problema la disponibilidad de energía, es necesario mantener bajo el consumo de energía de la estación terrena y utilizar la potencia de transmisión más baja posible. Si la potencia transmitida se mantiene suficientemente baja, se facilitará el uso de estos amplificadores de estado sólido.

En la selección de un amplificador se toman en cuenta: la potencia de los productos de intermodulación para determinar la potencia máxima nominal de cada portadora (Back-off), el control de estabilidad en la salida y las emisiones espurias y ruido (especialmente ruido de fase).

Las Tabla II así como la Figura 6, muestran algunas características típicas importantes de los amplificadores de alta potencia.

	<u>TWT</u> <u>HELICE</u>	<u>TWT</u> <u>CAVIDAD ACOPLADA</u>
Ancho de banda	Muy amplio > 575 MHz	575 MHz
Eficiencia	Alta 25-30 %	Alta 25-30 %
Pot. de salida	≤ 1 Kw	≤ 14 Kw
Pot. de salida típica para diferentes tipos de ruido	150w, 400w 700w, 1Kw	3Kw 8Kw 14Kw
Tipo de enfriamiento	Aire forzado	Aire forzado o líquido
Medida/Peso	Pequeño/Ligero	Muy grande/Pesado

KLYSTRON DE CAVIDAD:

Ancho de banda	Reducido 45-80 MHz
Eficiencia	Muy alta 40 %
Pot. de salida	≤ 3.4 Kw
Potencia de salida típica para diferentes tipos	400w, 1.7w, 3.4w
Tipo de enfriamiento	Aire forzado
Medida/Peso	Grande/Ligero

TABLA II. Tipos de tubos de onda progresiva

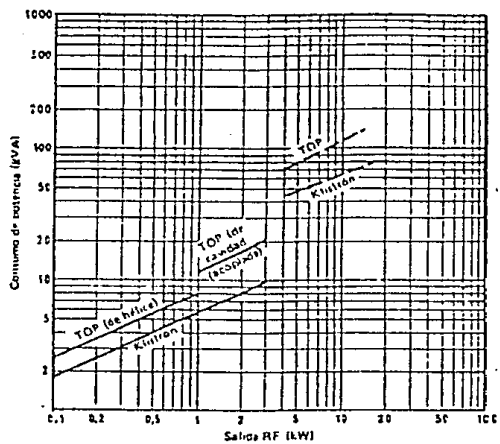


FIGURA d.



c) Amplificador de recepción

Este subsistema consiste principalmente de receptores de bajo nivel de ruido (LNA) para enlaces a 11 GHz, y amplificadores asociados a un divisor. Existen diferentes tipos de LNA que se emplean en las estaciones terrenas. los que actualmente se utilizan son los paramétricos y FEI que a continuación se describen.

Amplificador paramétrico

El amplificador paramétrico generalmente se mantiene a una temperatura constante mediante enfriamiento. por lo que se clasifican en amplificadores paramétricos refrigerados criogénicamente, termoelectricamente y los no refrigerados.

Los de refrigeración criogénica, utilizan el sistema de refrigeración con gas Helio que permite una refrigeración de hasta  $-253^{\circ}\text{C}$ . A pesar de tener un nivel bajo de ruido, esta solución se abandona en las estaciones modernas debido a su complejidad en su mantenimiento, volumen y costo.

La refrigeración termoelectrica se realiza mediante diodos Peltier (refrigeración eléctrica); como este sistema no incluye ninguan parte móvil, su mantenimiento es fácil y se instala directamente en el LNA en una caja presurizada y cerrada.

Los amplificadores no refrigerados proporcionan temperaturas de ruido que dependen de la complejidad del sistema. Estos amplificadores son en general seguidos de amplificadores a transistores (transamp). Son muy confiables y se diseñan para operar a la intemperie con un mínimo de mantenimiento.

Las principales características de los amplificadores paramétricos son:

- . Baja temperatura de ruido
- . Alta confiabilidad
- . Alta confiabilidad del varactor
- . Fácil instalación
- . Medida pequeña y peso grande
- . Fácil transportación

#### Amplificadores con transistores de efecto de campo (FET)

Un amplificador a transistor de efecto de campo consiste de FET's de barrera de Shottky de GaAs (arsenuro de galio).

Estos amplificadores muestran el mismo rendimiento eléctrico que los amplificadores paramétricos y tienen las características de pequeño tamaño, poco peso y bajo costo, además de un fácil mantenimiento que hacen que sean empleados en estaciones pequeñas (nacionales o regionales).

El amplificador FET de GaAs proporciona características superiores a aquellas que ofrece el amplificador a transistor bipolar en lo que respecta a características de RF tales como bajo ruido, mayor gama de frecuencia y alta ganancia; como se puede observar en la Figura 7.

La Figura 8 muestra características de ruido de temperatura de algunos amplificadores de bajo ruido.

Temperaturas de ruido típicas de los amplificadores de bajo ruido actuales:

Amplificador paramétrico:

Refrigeración criogénica	15-50 °K
Refrigeración termoelectrica	80-100 °K
No refrigerado	100-150 °K

Amplificador FET:

Refrigeración termoelectrica	120-150 °K
No refrigerado	200-250 °K

Amplificador de diodo tunel:

No refrigerado	900-1600 °K
----------------	-------------

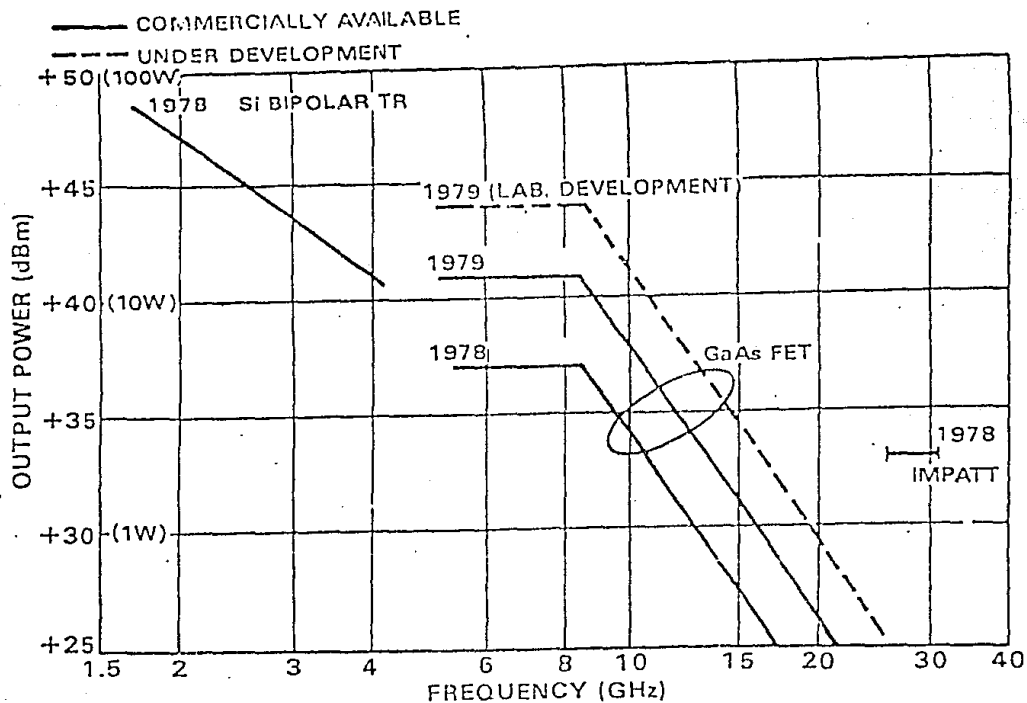


FIGURA 7

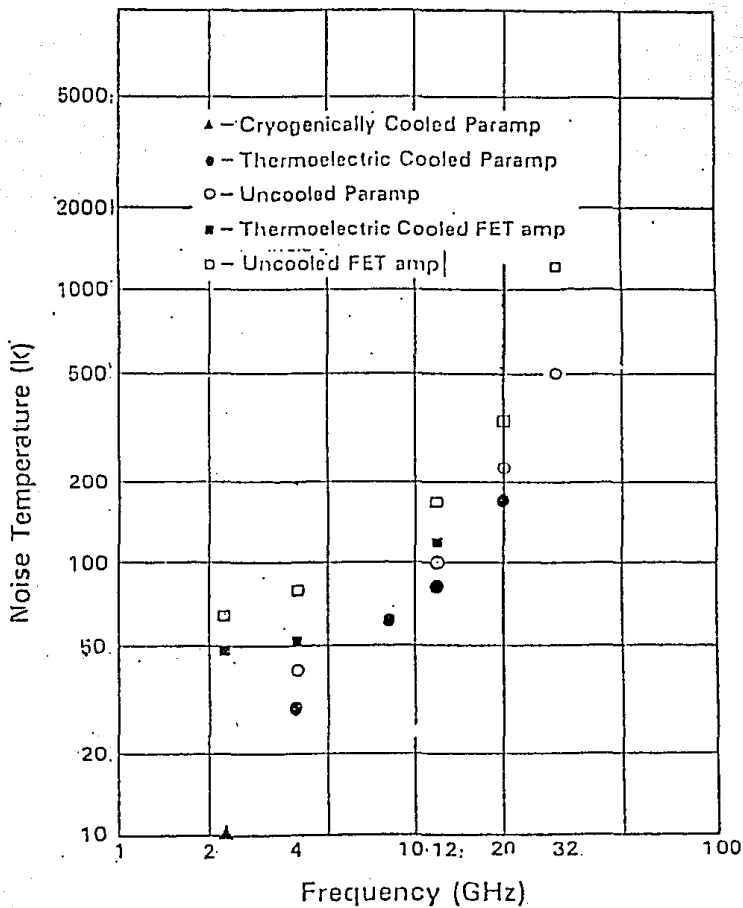


FIGURE 8

En la selección de los preamplificadores, que deben ser de configuración redundante, se debe verificar que estos cuenten con interruptores de RF, filtros, acopladores, placa de montaje y unidad de control.

Es importante considerar la pendiente de la característica de ganancia y su estabilidad. Esta debe estar acorde con la temperatura de ruido.

Además de verificar que la temperatura de ruido esté de acuerdo a la estación, este equipo debe proporcionar valores de temperatura de ruido debidas a contribuciones del interruptor de entrada, del acoplador y del filtro de rechazo de transmisión, ya que atenuaciones adicionales de aproximadamente 1 dB pueden significar un aumento del orden de  $20^{\circ}$  en la temperatura de ruido efectiva.

#### d) Equipo de comunicación de tierra (GCE)

Este subsistema comprende todo el equipo entre el LNA y el equipo múltiplex, o entre el HPA y el múltiplex; es decir, el convertidor de subida y de bajada, el modulador y el demodulador y los filtros de FI. El subsistema GCE incluye el transmisor de TV en FM, el equipo FDM-FM para telefonía, y el

equipo SCPC-FM o SCPC-PSK que es empleado para la transmisión de señales de voz, datos, telegrafía o difusión de señales de radio.

#### Características operacionales del equipo SCPC-FM:

- . Excelente calidad en la transmisión de voz, datos y telegrafía.
- . Ahorro de la potencia del satélite a través de la operación de portadoras activadas por voz.
- . Accesibilidad máxima de 1.500 portadoras dentro de un transpondedor de 36 MHz con una separación mínima entre portadoras de 22.5 KHz.
- . Flexibilidad en el cambio de los parámetros de transmisión para varias aplicaciones del sistema.
- . Posibilidad de operar con el sistema DAMA con un equipo de control DAMA por separado.

#### Aplicaciones:

- . Redes de telecomunicaciones comerciales regional y doméstico con pequeños o medianos requerimientos de tráfico.
- . Comunicaciones entre suscriptores de áreas remotas.
- . Líneas de comunicaciones para áreas de desastre.

- . Redes privadas de telecomunicaciones, como por ejemplo: telemetría o enlaces de computadoras para datos.
- . Servicios específicos como noticias, transmisión de mapas, servicio de telecarta, servicio médico (rayos X, electrocardiogramas, etc.) o reservaciones de viajes.

#### Modos de comunicación:

##### . Telefonía

La terminal SCPC-FM proporciona transmisión de voz de alta calidad a través de un sistema de comunicaciones por satélite de acceso múltiple.

Las comunicaciones de tráfico poco denso pueden realizarse a través de un margen estrecho del espectro de frecuencias. Pueden ser proporcionados varios tipos de convertidores de señales, y opcionalmente, permitir a la terminal SCPC-FM operar como interfase con sistemas terrestres existentes.

##### . Datos

Cada unidad de canal puede manejar datos a velocidades por arriba de los 9.6 Kbps con una relación de error de bit (BER) mejor a  $10^{-6}$  y hacer posible la extensión de redes de datos



existentes. Una función opcional de inhabilitador de tono puede ser integrado en el supresor de eco para permitir la transmisión alternada de voz/datos a través de un sólo canal.

#### . Teletipo

Cada unidad de canal en la terminal puede operar en transmisión, indistintamente, un número requerido de circuitos de VFTG (Voice frequency telegraph) a una velocidad de 50 ó 100 bauds, o un circuito duplex en concordancia con las recomendaciones F.60 y F.62 del CCITT. Esta capacidad de transmisión combinada, de voz y VFTG, es particularmente usual para servicios de ingeniería entre estaciones terrenas.

Actualmente, en la construcción del equipo SCPC se utilizan los dispositivos L<sub>2</sub>/LSI los cuales contribuyen drásticamente a la reducción en el consumo de potencia y el tamaño del equipo.

En el equipo SCPC-PSK para voz modo preasignado, las portadoras de los canales son asignados por la estación y son mantenidos (aún cuando la activación de voz sea empleada), esto simplifica el equipo porque no hay necesidad de tener un asignador de frecuencia automático, además para el aumento de tráfico se pueden agregar unidades de canal al equipo SCPC.

En caso de tratarse de un sistema domestico, se pueden manejar datos a baja velocidad como 4.6 y 9.6 Kbps en los equipos SCPC-FM, SCPC ADPCM/PSK, los cuales son usados en el Sistema de Satélites Morelos.

Las ventajas del sistema SCPC se pueden apreciar en la Figura 9.

#### e) Equipo terminal

Este subsistema puede comprender el equipo terminal de multicanalización telefónica o el equipo terminal de televisión para la señal de video; y el equipo para la señal de televisión asociada con audio, dependiendo del modo de transmisión:

##### .Equipo terminal de multicanalización telefónica

Este equipo consiste de amplificadores de voz, trasladadores de grupo y super grupo, fuentes de portadoras, etc. Este equipo es generalmente altamente confiable, así que no se requiere de redundancia.

##### .Equipo terminal de televisión

Consiste del equipo terminal de video, el equipo de audio asociado con televisión y la consola de control de televisión.

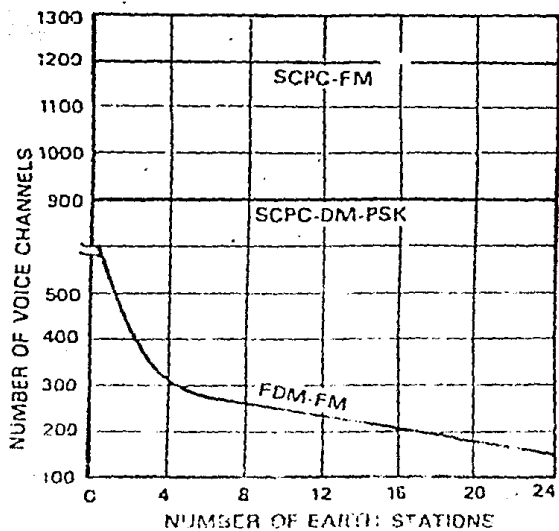


FIGURA 9. Ventajas del sistema SCPC

Además incluye los conversores estandar de televisión que se instalan en muchas estaciones terrenas para cumplir con los requisitos especificados para la transmisión de televisión internacional.

f) Subsistema de control de comunicación

Este subsistema consiste principalmente del equipo de monitoreo y control, cuyas funciones las realiza en forma remota o local o bien ambas, además supervisa casi todas las partes del equipo de la estación como: el reloj de tiempo estandar el cual proporciona el tiempo de referencia para la estación terrena y el equipo de circuito de servicio de ingeniería.

g) Subsistema de potencia

Debido a que los circuitos de comunicación deben operar continuamente, una estación terrena debe contar con una planta de generación de potencia de reserva capaz de dar la carga suficiente al equipo. Ordinariamente se requiere de un sistema de potencia ininterrumpible en AC o en DC así como de una planta motogeneradora. Algunas veces esta motogeneradora deberá operar en estado fijo por lo que un sistema ininterrumpible de potencia opera en lugar de la planta.

## CAPITULO 5

### APROVECHAMIENTO DE LA BANDA KU PARA ZONAS RURALES Y SERVICIOS PRIVADOS

La utilización óptima del Sistema de Satelites Morelos (SSM) para el desarrollo integral de las comunicaciones, consiste en el aprovechamiento de sus posibilidades en cuanto a cobertura integral del territorio nacional con una alta confiabilidad y calidad, consolidando a su vez la infraestructura terrestre de telecomunicaciones existente.

Para esto fue desarrollado una serie de líneas de acción, las cuales estuvieron contempladas en el "Programa de Desarrollo de las Comunicaciones Espaciales 1984-1988".

En cumplimiento de los objetivos trazados para su adquisición, se instalaron estaciones terrenas de transmisión y recepción en las diferentes zonas del país donde existen asentamientos humanos, con el fin de integrarlos a la vida nacional. Así como también en los puestos de abonado de la administración pública y organismos paraestatales con la finalidad de apoyar la desconcentración y descentralización de la vida nacional.

Un adecuado aprovechamiento del SSM podría darse también creando la infraestructura adecuada para transmisión y recepción de servicios públicos de telefonía en beneficio del desarrollo de

las actividades sociales, productivas y de distribución del país; así como también facilitar la prestación de servicios de comunicación colectiva a través de estaciones terrenas con servicios de televisión educativa y de entrenamiento, principalmente en zonas rurales.

Se inició en 1984 el "Plan Piloto de Estaciones Terrenas en Banda Ku"; proyecto que comprendía una red piloto de estaciones terrenas en ésta banda destinadas en un principio a telefonía rural y difusión de televisión.

Para la ubicación de éstas estaciones se realizó un estudio con el objeto de identificar el margen de atenuación por lluvia en diferentes regiones del país. El resultado fue de siete regiones climatológicas: (Ver Figura 10)

- I. NOR OCCIDENTE
- II. NORTE CENTRO
- III. GOLFO NORTE
- IV. CENTRO
- V. PACIFICO CENTRO
- VI. ITSMO
- VII. YUCATAN

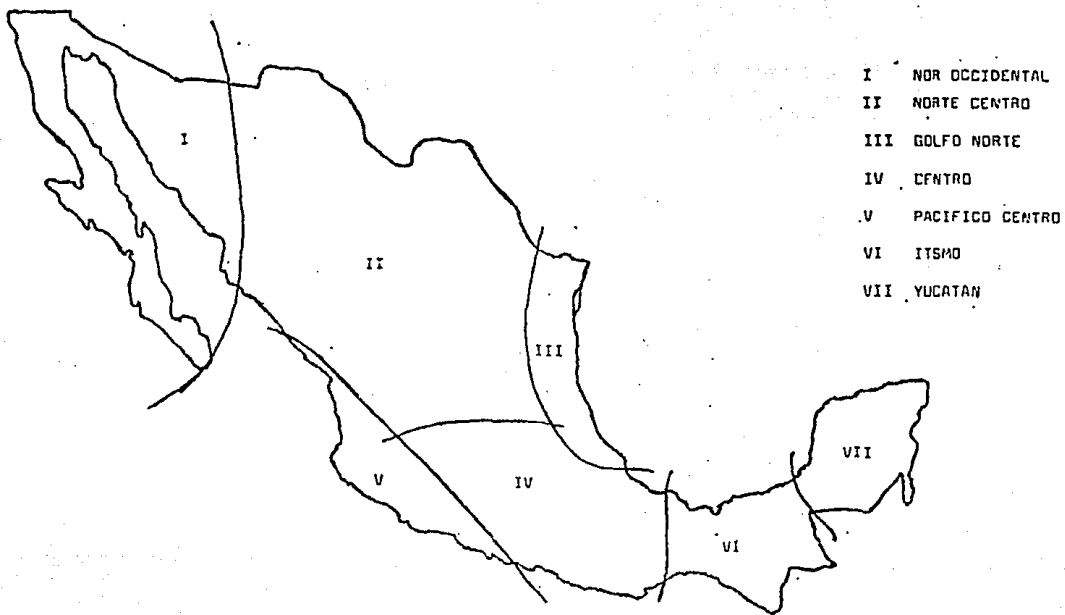


FIGURA 10



Las zonas rurales que fueron favorecidas con la instalación de estaciones terrenas debían contar con: un mínimo de habitantes, poblaciones cercanas para extender los servicios, suministro de energía eléctrica, caminos de acceso, limitación para recibir televisión en la zona, y además carecer de servicio telefónico.

De acuerdo a este programa, se tendría una capacidad inicial de dos circuitos telefónicos (uno para servicio público y el otro para servicio entre estaciones) y recepción de dos canales de televisión, ambas con posibilidad de crecimiento.

Las posibilidades de operación en cuanto a modalidad de acceso, son dos: con frecuencia fija preasignada, para enlazar directamente la estación rural con la estación terrena maestra, haciéndolo a través de una estación terrena periférica urbana que se encuentre en la región; y acceso por demanda, de tal forma que una estación rural pueda enlazarse a cualquier otra sin importar la ubicación geográfica.

### 5.1 Aprovechamiento del Segmento Espacial

Considerando a ambos satélites para su explotación, el Satélite Morelos I considerado como el principal y el Morelos II de

reserva, se tendrá una capacidad de ancho de banda total de ambos satélites de: 24 transpondedores de 32 MHz y 12 de 72 MHz en banda C ambos, y 8 transpondedores de 108 MHz en banda Ku.

La unidad de medida en el segmento espacial es un transpondedor estandar de 36 MHz (considerando ancho de banda y potencia).

En banda Ku se consideran transpondedores dedicados o compartidos con una capacidad de dos canales de televisión o su equivalente.

Para determinar la utilización mas apropiada del segmento espacial en la conducción de señales de televisión, telefonía y otros servicios, se recomienda tomar en cuenta:

- a) La capacidad de demanda de la telefonía pública.
- b) La distribución nacional de televisión.
- c) La posibilidad de cubrir directamente mercados de los países vecinos, por las características de desborde de la frontera geográfica de la señal del sistema Morelos.
- d) La calidad de las señales de video para el caso de distribución. Estará entre 48 y 52 dB al 99.98 % anual de confiabilidad (ver Tabla IID); y 44 dB para el caso de TVRO.

ZONA GEOGRAFICA	CONFIABILIDAD				
	99.99	99.98	99.95	99.90	99.80%
NOR OCCIDENTE	8.4	7.0	5.1	3.4	3.2
NORTE CENTRO	5.6	4.3	2.3	2.0	1.9
GOLFO NORTE	12.8	11.5	9.5	7.8	7.6
CENTRO	9.7	8.3	6.4	4.7	4.5
PACIFICO CENTRO	11.1	9.7	7.8	6.1	5.9
ITSMO	11.1	9.8	7.8	6.1	5.9
YUCATAN	10.4	9.0	7.1	5.4	5.2

TABLA III

e) La calidad de las señales de telefonía, que serán de 30 dB al 99.95 % y 99.80 % en banda Ku, o su equivalente para sistemas digitales.

f) El aspecto de interferencia con la red de microondas, principalmente en la banda de 4 GHz

En consecuencia, el aprovechamiento adecuado del segmento espacial estará en función directa de la distribución óptima de las señales en los diferentes transpondedores de banda C y banda Ku del SSM.

Las señales a cursar a través de los transpondedores son: video comercial, cultural y educativo; telefonía troncal y rural; y otros servicios como transmisión de datos, facsímil, etc.

La distribución de las señales en los transpondedores deben ser de tal forma que se pueda utilizar el equipo existente y su posible ampliación con un menor costo de inversión en áreas urbanas, y requerir de una sola terminal en zonas rurales para recepción de televisión.

La modalidad de transpondedor dedicado para señales que ocupan sólo una parte de su capacidad, que genera la subutilización del ancho de banda, no es recomendable.

El acomodo de señales, por ejemplo, de video comercial y cultural, y telefonía rural en banda Ku, como una forma de aprovechamiento de los transpondedores en la modalidad de dos portadoras por transpondedor tendría sus dificultades. Primero, en cuanto a la posibilidad de expansión de la telefonía rural, ya que las señales de video asignadas, ocuparían la mayor parte del espacio disponible; y segundo, en cuanto a la infraestructura terrestre, debido a que se requerirían antenas con diámetros superiores a los 12,5 m. en zonas urbanas, en la mayoría de las regiones hidrometeorológicas del país, subutilizándose además la infraestructura actual que opera en la banda C debido a que el porcentaje de ocupación en esta banda por el resto de las señales, sería mínimo.

Un similar y desfavorable aprovechamiento se presenta si se enfoca la mayoría del tráfico en la banda Ku. Sólo que en este caso la infraestructura existente tendría un uso intensivo y extensivo.

El aprovechamiento del segmento espacial consiste entonces, en conseguir un balance en cuanto a su explotación en ambas bandas sin dejar al sistema sin capacidad de reserva, y en el ahorro del ancho de banda total, aumentando en lo posible flexibilidad

para cursar otros servicios en cualquiera de ellas. Esta optimización se da a su vez, para el caso de banda Ku, de acuerdo a la modalidad de explotación a manejar (transpondedor dedicado o compartido).

## 5.2 Demanda de Servicios

El uso de los satélites se ha convertido actualmente en elemento clave de la política gubernamental de modernización económica, la reconversión industrial, la captación de divisas y como base del sistema de difusión masiva (radio y televisión) vigente.

El Sistema de Satélites Morelos ha sido aprovechado por empresas que tienen la capacidad no sólo de alquilar un canal o transpondedor, sino de instalar su estación terrena.

Actualmente los servicios demandados que están siendo cursados vía SSM, son:

- . Video comercial
- . Telefonía troncal
- . Telefonía rural
- . Video ocasional

- . Teleaudición
- . Telefonía privada
- . Redes independientes de datos

Dada la demanda estimada, estos servicios se verán ampliados; otros servicios a cursar son:

- . Video recurrente
- . Video educativo
- . Video regional
- . Red federal SCT

Los cuatro canales de la banda Ku del Morelos I, destinado fundamentalmente para servicio de datos, tienen una participación directa de entidades estatales, medios de comunicación, bancos, aseguradoras, entidades educativas y casas de Bolsa.

La proyección de redes independientes con acceso al satélite son los siguientes:

- . Bancomer
- . Comermex
- . Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey

- . Inverlat
- . Operadora de Polsa
- . Televisa
- . Cementos Mexicanos
- . Telégrafos Nacionales
- . U.N.A.M.
- . S.E.P

La telefonía pública que opera TELMEX ha sido estimada por la empresa, considerando el crecimiento de los circuitos telefónicos, para operar 20 transpondedores estandar en banda C; en cambio, la telefonía rural se estima llegue a operar el equivalente de dos transpondedores estandar. Por otro lado, el servicio de teleaudición tiene una alta probabilidad de demanda para acceder el satélite.

#### 5.2.1 Servicios en banda Ku proporcionados por el Sistema de Satélites Morelos

- . Telefonía rural
- . Televisión educativa
- . Redes independientes de datos



**Telefonía rural**

S. C. T.

FDMA (SCPC/PSK)

**Televisión educativa**

S. E. P.

FM-FDMA

**Redes independientes de datos**

1) El Nacional

2) BANAMEX:

FDMA-CSCPC/PSK

- . México, D.F. .
- . Hermosillo, Son.
- . Guadalajara, Jal.
- . Monterrey, N.L.
- . Veracruz, Ver.
- . León, Gto.

3) Red SENEAM\*

Voz

Datos

(\*) Servicios Especiales a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano.

Datos a través de las estaciones terrenas del plan piloto de telefonía rural:

. México-La Paz. B.C.S.	ISSTE
. México-Guadalajara. Jal.	Televisa
. México-Guadalajara. Jal.	CPE
. México-Guadalajara. Jal.	Carnet
. México-Tuxtla Gtz., Chis.	Seguros de Mexico
. México-Tuxtla Gtz., Chis.	2p/CPE

#### 5.2.2 Plan de tráfico por transpondedor

Los servicios cursados en forma regular, ocasional y recurrente, tienen una asignación adecuada a la capacidad del satélite tanto en banda C como en banda Ku.

La explotación del segmento espacial está concentrado actualmente en transpondedores de banda angosta.

La banda Ku es asignada para cursar telefonía rural, video educativo y redes independientes.

Podrían plantearse varias opciones de planes de tráfico apegados, en mayor o menor grado, a la presión de

aprovechamiento máximo del segmento espacial, en particular de la banda Ku.

De acuerdo a las características de planeación de tráfico, la explotación se lleva a cabo considerando lo siguiente:

Los canales de video regional pueden ser cursados en transpondedores de banda amplia, con ancho de banda asignado de 18 MHz. Este servicio será del tipo recurrente, por lo que la porción del segmento asignado puede comportarse según la demanda en tiempo.

La asignación de video educativo es con ancho de banda de 36 MHz en banda Ku.

La transmisión de video del Hospital Infantil será recurrente en banda C, asignándose un ancho de banda de 30 MHz.

De los canales de telefonía troncal se cursarán aquellos que la empresa demande; en caso de una mayor demanda se utilizará el segmento que quede en reserva.

La asignación de canales para telefonía rural depende de la proporción de la instalación de estaciones urbanas y rurales en las diferentes localidades.

### 5.3 Infraestructura

En cumplimiento a lo trazado en el Plan Piloto de Estaciones Terrenas en Banda Ku, la infraestructura consta de una estación central maestra (para el servicio de telefonía rural), 8 estaciones urbanas y 18 estaciones rurales.

La estación terrena maestra, ubicada en la ciudad de México, proporciona servicio de transmisión de voz, datos y televisión, y recepción de voz y datos.

Las estaciones terrenas urbanas, por su parte, transmiten voz y datos; y reciben voz, datos y televisión.

Las estaciones terrenas rurales enlazadas a las E/T urbanas, operan voz en transmisión y recepción.

#### E/T urbana

- 1.- Guadalajara, Jal.
- 2.- Monterrey, N.L.
- 3.- Cd. Victoria, Tamps.

#### E/T rural

- Rosa Blanca, Nayarit  
Las Tapias, Sinaloa
- Esmeralda, Coahuila
- Miquihuana, Tamps.

aprovechamiento máximo del segmento espacial, en particular de la banda Ku.

De acuerdo a las características de planeación de tráfico, la explotación se lleva a cabo considerando lo siguiente:

- Los canales de video regional pueden ser cursados en transpondedores de banda amplia, con ancho de banda asignado de 18 MHz. Este servicio será del tipo recurrente, por lo que la porción del segmento asignado puede comportarse según la demanda en tiempo.

- La asignación de video educativo es con ancho de banda de 36 MHz en banda Ku.

La transmisión de video del Hospital Infantil será recurrente en banda C, asignándose un ancho de banda de 30 MHz.

- De los canales de telefonía troncal se cursarán aquellos que la empresa demande; en caso de una mayor demanda se utilizará el segmento que quede en reserva.

- La asignación de canales para telefonía rural depende de la proporción de la instalación de estaciones urbanas y rurales en las diferentes localidades.

Por su parte, la S.E.P. ha proyectado instalar 470 estaciones terrenas de las cuales, se encuentran en operación 400 trabajando con TVRO (sólo recepción de televisión).

Actualmente, de las 10 estaciones terrenas para recepción, con retransmisión de microondas, cinco están instaladas.

Conforme a las reformas a la Ley General de Vías de Comunicación, producidas en 1987, el Estado otorga a particulares la posibilidad de instalar y operar estaciones terrenas para la conducción de su propia información transmitida por satélite. Es así que, hasta diciembre de 1988, de 100 E/T: 35 pertenecían a casas de Bolsa, 15 al Tecnológico de Monterrey, 9 a Seguros America.

Probrusa posee 15 E/T, Inverlat 10 y Operadora de Bolsa 4 al igual que Multivalores, mientras que Vector posee 2.

Para 1994 estarán en operación 800 E/T, según estimaciones de la SCT.

## **CAPITULO 6**

### **CONCLUSIONES Y COMENTARIOS**

El desarrollo de las comunicaciones via satélite, es consecuencia del avance de la tecnología. De ahí que, existe una diversidad de sistemas de satélites con tecnologías y aplicaciones múltiples.

En la planificación de sistemas de comunicaciones via satélite, se considera la totalidad de los componentes, es decir: los segmentos espacial y terrestre; además de otros parámetros que intervienen en la propagación de la señal.

La selección apropiada de las técnicas de modulación, depende de las características propias de cada caso concreto, como son: tipo de servicio y tecnología de equipo.

Las más recomendables son:

. FDM/FM/FDMA

. un sólo canal por portadora SCPC:

MIC/PDM o FM

. TDM/FM/TDMA

. CDMA



La técnica de modulación digital ofrece ventajas de: mayor aprovechamiento de banda, inmunidad de la señal al ruido, y disminución de su debilitamiento y distorsión.

Los parámetros generales que se consideran en el cálculo del enlace para los casos de TV, Telefonía Multicanal y aplicación SCPC-analógico y digital, son: posición geográfica y datos de las estaciones terrenas a enlazar, datos del satélite para los dos puntos del enlace, la frecuencia de operación y márgenes de lluvia, y parámetros de la señal a transmitir.

La selección de equipo de estación terrena para un adecuado funcionamiento del sistema, debe ser muy cuidadosa, por ejemplo: la antena debe contar con una ganancia y diagramas de patrón de radiación de eficiencia máxima e interferencia mínima. Además, debe poseer facilidades de rastreo, precisión del reflector y subreflector, y excelente tolerancia de superficie, entre otros. Para E/T de pequeña capacidad, son convenientes las antenas de 3 m. de diámetro tipo reflector.

El HPA debe ser proporcional a la magnitud del sistema. Así, cuando se requieren potencias del orden de 40 w a 1 Kw, se emplean TWT; y Klystrons, cuando la demanda de potencia es del orden de 1 a 3 Kw. Para obtener potencias menores a 10 w son recomendables los dispositivos semiconductores.

Por su parte, la elección del LNA depende principalmente, de las ventajas de los niveles de temperatura de ruido.

Los tipos de LNA que se emplean en las estaciones terrenas para enlaces a 11 GHz son los paramétricos y FET.

Las características de un amplificador paramétrico son:

- . Baja temperatura de ruido
- . Alta confiabilidad
- . Alta confiabilidad del varactor
- . Fácil instalación
- . Medida pequeña y peso grande
- . Fácil transportación

Las características de un amplificador de efecto de campo (FET), son:

- . Tamaño pequeño y poco peso
- . Fácil mantenimiento
- . Rendimiento eléctrico similar a los amplificadores paramétricos
- . Características de RF superiores a los amplificadores a transistor bipolar

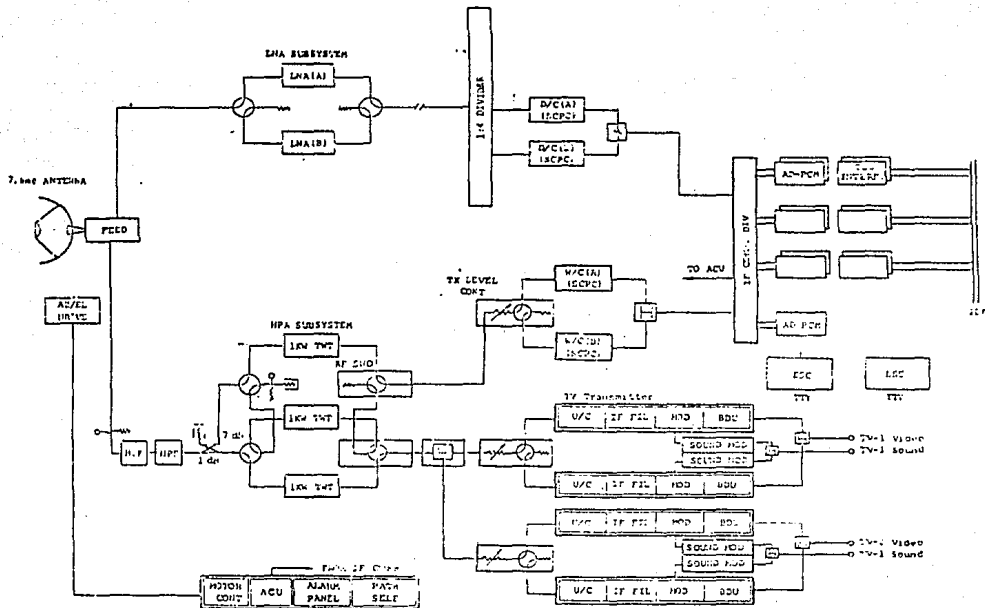
Por sus características operacionales ventajosas, el equipo SCPC-FM o SCPC-PSK, es recomendable para aplicaciones comerciales regional o doméstico con pequeños o medianos requerimientos de tráfico, como: telemetría, enlaces de computadoras para datos, etc.

Finalmente, en la selección de equipo de E/T, y para garantizar la continuidad del funcionamiento del sistema, se debe contar con una planta generadora de energía de reserva.

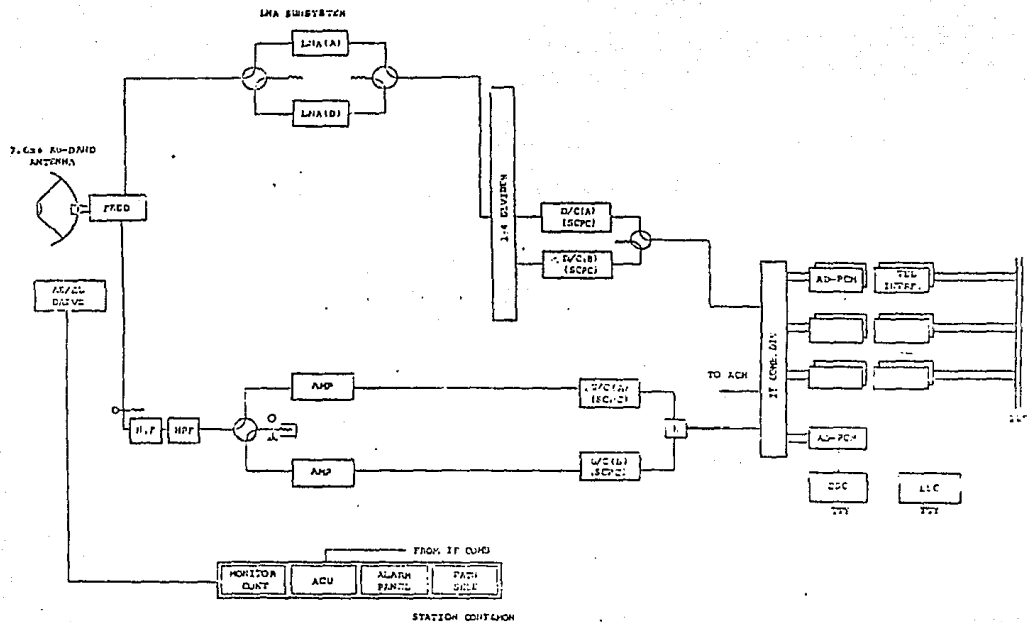
El segmento espacial, por su parte, requiere también de un cuidadoso análisis. Es así que, su explotación se da en el contexto de la planificación general. Así pues, se considera: la capacidad disponible total del sistema espacial, la demanda de servicios y la infraestructura terrestre.

Conforme el programa de trabajo de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (CCT) para este año, en mayo próximo se pondrá en operación el satélite Morelos II.

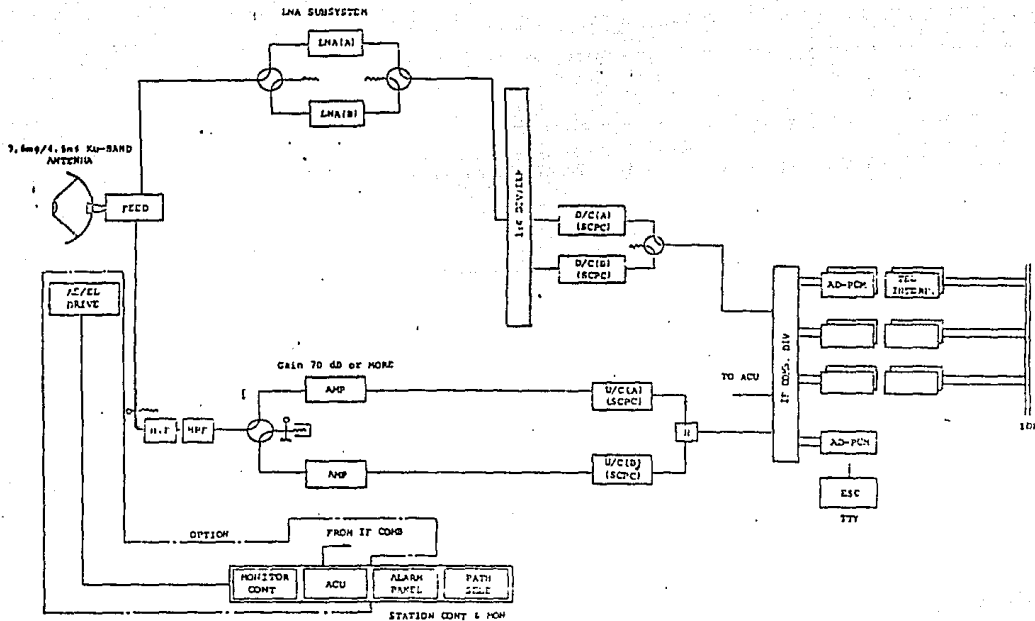
ANEXOS



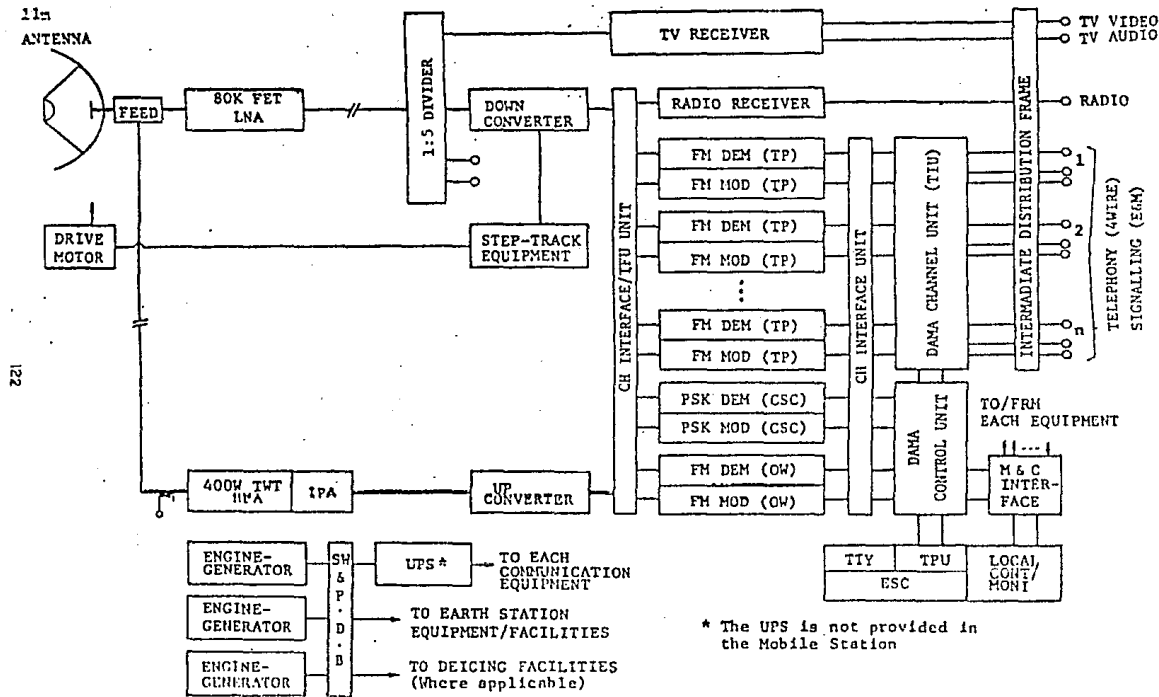
Block Diagram of Master Earth Station  
in PILOT PLAN Network System



Block Diagram of Urban Earth Station  
in PILOT PLAN Network System

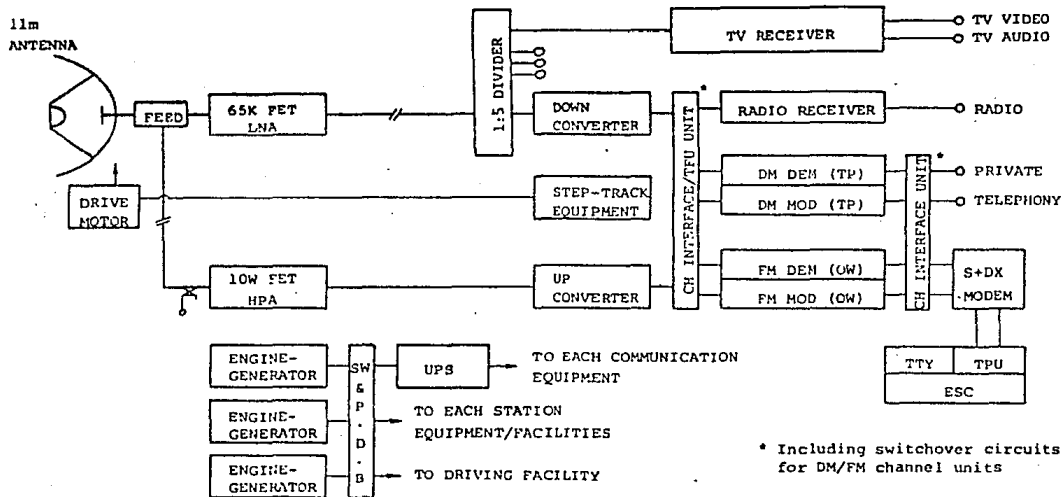


Block Diagram of Rural Earth Station  
in PILOT PLAN Network System



Functional Block Diagram of Remote (1) & Mobile Station





Functional Block Diagram of Remote (2) Station

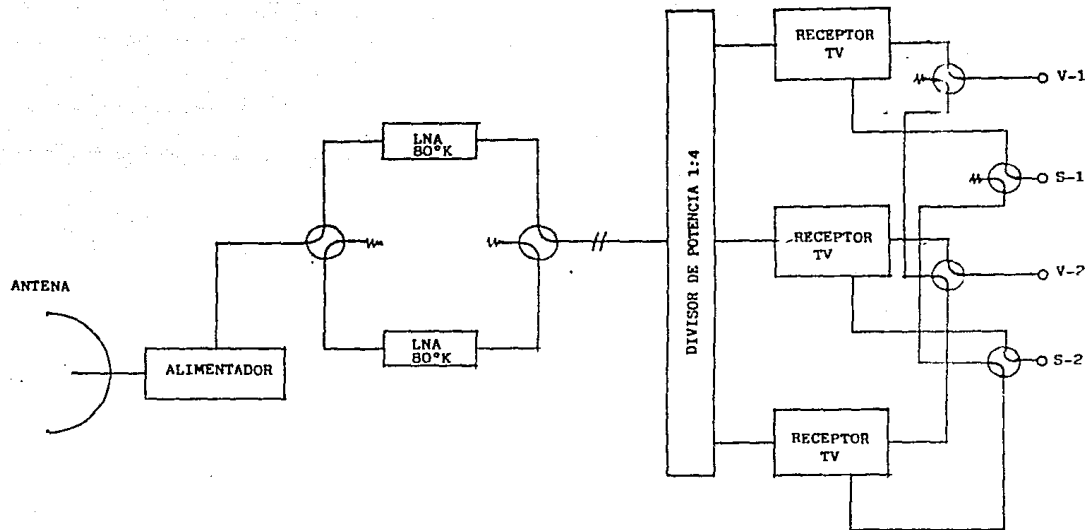
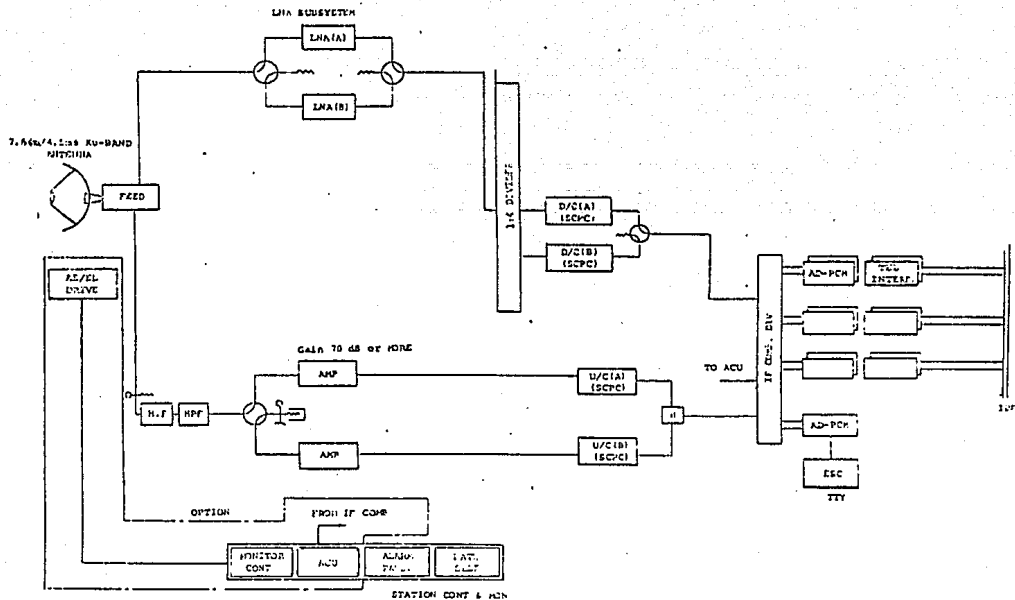


DIAGRAMA DE BLOQUES PARA UNA E.T. TVRO





Block Diagram of Earth Station  
in SENEAM Network System

# NEC

## Ku-BAND EARTH STATION ANTENNAS (5.5m, 6.4m, 7.6m, 9.2m) - Cassegrain Types

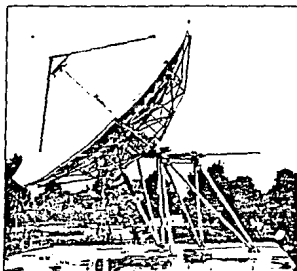
NEC antennas are designed to realize the highest levels of operational performance and reliability. The antennas comprise all the necessary factors for easy maintainability and high reliability resulting from the many years of experience. The accuracy of the cassegrain configurations and reflector surfaces is optimized for Ku-band applications.

### FEATURES


- Sophisticated RF and Mechanical Design Optimization
- Single/Dual Linear Polarization Feed
- High Durability and Reliability
  - Steel Structure and Mount:  
Hot Dip Galvanized
  - Reflector:  
Anti-Corrosive Aluminum Alloy with White Diffusive Paint
- Quick and Easy Installation
  - Minimized Foundation Requirements
  - Simple Structure Configuration

### OPTIONS

- Frequency Re-use Feed (4-port)
- Automatic Rain Deflecting Blower
- Deicing Device
- Birds Guard



7.6M ANTENNA



## TECHNICAL DESCRIPTION

The antenna is designed to operate in both the transmit and receive for Ku-band application.

The antenna is of cassegrain configuration using a shaped reflector technique and a corrugated conical horn to optimize the receive gain to noise ratio and the sidelobe performance.

The antenna is of an AZ-EL mount type and has two screw-jacks with AC motors drive on the azimuth and elevation axis, respectively.

Electrical drive system for step tracking operation is a standard feature for all of four antenna systems.

The antenna structure consists of four sections: Main reflector, back up structure, mount structure and drive mechanisms. To ease transportation, the main reflector is segmented into a number of reflector panels. Each panel is made of aluminum skins, stretch-formed by the so-called Androforming method and reinforcing frames to increase the panel's rigidity (Note: It is technologically accepted that Androforming is one of the best methods to produce and accurately shaped reflector panel from such hard materials as stainless steel alloy and hard aluminum alloy). The reflector panels are mounted on the radial trusses with adjusting bolts. No permanent deformation occurs when the panel is subjected to survival wind load, or when personnel wearing soft bottom shoes walks on the reflector (300 pounds per shoe allowable).

The back up structure is composed of a center hub which is located in the rear center of main reflector, truss members installed radiately around the center hub, and subreflector support.

The center hub is a cylindrical steel structure which accommodates LNA and composite feed. The greater part of the truss members is fabricated from steel pipes. The center hub and the truss members are mechanically satisfying to maintain high surface accuracy in the operating conditions.

The truss members are designed so that they can be divided into suitable sizes for transportation, assembly and dismantling, and are bolted together by high strength friction grip bolts.

The back up structure is pre-assembled and aligned in the plant to measure the location of the mount bases for reflector panels. It is easily reassembled and aligned during the installation work at site.

The mount structure, which is a simple steel space frame, is fixed onto a simple concrete foundation with anchor bolts. The mount structure is sufficiently rigid to allow the antenna to withstand winds exceeding 56 m/s with the reflector at any operating angle.

Drive mechanisms are installed on each axis. This system incorporates screw jacks, drive motors and manual handles. The electrical drive is capable of moving the antenna at rates of up to 0.02 degree per second. Two hand cranks are provided for manually positioning the antenna, one for elevation and the other for azimuth. Disable interlocks are provided to prevent the electrical drive system from being energized during manual handling.

The basic materials of the back up structure and the mount structure is carbon steel which conforms to the ASTM standards or equivalent. The main reflector panels are made of aluminum alloy which has high corrosion resistance. Main structural connections are made by using hot dip galvanized high strength friction grip bolts which conform to ASTM A-325 or equivalent.

The antenna feed system consists of a shaped subreflector, a corrugated conical horn, a orthomode transducer and transmit reject filter. The cassegrain geometry has the shaped subreflector at the focus of the main reflector. The shaped profiles of both the subreflector and the main reflector have been designed to obtain the best sidelobe performance and optimum G/T and gain.

The corrugated conical horn based on hybrid mode principle is used as the primary radiator. It radiates an axially symmetrical beam with negligibly low sidelobes that contribute to the high efficiency and low noise temperature performance of the entire antenna system. To prevent the ingress of dust and rain, the aperture is covered with a feedome, made from a glass reinforced teflon sheet. The feedome allows dry air pressurization below a maximum safety pressure of 30 g/cm<sup>2</sup>.

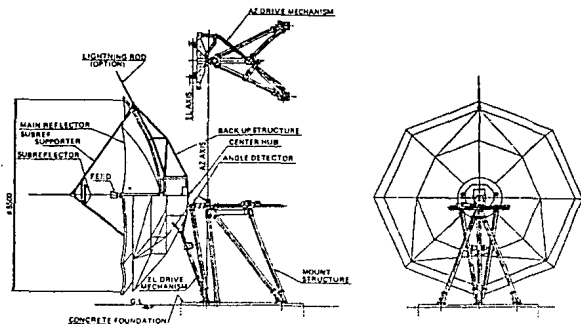
The orthomode transducer (OMT) accepts both receive and transmit signals (which are orthogonally polarized) and passes them to the LNA and common circular waveguide respectively. To minimize transmitter's interferences in the receiver, a transmit reject filter is connected at the receiving port.

## OPTIONS

- Frequency Re-use Feed (4-port)
- Automatic Rain Deflecting Blower

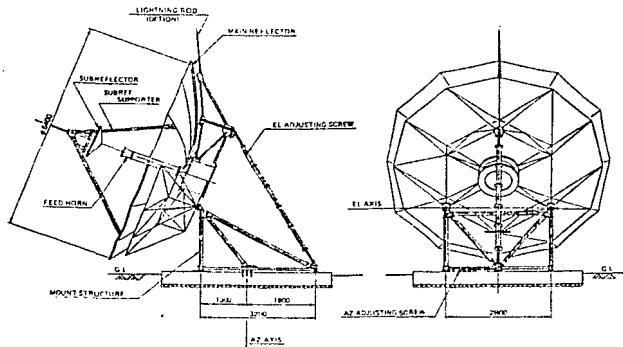
The rain deflecting blower can be provided to prevent water film from forming on the feed horn aperture and minimizes antenna gain degradation at the presence of rain. The blower is automatically operational in the presence of rain. The nozzle of the blower is located just above the feed horn to deflect the rain effectively.

- Deicing Device
- Birds Guard
- Special Alignment Tools

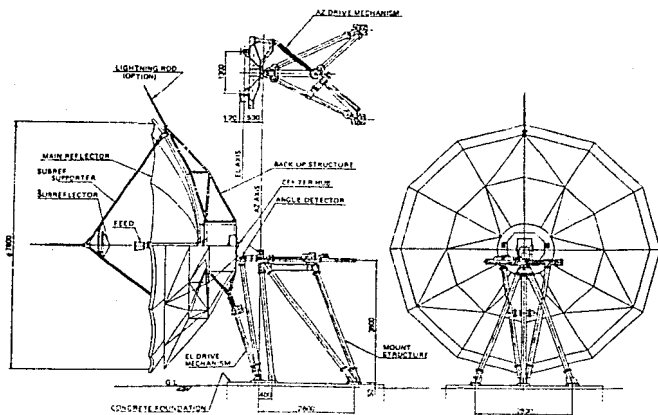


5.5M CASSEGRAIN ANTENNA

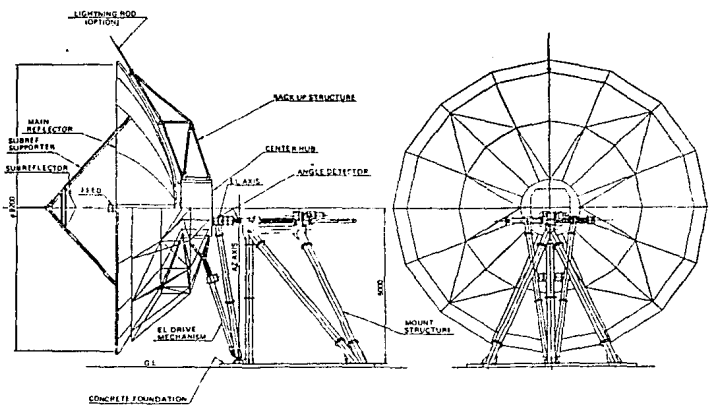




6.4M CASSEGRAIN ANTENNA



7.6M CASSEGRAIN ANTENNA



9.2M CASSEGRAIN ANTENNA

## TECHNICAL SPECIFICATIONS

### • Electrical Performance

	<u>5.5m</u>	<u>6.4m</u>	<u>7.6m</u>	<u>9.2m</u>
<b>Operating Frequencies</b>				
Transmit	14.0 ~ 14.5 GHz			
Receive	10.95 ~ 11.7 GHz or 11.7 ~ 12.2 GHz or 12.25 ~ 12.75 GHz			
<b>Antenna Gain (Two Port Feed; Typical)</b>				
Transmit (14.25 GHz)	56.4 dB	57.8 dB	59.2 dB	60.6 dB
Receive (11.2 GHz)	54.6 dB	55.9 dB	57.4 dB	58.8 dB
(11.95 GHz)	55.1 dB	56.4 dB	57.9 dB	59.2 dB
(12.5 GHz)	55.4 dB	56.8 dB	58.2 dB	59.6 dB
<b>Noise Temperature (Two Port Feed)</b>				
10° Elevation	60 K	60 K	63 K	63 K
25° Elevation	43 K	43 K	50 K	50 K
<b>Polarization</b>			Linear, Transmit/Receive Orthogonal	
Polarization Adjustment	±90°, Manual			
Cross Polarization Discrimination	35 dB (minimum)			
Transmit - Receive Isolation (14.0 ~ 14.5 GHz)	85 dB			
VSWR	1.3 : 1 (maximum)			
Sidelobe Pattern (Transmit) CCIR Rec. 580				
1° ≤ θ ≤ 20°	29 - 25 log θ (dBi)			
20° ≤ θ ≤ 48°	32 - 25 log θ (dBi)			
48° ≤ θ	-10 (dBi)			
Power Handling Capability	2 kW CW			
Tracking	Manual/Step Tracking			

● Mechanical Performance

	5.5m	6.4m	7.6m	9.2m
Mount Type	Elevation over azimuth			
Sky Coverage EL:	0° to 90°	15° to 90° with 20° continuous fine adjustment	0° to 90°	0° to 90°
AZ:	±90° with 120° continuous fine adjustment	±110° with 10° continuous fine adjustment	±90° with 120° continuous fine adjustment	±90° with 120° continuous fine adjustment
Drive Mechanism	Screw jack with AC motor			
Operational Wind	up to 13 m/s (30 mph) gusting 20 m/s (45 mph)			
Survival Wind	56 m/s (125 mph)			
Operating Temperature	-25°C to +50°C			
Total Weight (Net)	approx. 3000 kg	approx. 2600 kg	approx. 4000 kg	approx. 6000 kg
Overall (Including Packing Material)				
Weight	approx. 4600 kg	approx. 3900 kg	approx. 6000 kg	approx. 9000 kg
Volumes	40 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	56 m <sup>3</sup>	70 m <sup>3</sup>

EQUIPMENT LIST

● Antenna Structure	1 set
● Reflector Panels	1 set
● Antenna Feed	1 set
● Dehydrator	1 set

ANTENNA DRIVING SYSTEM

● Antenna Control Unit with Motor Control Unit	1 set
● Beacon Receiver for Auto Tracking (option)	1 set
● AC Motor	1 set
● Angle Detectors	1 set
● Auto-Transformer for AC 3φ Primary Power	1 set

**NEC** NEC Corporation

NEC Building  
33-1, Shinjuku 5-chome Minato-ku,  
Tokyo 105, Japan  
Tel: Tokyo 454-1111  
Cable Address: NEC TOKYO  
Telex Address: NEC TOKYO 22685

NEC Yokohama Plant

4025, Rebe-cho, Midori-ku  
Yokohama 226, Japan  
Tel: Yokohama (045) 932-1111  
Cable Address: NEC YOKOHAMA  
Telex Address: J47725 YOKNEC

134

Cat. No. ANT-KU 005A  
12/85  
Printed in Japan

**NEC**

## **Ku-BAND EARTH STATION ANTENNAS (1.8m, 2.4m, 3.0m, 3.6m, 4.5m) -Prime Focus Types**

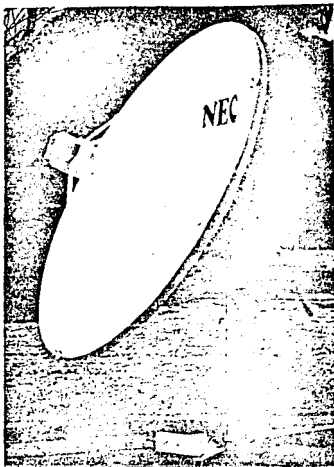
NEC Antennas are designed to realize the highest levels of operational performance and reliability. The antennas comprise all the necessary factors for easy maintainability and high reliability resulting from the many years of experience. The accuracy of the prime focus configurations and reflector surfaces is optimized for ku-band applications.

### FEATURES


- Sophisticated RF and Mechanical Design Optimization
- High Durability and Reliability
  - Steel Structure and Mount:  
Hot Dip Galvanized
  - Reflector:  
Anti-Corrosive Aluminum with High-Urethane Paint
- Quick and Easy Installation
  - Minimized Foundation Requirements
  - Simple Structure Configurations

### OPTIONS

- Dehydrator
- Deicing Device
- Lightning Protection
- Birds Guards



1.8M ANTENNA



## TECHNICAL DESCRIPTION

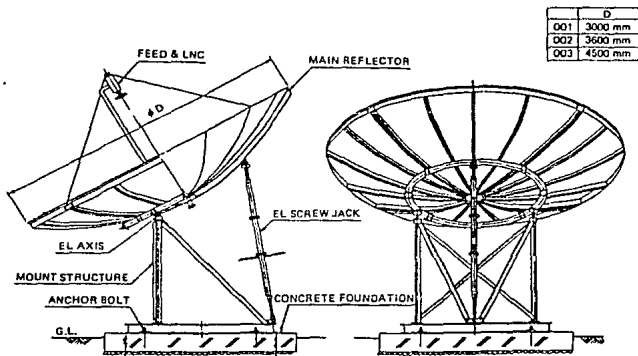
The antenna structure consists of three sections : Main reflector, backup ring and mount structure.

To ease transportation, the main reflectors of large antennas (larger than 3m) are segmented into a number of panels. Each reflector panel is made of aluminum skins, stretch-formed by Androforming method and reinforcing frames to increase the panel's rigidity. (Note: It is technologically accepted that Androforming is one of the best methods to produce an accurately shaped reflector panel from hard materials such as stainless steel alloy and hard aluminum.) The reflector panels are mounted on the back up ring with bolts. No permanent deformation occurs when the panel is subjected to survival wind load, or when personnel wearing soft soled shoes walk on the reflector (300 pounds per shoe allowable).

The reflector back up ring is made from a tubular or angle shape steel and supports the main reflector panels. This design provides an extremely rigid, light space structure capable of withstanding gravity and wind load deflections.

The mount structure, which is composed of a rolled steel ring, simple tubular steel and angle shape steel space frame, is mounted to a simple concrete foundation with clamps and anchor bolts to allow rotation about azimuth axis.

The elevation adjusting mechanism is connected between the back up ring and the rear leg of the mount structure. The reflector back up ring is connected to the support structure via two bearings spaced vertically, to allow rotation about the elevation axis.

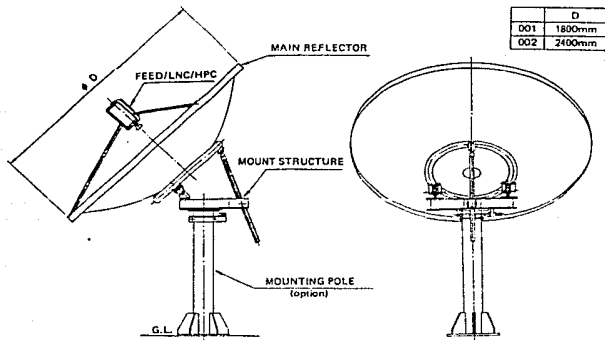


3.0/3.6/4.5M PRIME FOCUS ANTENNA

The feed has a beam-shaping scalar feed on the reflector focus. In the case of single polarization operation, a low noise converter (LNC) is connected directly to the feed.

To minimize transmitter's interferences in the receiver, a transmit reject filter is connected at the receiving port.

**Note:** The antenna mount structure is suitable for both ground and building's roof installation. Preparation for installation (i.e., foundation design or roof structure modification) can also be designed on request.



1.8/2.4M PRIME FOCUS ANTENNA



## TECHNICAL SPECIFICATIONS

	1.8m	2.4m	3.0m	3.6m	4.5m
<b>Operating Frequency</b>					
Transmit	14.0 ~ 14.5 GHz				
Receive	10.95 ~ 11.7 GHz or 11.7 ~ 12.2 GHz or 12.25 ~ 12.75 GHz				
<b>Antenna Gain (Typical)</b>					
Transmit (14.25 GHz)	46.9 dB	49.3 dB	51.2 dB	52.8 dB	54.8 dB
Receive (11.2 GHz)	44.4 dB	46.9 dB	48.8 dB	50.4 dB	52.4 dB
(11.95 GHz)	45.0 dB	47.5 dB	49.3 dB	51.0 dB	52.9 dB
(12.5 GHz)	45.4 dB	47.9 dB	49.8 dB	51.4 dB	53.3 dB
<b>Noise Temperature</b>					
10° Elevation	56 K	55 K	54 K	54 K	54 K
25° Elevation	42 K	41 K	39 K	39 K	39 K
<b>Polarization</b>					
Polarization Adjustment	Linear, Transmit/Receive Orthogonal ±90°, Manual				
Cross Polarization Discrimination	35 dB (minimum)				
<b>Transmit-Receive Isolation (14.0 ~ 14.5 GHz)</b>					
	85 dB (minimum)				
<b>VSWR</b>					
	1.3 : 1 (maximum)				
<b>Sidelobe Pattern (Transmit) CCIR Rec. 580</b>					
1° ≤ θ ≤ 20°	29 - 25 log θ (dBi)				
20° ≤ θ ≤ 48°	32 - 25 log θ (dBi)				
48° ≤ θ	-10 (dBi)				
<b>Power Handling Capability</b>					
	2 kW CW				
<b>Tracking</b>					
	Manual Tracking				
<b>Wind Resistance</b>					
Operational	20 m/s (45 mph)				
Survival	50 m/s (125 mph)				
Operating Temperature Range	-25° to +50°C				
Humidity	0 to 100%				
Flange Type	WR-75				
Total Weight (Net)	140 kg	250 kg	440 kg	650 kg	800 kg
<b>Overall (Including Packing Material)</b>					
Weight	300 kg	500 kg	750 kg	1,100 kg	1,350 kg
Volume	4 m <sup>3</sup>	6 m <sup>3</sup>	7 m <sup>3</sup>	12 m <sup>3</sup>	19 m <sup>3</sup>

### EQUIPMENT LIST

- Antenna Structure 1 set
- Reflector Panel(s) 1 set
- Antenna Feed (2-port) 1 set

### OPTIONS

- Dehydrator

The dehydrator system is that of a pressurized system. It automatically and continuously supplies dried, compressed air and keeps a certain pressure on the primary feed and transmit waveguide run. This prevents the ingress of rain and water condensation inside the feed assembly, and ensures that the interior of feed assembly remains dry. The dew point of the desiccant is lower than  $-35^{\circ}\text{C}$  with input air condition of  $35^{\circ}\text{C}$ , 98% relative humidity.

- Deicing Device
- Lightning Protection
- Birds Guards
- Anchor Bolts and Template
- LNA Mount
- Special Alignment Tool (for 4.5m Antenna only)

## **NEC** NEC Corporation

NEC Building  
23-1 Shiba 5-chome Minato-ku  
Tokyo 108 Japan  
Tel: Tokyo 454-1111  
Cable Address: "NEC TOKYO"  
Telex Address: NECTOK 272608

## NEC Yokohama Plant

4035 Aetse-cho Midori-ku  
Yokohama 226 Japan  
Tel: Yokohama (045) 532-1111  
Cable Address: NEC YOKOHAMA  
Telex Address: J47725 YOKNEC

140

Cat. No.  
ANT-Ku-05A 02/86  
Printed in Japan

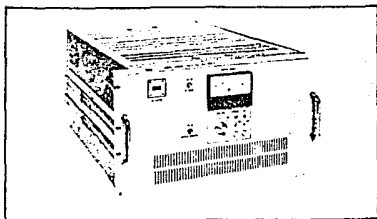
**NEC**

## 14GHz TWT HIGH POWER AMPLIFIERS (15W, 40W, 100W, 200W, 500W)

The high power amplifiers in this power range, are equipped with high gain travelling wave tubes (TWT), a solid state FET intermediate power amplifier (driver amplifier) and solid state power supplies. The utilization of solid state components in all HPA circuits, except the TWT tubes, ensures high reliability, reduced maintenance costs and improved technical performance.

### FEATURES

- o High Gain - More than 70dB
- o High Reliability
- o High Gain Stability
- o Low Power Consumption - Employing Depressed Corrector TWT
- o Automatic Recycle for Prime Power Line Fault.
- o Low In-rush Current - Less than 2 Times Normal Operating Current
- o Compact and Integrating Packaging
- o Reliable High Voltage Power Supply
- o 19 inch Rack Mounting



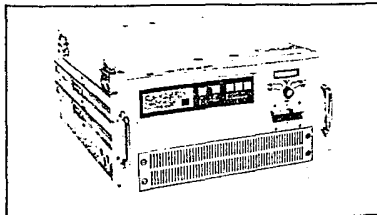
500W TWT HPA      Height:310  
RF UNIT FRONT VIEW      Depth :682

### ENVIRONMENTAL CONDITIONS

- o Ambient Temperature Range : 0° to 55°C
- o Relative Humidity : Up to 95%

### OPTIONS

- o Redundant Configuration
- o Outdoor Configuration



500W TWT HPA      Height:265  
PS UNIT FRONT VIEW      Depth :632

#### TECHNICAL DESCRIPTION

The PA is physically composed of two units; the RF unit and the TWT power supply unit. Each can be integrated within drawer arrangements to facilitate mounting to a 19 inch equipment rack.

The RF unit houses a TWT tube, a solid state FET driver amplifier (IPA) and other necessary RF components. The TWT power supply unit houses the power supplies, protective circuitry and control circuitry. The power supply is designed for continuous operation.

The RF input signal is amplified in two stages, first by the intermediated power amplifier and then by the main TWT amplifier. The total amplification is more than 70dB. To improve the system's VSWR, coaxial isolator and high power circulator are employed at the outputs of the IPA and TWT respectively. A low pass filter is also utilized at the output of the TWT amplifier to reject unwanted harmonics. The RF output signal is passed through a triple directional couple which facilitates VSWR alarm, forward output power metering and PA testing.

Particular attention has been paid to the minimization of energy radiation hazards. Extensive measurements have indicated that such radiation can not be detected even without cabinet enclosures.

#### INTERFACE CONDITIONS

- o Input : Coaxial SMA
- o Output : Waveguide with IEC 154 UBR-120 Flange

ELECTRICAL SPECIFICATION

	15W HPA	40W HPA	100W HPA	200W HPA	500W HPA
Frequency Range	14.0-14.5GHz				
HPA Tube	LD4438	LD4437	LD4447	LD4325C	LD4581A
Output Power (Saturated)	15W	40W	100W	200W	500W
Small Signal Gain	70dB (Minimum)				
Gain Slope	0.05dB/MHz (max) in any 45MHz at 6dB backoff below rated power output				
Gain Ripple	3dBp-p over 500MHz band				
Temperature Compensation	Temperature of the IPA UNIT (FET AMP) is controlled to compensate the gain variation				
Gain Stability	0° to 55°C -10° to 60°C				
Third Order Intermodulation	±0.5dB ±1.0 dB				
Input VSWR	18dB below two equal carriers each having an output power of 6 dB output backoff				
Output VSWR	1.3				
Load VSWR	1.2				
Harmonic Output	Operates into 1.5 load VSWR				
Spurious Output	60dB below rated output power level				
AM to PM Conversion	-60dBW/4kHz				
Group Delay	5°/dB max for a single carrier at 3dB below rated power output				
Power Consumption	Linear component ±0.1ns/MHz; Parabolic: ±0.01ns/MHz; Ripple component: 1.0ns p-p (max)				
Primary Power	150VA	500VA	1200VA	2000VA	4000VA
	AC 240V ±10%				

## ENVIRONMENTAL CONDITIONS

### o General Operational Conditions

Operating Temperature	0° to 55°C
Relative Humidity	Up to 95%, 0 to 30°C Up to 50%, 30 to 55°C
Storage	-30° to 70°C

### o Survival Operational Conditions

Temperature Range	-10° to +60°C
-------------------	---------------

## OPTIONS

### Redundant Configuration (Indoor Application Only)

The redundant configuration employs two HPA units (active and standby units), a switchover circuit (SWO) and DC power supplies. The switching to the standby HPA unit in the case of active HPA units failure, can be performed automatically or manually from local position. Switching over front panel's view (TX path selector panel).

## **NEC** NEC Corporation

NEC Building  
33-1, Shinjuku 4-chome, Nishi-Shinjuku  
Tokyo 168, Japan  
Tel: 03-454-1111  
Cable Address: NEC TOKYO  
Telex Address: NECTOK J22685

## NEC Australia Pty. Ltd.

649-655, Springvale Road  
Mulgrave, Victoria 3170, Australia  
Tel: Melbourne 560-2733  
Surrey 430-4033  
Cable Address: NEC AUSTRALIA  
Telex Address: NECTA0 AA 31009 MELBOURNE

## NEC Yokohama Plant

4035, Aikawa-cho, Minato-ku  
Yokohama 226, Japan  
Tel: Yokohama 734-5171 (1111)  
Cable Address: NEC YOKOHAMA  
Telex Address: J47721 YOKNEC

Cat. No.  
A PA-KU-TWT-07 00/85  
Printed in Japan

# NEC

## 12 GHz FET LOW NOISE CONVERTERS (240K, 200K, 180K)

The uncooled FET low noise converters employ the latest development of highly reliable microwave integrated circuits (MIC's). Special emphasis has been placed on compact configuration, wideband coverage and high reliability.

### FEATURES

- o Uncooled Operation
- o Low Power Consumption
- o Long Life - MTBF of 450,000 hours
- o Simple Installation
- o Compatible with any Type of Antenna
- o High Gain - Minimum Gain 55 dB
- o High Reliability - Maintenance Free
- o Suitable for Outdoor Installation



### ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

- o Operating Conditions
    - Ambient Temperature Range : 0° to 50°C
    - Relative Humidity : Up to 90%
    - Storage : -30° to 60°C
    - Capable of Withstanding Vibration and Shock during Normal Shipping and Handling
  - o Workable Conditions
    - Ambient Temperature Range : -10° to 55°C  
(-30° to 55°C option)
- Dimension : 110x190x60mm  
Weight : 2.5 kg

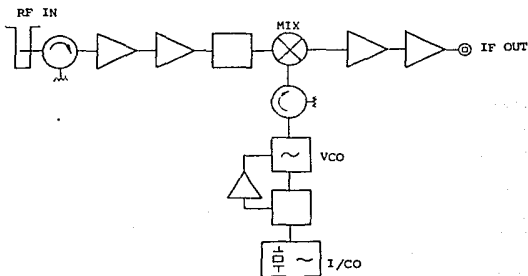
### OPTIONS

- o 1:1 or 2:1 Redundant Configuration
- o Transmit Reject Filter

#### TECHNICAL DESCRIPTION

The low noise converter unit consists of a 12 GHz band GaAs FET low noise amplifier, a down converter, an 11 GHz band local oscillator, a 50 MHz band reference signal oscillator and a power supply. The unit amplifies the 12 GHz band signal from the antenna and converts it to 1 GHz band IF signal. For compact and high reliability design, modulated microwave integrated circuits are employed.

The 12 GHz band low noise amplifier is of four stage amplifier design using GaAs FET. The gain is about 30 dB and the third order intermodulation intercept point is more than 15 dBm. The receive signal amplified by the low noise amplifier is converted into a 1 GHz band IF signal by a down converter using schottky barrier diode. The signal is then amplified by the 1 GHz band IF amplifier. This is the output signal of the low noise converter unit. The gain of the IF amplifier is about 40 dB, and the third order intermodulation intercept point is above 20 dBm. The 11 GHz band local oscillator has the frequency stability of  $1 \times 10^{-6}$ . The functional block diagram of the low noise converter is shown below.



#### INTERFACE CONDITIONS

1. Input (12 GHz) : Waveguide WR-75
2. Output (1 GHz) : 'N' Female Coaxial or 'TNC' Female Coaxial



ELECTRICAL SPECIFICATION

	240K	200K	180K
Frequency Range	IN 10.95-11.7GHz or 11.7-12.2GHz or 12.25-12.75GHz		
	OUT 1.0-1.75GHz or 1.0-1.5GHz or 1.0-1.5 GHz		
Gain (minimum)		55dB	
Noise Temperature at Input Flange (at 25°C)	240K	200K	180K 165K
Input Level at 0.5dB Gain Compression			-60dBm
Maximum Allowable Input Level			-15dBm
Gain Stability (under controlled condition)	+0.1dB (hour); +0.2dB (day); +0.5dB (week)		
Gain Variation	3dBp-p (0° to 50°C)		
Pass Band Ripple	2dBp-p/500MHz or 750MHz; 0.5dBp-p/45MHz		
Gain Slope	0.03dB/MHz		
Input VSWR	1.3 (max)		
Output VSWR	1.3 (max)		
Output Impedance	50ohms		
AH/PH Conversion	Less than 1°/dB for input level up to -65dBm		
Group Delay :			
Linear (ns/MHz)	+0.2 nsec/MHz		
Parabolic (ns/MHz)	+0.05 nsec/MHz <sup>2</sup>		
Ripple (nsp-p/MHz)	2 nsec p-p/45 MHz		
Third Order Intermodulation Products	50dB below level of 2 test carries of -63dBm		
Frequency Stability	Less than +1x10 <sup>-6</sup> /year Less than +5x10 <sup>-7</sup> (at 0° to 50°C)		
Spurious Output	Below thermal noise per 100 kHz bandwidth		
Power Consumption	5W		
Primary Power (unit)	15V DC ±10%		
Primary Power (subsystem)	100-120V AC/200-240V AC		

### OPTIONS

#### o Transmit Reject Filter

This is used to eliminate the unwanted effect of transmit band signal. This unit supplied with NEC antennas. When other manufacturer antennas are used, the application of NEC's transmit reject filter is highly recommended.

#### o Redundant Configuration

The redundant LNC system consists of two identical LNC units, an input waveguide switch and an output coaxial switch mounted on a single plate.

The plate assembly will be mounted on antenna unit, as close as possible to the feed output ports.

All necessary control of the redundant LNC system can be performed from the interface panel which is installed in the equipment rack.

The switches can be controlled in remote, automatic or local mode. Both input and output switches are electrically interlocked.

## **NEC** NEC Corporation

NEC Building  
33-1, Shiba 5-chome Minato-ku  
Tokyo 108 Japan  
Tel: Tokyo 454-1111  
Cable Address: "NEC.TOKYO"  
Telex Address: NECTOKJ22685

## NEC Yokohama Plant

4035, Rube-cho Midori-ku  
Yokohama 228 Japan  
Tel: Yokohama 0451-932-1111  
Cable Address: NEC.YOKOHAMA  
Telex Address: J17925 YOKNEC

14 B

Cat. No. LC-KW-FET-02A

12/85

Printed in Japan

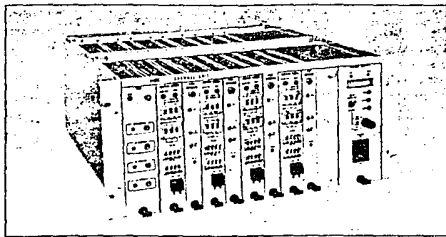
# NEC

## SCPC-ADPCM-PSK TERMINAL

The SCPC-ADPCM-PSK Terminal provides cost-effective and high quality voice communication at half the bandwidth of standard 64 kbps PCM. This SCPC terminal is designed for thin route operation with easy channel expansion.

### FEATURES

- o High quality speech coding capability comparable to that of standard 64 kbps PCM
- o High density packaging design using custom LSIs and HICs
- o Extensive use of LSIs and micro-processors substantially improves the reliability and reduce the power consumption
  - ADPCM CODEC - 1 card (standard)
  - QPSK MODEM - 1 card (standard)
- o Voice activation; Carrier is transmitted only during presence of the voice
- o Voice-band data transmission is available up to 4.8 kbps
- o Frequency synthesizer for complete frequency agility over 36 MHz range centered at 70 MHz in steps of 30 kHz (45 kHz optional)
- o Encryption (Model A4357)
- o DAMA (Demand Assignment Multiple Access) function is available as an option (Model B 2978)



Model A4357

#### SCPC TRANSMISSION TECHNIQUE

One technique for increasing the effective number of channels through a satellite transponder is called Single Channel Per Carrier (SCPC). In this technique each voice channel is modulated directly on a separate RF carrier, which is then offset from other such carriers in a frequency grid that spans the available satellite transponder bandwidth. These frequencies are carefully controlled to allow close, accurate spacing of the individual carriers generated at different stations.

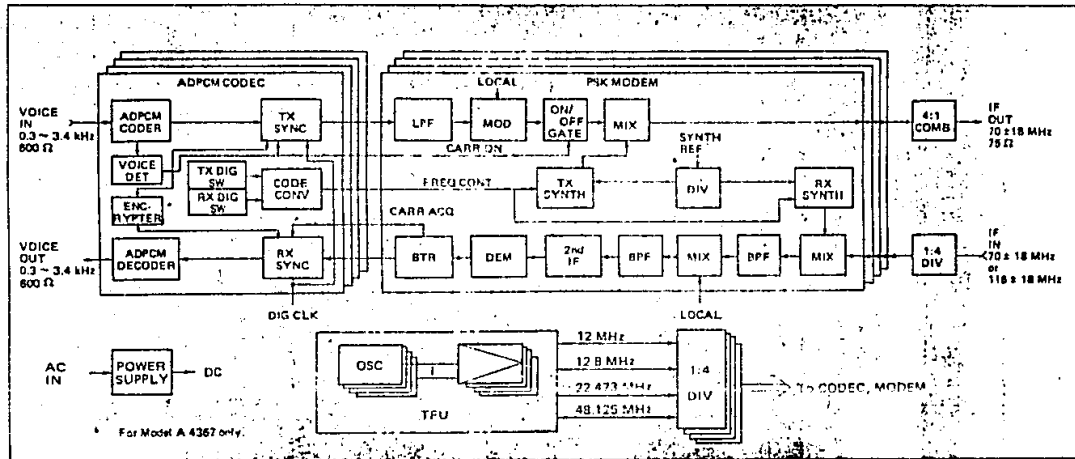
With the SCPC technique, it is possible to spread the communication capacity of a station to several destinations on a channel-by-channel basis. It is possible to increase capacity, one channel at a time, as required. This is made possible by the multipoint nature of the communications satellite, coupled with the independent channel nature of SCPC. These characteristics are very useful for multiple station networks that require light to medium traffic between most or all of the stations, or those that have light traffic initially with an uncertain growth pattern and rate. Ultimately, the SCPC system can provide a very large overall satellite communications capacity.

#### ADPCM

ADPCM stands for Adaptive Prediction Differential Pulse Code Modulation. The ADPCM encoding scheme at 32 kbps is one of the most effective techniques for reproducing toll quality signals. With modest coder complexity, the ADPCM coding schemes can double the existing channel capacity of a standard 64 kbps PCM transmission system. The signal quality for coded ADPCM is equivalent to standard 64 kbps PCM and far better than the AM Modulation. Encryptor, for Model A4357 only, has more than  $10^{22}$  Digital Encryption codes. Nonlinear message transformations generated by one of vast number of key codes ensures enough encryption for ordinary conversation speech.

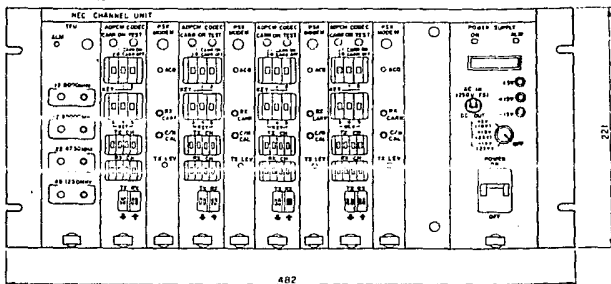
#### PHYSICAL CONSTRUCTION

Single shelf (482 mm in width, 221 mm in height, 490 mm in depth) contains up to 4 channel units, a TFU (Timing Frequency Unit) and a power supply unit.



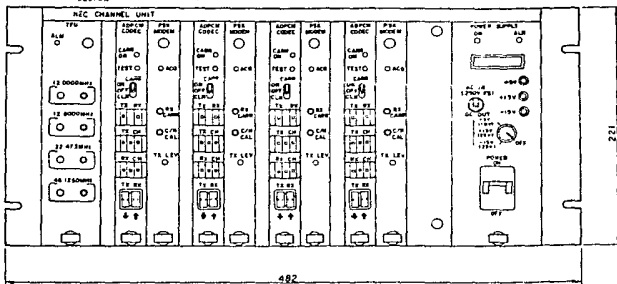
BLOCK DIAGRAM

443578



SHELF CONFIGURATION OF A4357 ADPCM-SCPC CHANNEL UNIT

82978A



SHELF CONFIGURATION OF B2978 ADPCM-SCPC CHANNEL UNIT

## SPECIFICATIONS

### 1) PSK MODULATOR

- o Bit Rate ..... 33.3 kbps
- o Modulation ..... 4 phase PSK
- o Carrier Spacing ..... 30 kHz (45 kHz optional)
- o Output Level ..... -5 dBm/ch. max (at shelf output)
- o Output Frequency ..... 70  $\pm$ 18 MHz
- o Frequency Stability ... Within  $\pm$ 100 Hz

### 2) PSK DEMODULATOR

- o Demodulation ..... Coherent
- o Operation Mode ..... Burst (Voice) or continuous mode (Data)
- o Acquisition Range .....  $\pm$ 1 kHz
- o BER .....  $1 \times 10^{-4}$  at Eb/No = 10.9 dB
- o Input Level ..... -50 dBm/ch. nominal (at shelf input)
- o Input Frequency ..... 70  $\pm$ 18 MHz or 116  $\pm$ 18 MHz

### 3) ADPCM CODEC

- o Transmission Band ..... 300 ~ 3,400 Hz
- o Sampling Rate ..... 8 kHz
- o Bit Rate ..... 32 kHz
- o Voice-band Input Interface
  - Level ..... -16 dBr (min)
  - Impedance ..... 600 ohm balanced
- o Voice-band Output Interface
  - Level ..... +2 dBr (max)
  - Impedance ..... 600 ohm balanced
- o Encryptor (Model A4357)
  - Number of Codes .... more than  $1 \times 10^{22}$

### 4) Interface Condition

- o Input/Output connectors...BNC female for IF Signals  
...Amphenol 36 pin for base band signals

5) Prime Power Requirements

- o AC Power Input 200 to 240V  $\pm 10\%$ , 45 to 66 Hz, single-phase
- o Power Consumption Approx. 92 VA (4 channel equipped)

6) Environmental Conditions

- o Temperature Range 10°C to 40°C (operating)  
-20°C to +70°C (storage)
- o Relative Humidity 95% at 25°C (operating)  
90% at 50°C (storage)
- o Vibration As encountered in nominal transportation  
and handling

Due to continuing design improvements, the specifications and configurations of the equipment are subject to change without notice.

**NEC** NEC Corporation

NEC Building  
333 Shiba 5-chome Minato-ku  
Tokyo 108 Japan  
Tel: Tokyo 454-1111  
Cable Address: "NEC TOKYO"  
Telex Address: NEC TOK J22888

NEC Yokohama Plant

4025 Hebe-cho Atsuta-ku  
Yokohama 228 Japan  
Tel: Yokohama (045) 932-1111  
Cable Address: "NEC YOKOHAMA"  
Telex Address: J4722 YOKNEC

154

Cat. No. GCE-D01C

12/85

Printed in Japan



**NEC**

## **A-SERIES Ku BAND UP/DOWN CONVERTER (SYNTHESIZED)**

### **GENERAL**

To construct a flexible and simple Ku band IF/RF subsystem, NEC has developed a new series of Up/Down Converters with advanced concept and technology. They can offer low loss L band interfacility between modern terminals and RF front end equipment. Moreover, the converters adopt monolithic FET RF amplifiers, monolithic bipolar IF amplifiers as well as thin and thick film Microwave Hybrid Integrated Circuits (MHICs). It offers low power consumption and high reliability. Furthermore, NEC's accumulated experiences on Up/Down Converters production for long years are harmonized in the A-Series Up/Down Converters with the new design concept and the latest design technology. The Up/Down converters' physical sizes have been minimized and their electrical performance, operability and reliability have also been upgraded and optimized.

### **FEATURES**

- Triple conversion scheme provides flexible system integration with the adoption of L band interfacility.
- Triple conversion scheme offers small step (as low as 50 KHz) low phase noise frequency synthesizer.
- Compact Design with monolithic amplifiers (GaAs FET 3 GHz amplifiers and Bipolar 1 GHz amplifiers).
- Digital Control options (RS-449 or HDLC\* interface).
- Low Power Consumption.
- Stochastic Control and Status Display.
- High reliability
- High performance (Low phase noise, Low thermal noise, Low spurious and high linearity.)
- Computerized AGC/AFC operable at Low C/N<sub>0</sub> (Down Converter only)
- High Level Data Link Control

NEC Corporation

## PRODUCTS

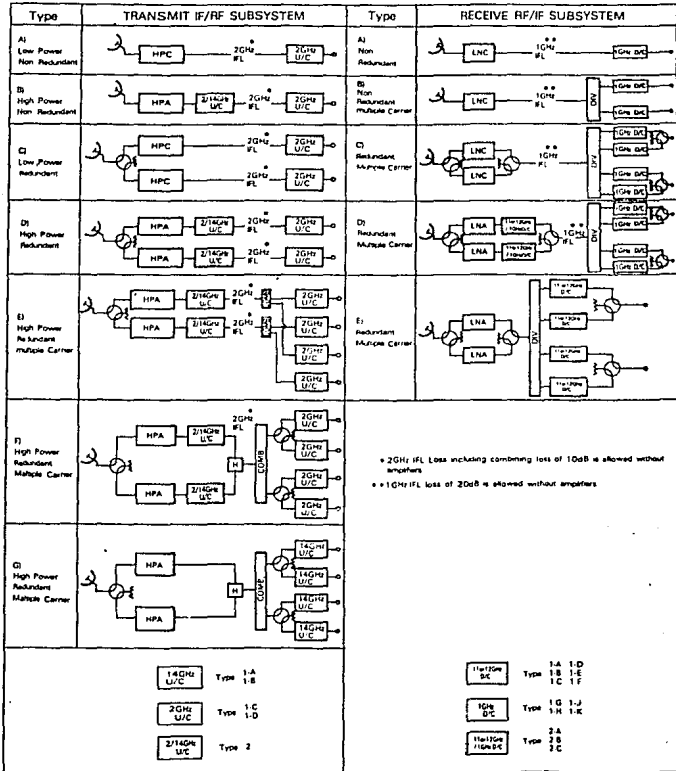
Type	UP CONVERTER	Type	DOWN CONVERTER
1-A	70MHz/14GHz UP CONVERTER	1-A	12.25 to 12.75GHz/70MHz DOWN CONVERTER
1-B	140MHz/14GHz UP CONVERTER	1-B	12.25 to 12.75GHz/140MHz DOWN CONVERTER
1-C	70MHz/ 2GHz UP CONVERTER	1-C	11.7 to 12.2GHz/70MHz DOWN CONVERTER
1-D	140MHz/ 2GHz UP CONVERTER	1-D	11.7 to 12.2GHz/140MHz DOWN CONVERTER
		1-E	10.95 to 11.2, 11.45 to 11.7GHz/70MHz DOWN CONVERTER
		1-F	10.95 to 11.2, 11.45 to 11.7GHz/140MHz DOWN CONVERTER
		1-G	1 to 1.25, 1.5 to 1.75GHz/70MHz DOWN CONVERTER
		1-H	1 to 1.25, 1.5 to 1.75GHz/140MHz DOWN CONVERTER
		1-J	1 to 1.5GHz/70MHz DOWN CONVERTER
		1-K	1 to 1.5GHz/140MHz DOWN CONVERTER
2-A	2GHz/14GHz UP CONVERTER	2-A	12.25 to 12.75GHz/1 to 1.5GHz DOWN CONVERTER
		2-B	11.7 to 12.2GHz/1 to 1.5GHz DOWN CONVERTER
		2-C	10.95 to 11.2, 11.45 to 11.7GHz/1 to 1.25, 1.5 to 1.75GHz DOWN CONVERTER

## OPTIONS

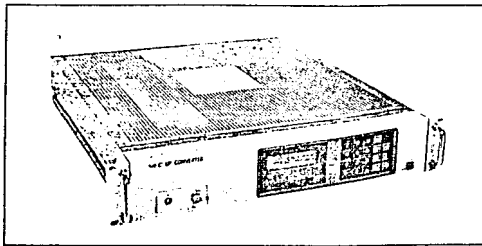
NO.	UP CONVERTER	DOWN CONVERTER
001	Status indication for Non redundant configuration Without option	[NORMAL/MAINT/FAULT] [ON LINE/STD BY/MAINT/FAULT]
002	High frequency stability Without option	( $\pm 2 \times 10^{-9}$ /month) ( $\pm 2 \times 10^{-9}$ /month)
003	Control and monitor external interface	[HDI C]
004	Control and monitor external interface	[RS-449]
010	Frequency tuning step Without option	[83 1/3kHz] [50kHz]
021	_____	Pilot AFC/AGC (fixed pilot frequency)
022	_____	Pilot AFC/AGC (Agile pilot frequency)
031	_____	Output level detector for TDMA
032	_____	Output level detector for FM
155	Internal IF BPF. Least two numbers indicate bandwidth in MHz.	
201	Bias network for supplying +15V primary power for 2/14GHz UP converter.	Bias network for supplying +15V power for 11 or 12GHz/1GHz down converter or LNC
302	AC primary power cable (2m length and USA AC plug)	

## APPLICATION

### Typical IF/RF Subsystem Configuration



## UP CONVERTER



FRONT VIEW OF UP CONVERTER (Type 1-A to 1-D)

### OPERATION

The up converter is functionally classified into 3 models.

- 1) 70 MHz or 140 MHz to 14 GHz Up Converter.
- 2) 70 MHz or 140 MHz to 2 GHz Up Converter.
- 3) 2 GHz to 14 GHz Up Converter.

The 70 MHz or 140 MHz to 14 GHz Up Converter translates the 70 MHz or 140 MHz IF signal into the RF frequency specified in the 14 GHz band by employing triple frequency conversion technique.

The 140 MHz or 70 MHz signal is first applied to an amplitude and group delay equalizer which is provided to minimize the amplitude and group delay distortion. The IF signal is then amplified by the IF amplifier. The amplified signal is mixed with the first local oscillator signal to produce the 800MHz second IF signal, then amplified and filtered before being mixed with the second-synthesized 2 GHz local oscillator signal. 2 GHz signal produced at the output of the second converter is again filtered, amplified before being mixed and converted into a 14 GHz output signal in the third up converter.

The 70 MHz or 140 MHz to 2 GHz Up Converter does not contain third up converter which up converts the 2 GHz third IF to 14 GHz output signal.

The 2 GHz to 14 GHz Up Converter only contains the third up converter and the input 2 GHz IF signal is translated into the 14 GHz output signal.

## TECHNICAL SPECIFICATION

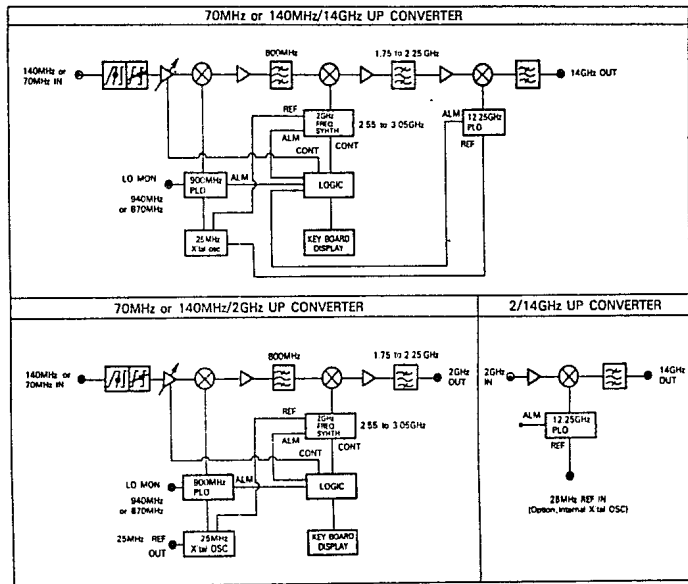
Item	70MHz/14GHz UP CONVERTER 140MHz	70MHz/2GHz UP CONVERTER 140MHz	2/14GHz UP CONVERTER
Input Frequency Range	70 ± 20MHz 140 ± 36MHz	70 ± 20MHz 140 ± 36MHz	1.75 to 2.25GHz
Level	-5 to -50dB (Subject to application)	-5 to -50dB (Subject to application)	-17 to -62dB (Subject to application)
Impedance	75ohms unbalanced BNC Female	75ohms unbalanced BNC Female	50ohms unbalanced N female unbalanced
Return Loss	26dB minimum	26dB minimum	20dB minimum
Output Frequency Range	14 to 14.5GHz	1.75 to 2.25GHz	14 to 14.5GHz
Levels	-7 to -52dB (Subject to application)	-7 to -52dB (Subject to application)	-7 to -52dB (Subject to application)
Impedance	50ohms unbalanced SMA female	50ohms unbalanced N female	50ohms unbalanced SMA female
Return Loss	20dB minimum	20dB minimum	20dB minimum
IF/RF Amplitude Response	±0.2dB at f0 ± 12MHz (70MHz IF) ±0.5dB at f0 ± 20MHz (70MHz IF) ±0.2dB at f0 ± 20MHz (140MHz IF) ±0.5dB at f0 ± 36MHz (140MHz IF) ripple, 0.2dB maximum	±0.2dB at f0 ± 12MHz (70MHz IF) ±0.5dB at f0 ± 20MHz (70MHz IF) ±0.2dB at f0 ± 20MHz (140MHz IF) ±0.5dB at f0 ± 36MHz (140MHz IF) ripple, 0.2dB maximum	1dB p-p
IF/RF Group Delay	±2ns at f0 ± 12MHz (70MHz IF) ±4ns at f0 ± 20MHz (70MHz IF) ±2ns at f0 ± 20MHz (140MHz IF) ±4ns at f0 ± 36MHz (140MHz IF) ripple, 2ns maximum	±2ns at f0 ± 12MHz (70MHz IF) ±4ns at f0 ± 20MHz (70MHz IF) ±2ns at f0 ± 20MHz (140MHz IF) ±4ns at f0 ± 36MHz (140MHz IF) ripple, 2ns maximum	1ns maximum/76MHz
Frequency Sense	Positive (No Spectrum Inversion)	Positive (No Spectrum Inversion)	Positive (No Spectrum Inversion)
Conversion Gain	-2dB nominal	-2dB nominal	10dB
Intermodulation Third order Intercept level	+5dBm minimum	+8dBm minimum	+8dBm minimum
Gain Compression: 1dB	-1dBm minimum	+2dBm minimum	+2dBm minimum
Spurious output at output level -20dBm	-85dBc minimum	-85dBc minimum	-85dBc
NF	30dB maximum	28dB maximum	17dB maximum
Gain Stability	±0.5dB/day, 25°C ± 10°C	±0.5dB/day, 25°C ± 10°C	±0.3dB/day, 25°C ± 10°C
Frequency Synthesizer	50kHz (Option B3 1/3kHz step)	50kHz (Option B3 1/3kHz step)	—
Local Frequency Stability	±2 × 10 <sup>-6</sup> day/yr min/typ ± 7 × 10 <sup>-6</sup> day/yr ± 2 × 10 <sup>-6</sup> to 45°C bias ± 5 × 10 <sup>-6</sup> to 45°C	± 2 × 10 <sup>-6</sup> day/yr min/typ ± 7 × 10 <sup>-6</sup> day/yr ± 2 × 10 <sup>-6</sup> to 45°C bias ± 5 × 10 <sup>-6</sup> to 45°C	depended on reference Oscillator
Phase noise	Frequency Offset: Phase noise 50Hz -53dBc/Hz 100Hz -63dBc/Hz 1kHz -73dBc/Hz 10kHz -83dBc/Hz 100kHz -93dBc/Hz AC fundamental -33dBc all other individual spurious -40dBc	Frequency Offset: Phase noise 50Hz -58dBc/Hz 100Hz -66dBc/Hz 1kHz -75dBc/Hz 10kHz -85dBc/Hz 100kHz -95dBc/Hz AC fundamental -33dBc all other individual spurious -40dBc	Frequency Offset: Phase noise 50Hz -55dBc/Hz 100Hz -66dBc/Hz 1kHz -78dBc/Hz 10kHz -88dBc/Hz 100kHz -98dBc/Hz AC fundamental -33dBc all other individual spurious -40dBc
Primary Power (Voltage) (Frequency)	100 to 127V AC ± 10% or 200 to 254V AC ± 10% 50 to 60Hz ± 3Hz	100 to 127V AC ± 10% or 200 to 254V AC ± 10% 50 to 60Hz ± 3Hz	100 to 127V AC ± 10% or 200 to 254V AC ± 10% 50 to 60Hz ± 3Hz
Power Consumption (Frequency)	100w nominal	90w nominal	10w nominal
Dimension	89.5(H) × 482(W) × 490(D)mm	89.5(H) × 482(W) × 490(D)mm	89.5(H) × 482(W) × 490(D)mm
Weight	14kg	12kg	5kg
Operating Temperature	0 to 45°C	0 to 45°C	0 to 45°C

### INTERFACE CONDITION (Typical Level)

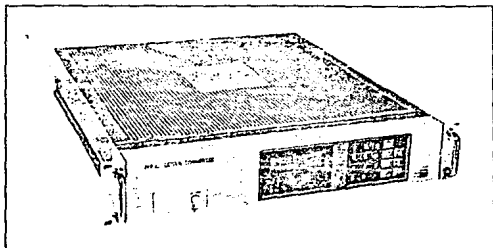
Application	70MHz/14GHz UP CONVERTER		70MHz/20GHz UP CONVERTER		2/14GHz UP CONVERTER	
	Input Level	Output Level	Input Level	Output Level	Input Level	Output Level
INTELSAT STD-E						
64Kbps singlecarrier (minimum level)	-52dBm	-54dBm	-52dBm	-54dBm	-64dBm	-54dBm
2Mbps multicarrier (maximum level)	-23dBm	-25dBm	-23dBm	-25dBm	-35dBm	-25dBm
ECS SMS						
64Kbps singlecarrier (minimum level)	-37dBm	-39dBm	-37dBm	-39dBm	-49dBm	-39dBm
2Mbps multicarrier (maximum level)	-20dBm	-22dBm	-20dBm	-22dBm	-32dBm	-22dBm
FM-TV	- 5dBm	- 7dBm	- 5dBm	- 7dBm	-17dBm	- 7dBm
TDMA	-17dBm	-19dBm	-17dBm	-19dBm	-29dBm	-19dBm
SCPC/FM or ADPCM	-38dBm	-40dBm	-38dBm	-40dBm	-50dBm	-40dBm

### CONTROL AND MONITOR

Item	70MHz/14GHz UP CONVERTER	70MHz/20GHz UP CONVERTER	2/14GHz UP CONVERTER
Control	Transmit Frequency Select Normal/Maintenance	Transmit Frequency Select Normal/Maintenance	
Adjustment	Transmit Frequency fine adjustment Transmit level fine adjustment	Transmit Frequency fine adjustment Transmit level fine adjustment	
Monitor	940 MHz (for 140MHz IF) 870 MHz (for 70MHz IF) Stabilized DC voltage	940MHz (for 140MHz IF) 870 MHz (for 70MHz IF) Stabilized DC voltage	
Remote Control	Transmit Frequency	Transmit Frequency	
Remote Monitor	Transmit Frequency Equipment Status	Transmit Frequency Equipment Status	



## DOWN CONVERTER



FRONT VIEW OF DOWN CONVERTER

### OPERATION

The down converter is functionally classified into 3 models.

- 1) 11 or 12 GHz/70 or 140 MHz Down Converter.
- 2) 1 GHz/70 or 140 MHz Down Converter.
- 3) 11 or 12 GHz/1 GHz Down Converter.

The down converter translates the specified RF frequency signal in the 11 or 12 GHz band into the IF frequency at 140 MHz or 70 MHz, by employing triple frequency down conversion technique.

The RF signal in the 11 or 12 GHz band is first applied to band pass filter. The filtered signal is then mixed with the first local oscillator signal in the first down converter. The down converted 1st IF signal is again filtered, amplified and mixed in the second down converter with the synthesized 1 GHz local oscillator. The 350 MHz signal is again down-converted into the required 140 MHz or 70 MHz IF signal.

The 140 or 70 MHz IF signal is applied to an amplitude and group delay equalizer which is provided to minimize the amplitude and group delay distortion of the equipment. The IF signal is then amplified by the IF amplifier.

AFC/AGC function and output level detectors are available as options.

The 1 GHz/140 or 70 MHz down converter does not contain the first down converter which down converts the 11 or 12 GHz signal into 1 GHz.

On the contrary, the 11 or 12 GHz/1 GHz down converter installs the first down converter.



## TECHNICAL SPECIFICATION

Item	11GHz, 70MHz 12GHz/140MHz DOWN CONVERTER	1GHz, 70MHz 140MHz DOWN CONVERTER	11GHz/14GHz DOWN CONVERTER 12GHz
Input Frequency Range	10.95 to 11.2GHz and 11.45 to 11.7GHz or 11.7 to 12.2GHz or 12.25 to 12.75GHz	1.0 to 1.25GHz and 1.5 to 1.75GHz or 1.0 to 1.5GHz	10.95 to 11.2GHz and 11.45 to 11.7GHz or 11.7 to 12.2GHz or 12.25 to 12.75GHz
Level	-37 to -85dBm (Subject to application)	-37 to -85dBm (Subject to application)	-37 to -85dBm (Subject to application)
Impedance	50ohms unbalanced SMA Female	50ohms unbalanced N female	50ohms unbalanced SMA Female
Return Loss	20dB minimum	20dB minimum	20dB minimum
Output Frequency Range	70 ± 20MHz or 140 ± 30MHz	70 ± 20MHz or 140 ± 30MHz	1.0 to 1.25GHz and 1.5 to 1.75GHz or 1.0 to 1.5GHz
Level	-0 to -37dBm (Subject to application)	-0 to -37dBm (Subject to application)	-17 to -85dBm (Subject to application)
Impedance	75ohms unbalanced BNC female	75ohms unbalanced N female	50ohms unbalanced N female
Return Loss	20dB minimum	20dB minimum	20dB minimum
IF/RF Amplitude Response	±0.2dB at f0 ± 12MHz (70MHz IF) ±0.5dB at f0 ± 20MHz (70MHz IF) ±0.2dB at f0 ± 24MHz (140MHz IF) ±0.5dB at f0 ± 35MHz (140MHz IF) ripple, 0.2dB maximum	±0.2dB at f0 ± 12MHz (70MHz IF) ±0.5dB at f0 ± 20MHz (70MHz IF) ±0.2dB at f0 ± 24MHz (140MHz IF) ±0.5dB at f0 ± 35MHz (140MHz IF) ripple, 0.2dB maximum	1dB p-p maximum
IF/RF Group Delay	±2ns at f0 ± 12MHz (70MHz IF) ±4ns at f0 ± 20MHz (70MHz IF) ±2ns at f0 ± 24MHz (140MHz IF) ±4ns at f0 ± 35MHz (140MHz IF) ripple, 2ns maximum	±2ns at f0 ± 12MHz (70MHz IF) ±4ns at f0 ± 20MHz (70MHz IF) ±2ns at f0 ± 24MHz (140MHz IF) ±4ns at f0 ± 35MHz (140MHz IF) ripple, 2ns maximum	2ns maximum/75MHz
Frequency Sense	Positive (No Spectrum Inversion)	Positive (No Spectrum Inversion)	Positive (No Spectrum Inversion)
Conversion Gain	+30 to +60dB	+30 to +60dB	20dB nominal
Intermodulation Third order Intercept level	+18dBm minimum	+18dBm minimum	+8dBm minimum
Gain compression, 1dB	+10dBm minimum	+10dBm minimum	+0dBm minimum
Image Rejection	80dBc minimum	80dBc minimum	60dBc minimum
NF	17dB maximum	14dB maximum	16dB maximum
Gain Stability	±0.5dB/day 25°C ± 1°C	±0.5dB/day 25°C ± 1°C	±0.3dB/day 25°C ± 1°C
Frequency Synthesizer	60kHz (option 63.1/34kHz step)	50kHz (option 63.1/24kHz step)	—
Local Frequency Stability	±2 × 10 <sup>-9</sup> /month (option ±2 × 10 <sup>-9</sup> /month) ±2 × 10 <sup>-9</sup> /D to 45°C (option ±5 × 10 <sup>-9</sup> /D to 45°C)	±2 × 10 <sup>-9</sup> /month (option ±2 × 10 <sup>-9</sup> /month) ±2 × 10 <sup>-9</sup> /D to 45°C (option ±5 × 10 <sup>-9</sup> /D to 45°C)	±2 × 10 <sup>-9</sup> /month (option ±2 × 10 <sup>-9</sup> /month) ±2 × 10 <sup>-9</sup> /D to 45°C (option ±5 × 10 <sup>-9</sup> /D to 45°C)
Phase noise	Frequency Offset Phase noise 50Hz -53dBc/Hz 100Hz -63dBc/Hz 1kHz -73dBc/Hz 10kHz -83dBc/Hz 100kHz -93dBc/Hz AC fundamental -33dBc all other individual spurious -40dBc	Frequency Offset Phase noise 50Hz -58dBc/Hz 100Hz -65dBc/Hz 1kHz -75dBc/Hz 10kHz -85dBc/Hz 100kHz -95dBc/Hz AC fundamental -33dBc all other individual spurious -40dBc	Frequency Offset Phase noise 50Hz -55dBc/Hz 100Hz -65dBc/Hz 1kHz -78dBc/Hz 10kHz -88dBc/Hz 100kHz -95dBc/Hz AC fundamental -33dBc all other individual spurious -40dBc
Primary Power (Voltage) (Frequency)	100 to 127V AC ± 10% or 200 to 254V AC ± 10% 50 to 60Hz ± 3Hz	100 to 127V AC ± 10% or 200 to 254V AC ± 10% 50 to 60Hz ± 3Hz	100 to 127V AC ± 10% or 200 to 254V AC ± 10% 50 to 60Hz ± 3Hz
Power Consumption	100W nominal	90W nominal	10W nominal
Dimension	89.5(H) × 482(W) × 490(D)mm	89.5(H) × 482(W) × 490(D)mm	89.5(H) × 482(W) × 490(D)mm
Weight	13kg	11kg	5kg
Operating Temperature	0 to 45°C	0 to 45°C	0 to 45°C
AGC Range (Option)	more than 15dB	more than 15dB	—
AFC Range (Option)	more than ±40kHz with C/No > 46dBHz	more than ±40kHz with C/No > 46dBHz	—

INTERFACE CONDITION (Typical Level)

Application	11GHz / 70MHz 12GHz / 140MHz DOWN CONVERTER		1GHz / 70MHz 140MHz DOWN CONVERTER		11GHz / 1GHz DOWN CONVERTER	
	Input Level	Output Level	Input Level	Output Level	Input Level	Output Level
INTELSAT STD-E, ECS SMS 64Kbps single carrier (minimum level)	-80dBm	-44dBm	-80dBm	-44dBm	-80dBm	-60dBm
2Mbps multicarrier (maximum level)	-56dBm	-10dBm	-56dBm	-10dBm	-56dBm	-36dBm
FM-TV FM-TV	-37 to -50dBm	-7dBm	-37 to -60dBm	-7dBm	-37 to -60dBm	-17 to -40dBm
TDMA TDMA	-37 to -60dBm	-7dBm	-37 to -60dBm	-7dBm	-37 to -60dBm	-17 to -40dBm
SCPC/FM or ADPCM	-85 to -85dBm/CH	-35dBm/CH	-85 to -85dBm/CH	-35dBm/CH	-85 to -85dBm/CH	-45 to -65dBm/CH

CONTROL AND MONITOR

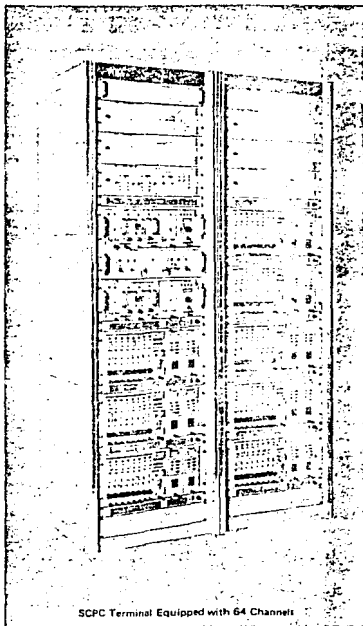
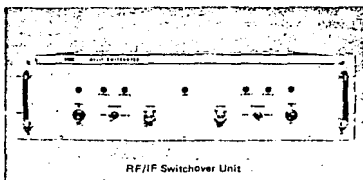
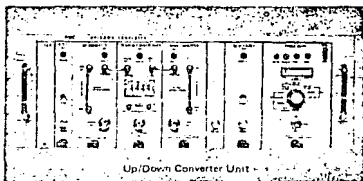
Item	11GHz / 70MHz 12GHz / 140MHz DOWN CONVERTER	1GHz / 70MHz 140MHz DOWN CONVERTER	11GHz / 1GHz DOWN CONVERTER
Control	Receive Frequency Select Normal/Maintenance	Receive Frequency Select Normal/Maintenance	
Adjustment	Receive Frequency fine adjustment Receive Gain fine adjustment	Receive Frequency fine adjustment Receive Gain fine adjustment	
Monitor	490 MHz (for 140MHz IF) 420MHz (for 70MHz IF) Stabilized DC voltages	490 MHz (for 140MHz IF) 420 MHz (for 70MHz IF) Stabilized DC voltages	
Remote Control	Receive Frequency	Receive Frequency	
Remote Monitor	Receive Frequency Equipment Status	Receive Frequency Equipment Status	



The NEC FM-SCPC (frequency-modulation, single-channel-per-carrier) terminal meets all requirements for providing fast, toll-quality, cost-effective telephone and data circuits by satellite. It uses syllabic companded-FM modulation and voice-activated carrier operation and requires minimum satellite bandwidth and EIRP, thus ensuring efficient and reliable service with a simple earth station configuration.

#### APPLICATIONS

- Regional and domestic commercial telecommunications networks with small or medium-size traffic requirements.
- Communications with remote-area subscribers such as offshore oil rigs and distant construction or exploration sites.
- Hot-line communications circuits for disaster areas.
- Private telecommunications networks—i.e., telemetry and maintenance links for unmanned pipeline stations, or computer data links.
- Specific services such as newspaper, drawing and map transmission, mailgram transmission service, medical service (x-ray, electrocardiogram, etc.) or travel reservations.



## COMMUNICATION MODES

### Telephony

The NEC FM-SCPC terminal provides toll-quality voice transmission via a multiple-access satellite communications system.

Up to 1600 voice channel circuits can be transmitted through a single 36 MHz bandwidth satellite transponder with the use of carrier spacing of 22.5 kHz. Thin-route communications can also be provided with the use of available narrow frequency spectrum slots. Various kinds of signaling converters can be provided, as an option, to allow the FM-SCPC terminal to interface with existing terrestrial signaling systems such as CCITT No. 1 or No. 5, R1, R2, and modified R2.

### Data

Each channel unit's ability to handle up to 9.6 kbps data, with a bit error rate of better than  $10^{-6}$ , enables extension of existing terrestrial data networks over a satellite link. An optional tone-disable function can also be integrated in the built-in echo suppressor to permit alternate voice/data transmission through a single channel unit.

### Teletype

Each channel unit in the FM-SCPC terminal can transmit either a required number of VFTG (voice frequency telegraph) circuits at data speed of 50 or 100 bauds, or a speech plus duplex circuit in accordance with CCITT Recommendations. This combined voice and VFTG transmission capability is particularly useful for engineering service circuits between earth stations.

## OPERATIONAL EFFICIENCY

### Noise Improvement by Syllabic Compander

The 2:1 syllabic compander provided in each channel unit is compatible with CCITT Recommendations G162, and improves the S/N of the voice channel as well as eliminates cross talk. S/N can be improved by more than 17 dB for an average-level talker with a receive S/N of around 35 dB.

### Voice-Activated Carrier Operation

The FM-SCPC carrier transmits only when a voice signal is detected at the modulator input. This substantially reduces total satellite power requirement, as the average duration of speech on a voice channel is only 40–50% of normal conversation time.

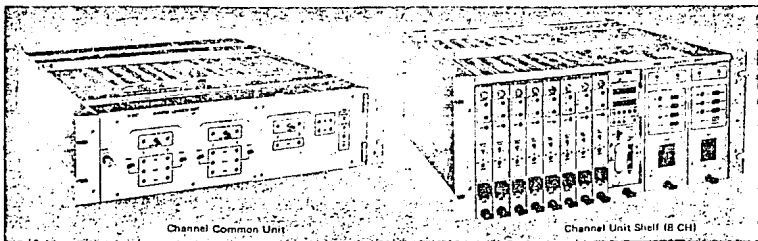
### Threshold Extension Demodulation

A phase-locked type threshold extension demodulator is provided in each channel unit to allow reliable, continuous operation with a low receive carrier-to-noise ratio.

The threshold (1 dB departure from linearity) of the demodulator is at a C/KT of 49 dBHz or less.

### Demand Assignment Multiple Access (Option)

The NEC FM-SCPC terminal utilizes an intelligent control/command system based on the micro-processor technique to increase operational flexibility and to allow the simple integration of a DAMA control system. The NEC DAMA control equipment is designed on a centralized control basis to realize a simple and efficient FM-SCPC DAMA satellite communications system.

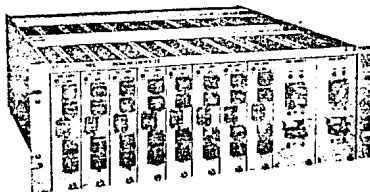


## EQUIPMENT CONFIGURATION

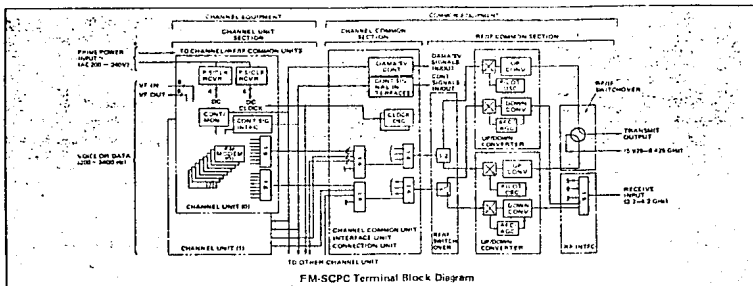
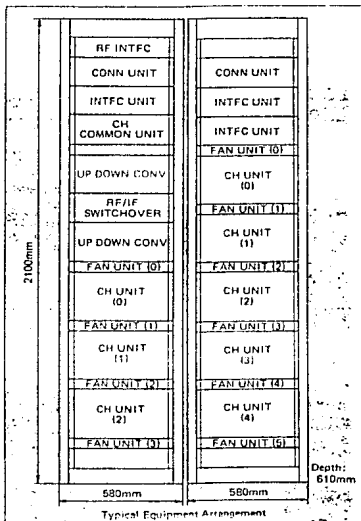
The NEC FM-SCPC terminal contains an up/down converter with receive AFC/AGC circuits and a reference frequency generator; channel unit shelves, with each shelf capable of accommodating 8 channel units, power supplies and control/monitor unit; and associated connection/interface units.

Full utilization of hybrid IC/LSI devices assures reduction of equipment size and power consumption, and boosts operational reliability.

The FM-SCPC terminal can be installed in two different types of bays 1.65 m or 2.1 m high; actual equipment configuration within the bay depends on specific customer requirements.



Out-of-Band/E&M Signaling Converter (32 CH)



FM-SCPC Terminal Block Diagram

## OPERATIONAL FLEXIBILITY AND VERSATILITY

### Independent Selection of Transmit and Receive SCPC Carrier Frequencies

Each channel unit is equipped with separate and independent frequency synthesizers to provide complete SCPC carrier frequency agility. Selection of individual transmit or receive frequencies can be performed by simple operation of an external keyboard connected to the CONT/MON section of each channel shelf, or from the DAMA controller in a DAMA system.

### Selection of Optimum SCPC Carrier Frequency Spacing

The SCPC carrier can be provided at channel spacings of 22.5, 30 or 45 to suit various system applications; other channel spacings can also be provided on request as an option.

Transmission parameters such as frequency deviation and bandwidth are optimized to suit specific individual system configurations.

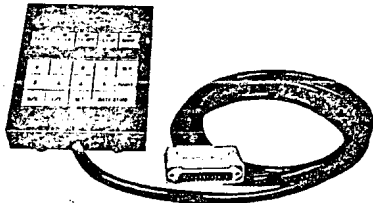
### Simple RF Frequency Alteration

Up/down converters employ double conversion to enable frequency changes by changing oscillator frequency. A frequency synthesizer local oscillator is used for full frequency agility in steps of 250 kHz.

### Individual Echo Suppression in Each Channel Unit

Each channel unit is equipped with an echo suppressor to diminish echoes caused by the satellite link. The performance characteristics of the echo suppressors are fully compliant with CCITT Recommendations G161.

The echo suppressors can be manually or automatically disabled when necessary.



Control Keyboard

## SIMPLE INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE

### Common 70 MHz IF Frequency

In order to simplify loop tests, a common 70 MHz IF frequency is used for the transmit channel unit output and the receive channel unit input. The performances of the SCPC terminal can be assessed and verified through a direct IF loop back test without the need for any additional frequency conversion.

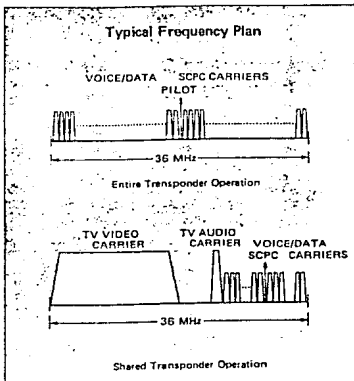
### Self-Contained Channel Unit Shelf

Each channel unit shelf is completely self-contained with the necessary CONT/MON unit and power supply unit to handle up to 8 modem units. This assures great simplicity and flexibility in installing and expanding channel units.

### Simplified Control and Monitoring

The equipment's simplified design helps reduce complicated control and monitoring functions, thus facilitating both operation and maintenance of equipment.

LEDs (light emitting diodes) are used instead of conventional lamps for longer-lasting pilot/display indications.



## PERFORMANCE SPECIFICATIONS

<b>General Characteristics</b>	
Mode of Operation	Frequency modulation single channel per carrier (FM-SCPC) for pre-assigned operation (or as an option, demand-assigned operation)
Frequency Range	Any 36 MHz band in the range of 5.925 to 6.425 GHz for transmit, and 3.7 to 4.2 GHz for receive
Carrier Frequency Selection	Independent transmit and receive selection within a single 36 MHz band
Carrier Frequency Spacing	22.5, 30 or 45 kHz (other spacings available as options)
Transmit Carrier Activation	Voice activated carrier on/off control. First syllable clipping is prevented by a delay technique.
Transmit Carrier Frequency Stability	Within 250 Hz including frequency settability
RF Out-of-Band Emission	
Spurious	Less than 56 dBc in any 4 kHz band within 5.925 to 6.425 GHz range at up converter output
Multicarrier Intermodulation	Better than 40 dB below either of two $-18$ dBm output carriers for $2f_1 - f_2$ products
Antenna Positioning Output	DC output level, proportional to the receive pilot level, is available for antenna autostep tracking
Compandor	CCITT Rec. G162 and G132
Echo Suppressor	CCITT Rec. G161
Deviation Limiting Level	0 to +7 dBm0 adjustable before compressor circuit
Emphasis	265 $\mu$ s, 159 $\mu$ s or 6 dB/oct.
<b>IF Loop-Back Performance</b>	
Frequency Response	
400 to 2800 Hz	$\pm 1.0$ dB
300 to 3400 Hz	+1.0 dB to $-3.0$ dB (Reference freq. 1000 Hz, compandor ON conditions)
Signal-to-Noise Ratio (Typical)	
At High C/No	Less than $-47$ dBm0p, uncompanded
At Operating Point (C/No=55 dBHz)	Less than $-52$ dBm0p, companded
	Less than $-35$ dBm0p, uncompanded
Harmonic Distortion	2% maximum, with any 0 dBm0 tone below 1 kHz and with reduced level of $-12$ dB/oct. above 1 kHz
Crosstalk	Less than $-60$ dBm0, with or without compandor
<b>Interface Characteristics</b>	
<b>Voice Frequency Interface</b>	
Frequency Range	300 to 3400 Hz
Impedance	600 ohms, 4-wire, balanced
Transmit Level	+7 to $-16$ dBm, adjustable in 1 dB step
Receive Level	$-16$ to +7 dBm, adjustable in 1 dB step
Return Loss	More than 20 dB
<b>RF Interface</b>	
Output Frequency	A 36 MHz single band within 5.925 to 6.425 GHz
Output Level	$-30$ dBm/carrier, nominal
Output Impedance	50 ohms, unbalanced
Output Return Loss	Minimum 18 dB
Input Frequency	A 36 MHz single band within 3.7 to 4.2 GHz
Input Level	$-80$ dBm/carrier, nominal
Input Impedance	50 ohms, unbalanced
Input Return Loss	Minimum 18 dB
Input/Output Connectors	N-type coaxial



---

**Prime Power Requirements****AC Power Input**

Voltage	200 to 240 V $\pm$ 10%
Frequency	48 to 440 Hz
Phase	Single-phase
DC Power Input	24 or 48 V $\pm$ 10%, optional

**Power Consumption**

Redundant Basic Bay (24-CH included)	Approx. 1.0 kVA
Channel Bay (40-CH included)	Approx. 1.2 kVA

---

**Environmental Conditions**

Temperature Range	
Operating	0°C to +50°C
Shipping and Storage	-20°C to +70°C
Relative Humidity	
Operating	95% at 25°C
Shipping and Storage	95% at 50°C
Vibration	As encountered in normal transportation and handling

---

Due to continuing design improvements, the specifications and configuration of the equipment are subject to change without notice.

**NEC NEC Corporation**

NEC Building  
23-1, Spota 2-chome, Minato-ku  
Tokyo 108 Japan  
Tel: Tokyo 434-1111  
Cable Address: "NEC" TOKYO  
Telex Address: NECTOK J22686

**NEC Yokohama Plant**

4035, Inepe-cho, Midori-ku  
Yokohama 226 Japan  
Tel: TOKYO, 471 0453 932-1111  
Cable Address: "NEC" YOKOHAMA  
Telex Address: 347725 YOKJEC

171

GCE-A-0110/83

Cal No E42128  
83101001KP  
Printed in Japan

## Ku BAND TVRO EARTH STATION

### FEATURES

- Various antenna sizes corresponding to the system requirements. (1.2-13m)
- 1 GHz IF frequency assures flexible layout and installation.
- Unattended station (option)
- High reliable LNC with 180K GaAs FET amplifier.
- Field proven: Equipment design is rugged and compact.
- Flexible: System expansion is fast and easy.

### ENVIRONMENTAL CONDITIONS

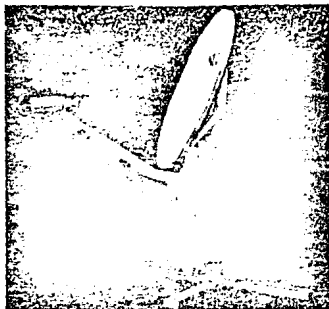
- Wind Resistivity (Standard Installation)  
Normal Operation: 50 mph (Gusting 70 mph)  
Survival: 125 mph
- Temperature Range:  
-30° to +50°C (Outdoor unit)  
0° to +40°C (Indoor unit)
- Power: AC100-120/200-240V,  
50/60Hz

### OVERALL PERFORMANCE

- Frequency range  
10.95 -11.70 GHz or  
11.70 -12.20 GHz or  
12.25 -12.75 GHz or
- G/T (with 180K LNC)  
-1.2 m 17.7dB/K: Prime focus  
-13 m 37.9dB/K: Cassegrain
- IF Cable Length: Up to 30m
- Frequency Ability:  
-8 channel selectable  
within frequency range  
of 0.7 to 1.7 GHz for SMATV  
-250 KHz step frequency  
synthesizer over 1.0-  
1.75 GHz Bandwidth for  
Rebroadcasting
- Terrestrial Interface:  
-Video: 1V p-p nominal  
75 ohm unbalanced  
-Sound: 0 dBm nominal for  
test tone  
600 ohm balanced
- OPTION  
-Common standby receiver (2+1)  
-Baseband switchover for 1+1  
configuration  
-Audio monitor loud speaker module

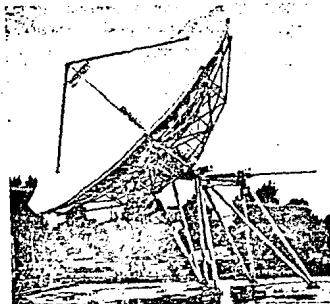
G/T at 11.2GHz/10 deg.  
elevation angle/180K LNC

Prime Focus		
ANT size	ANT gain	G/T
1.2m	41.4 dB	17.7 dB/K
1.8m	44.7 dB	21.0 dB/K
2.4m	47.1 dB	23.4 dB/K
3.0m	49.0 dB	25.3 dB/K
3.6m	50.6 dB	26.9 dB/K
4.5m	52.6 dB	28.9 dB/K

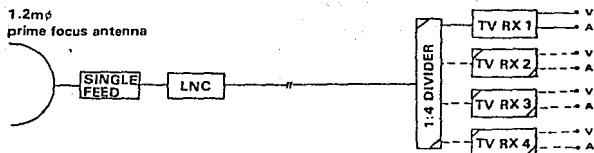


1.2m Antenna

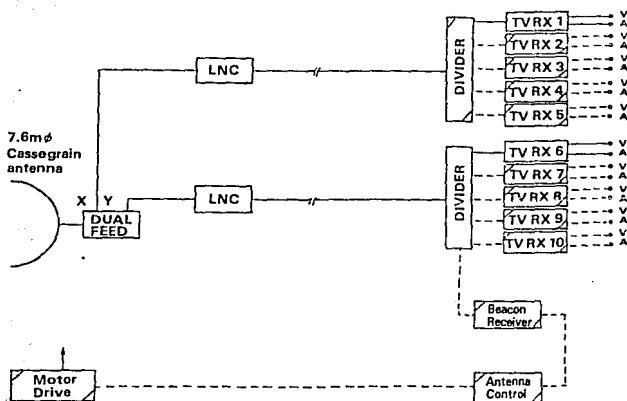
Cassegrain		
ANT size	ANT gain	G/T
3.3m	50.3 dB	26.6 dB/K
4.5m	53.1 dB	29.3 dB/K
5.5m	54.7 dB	30.9 dB/K
6.4m	56.0 dB	32.1 dB/K
7.6m	57.5 dB	33.6 dB/K
11.0m	60.5 dB	36.6 dB/K
13.0m	61.9 dB	37.9 dB/K



7.6m Antenna



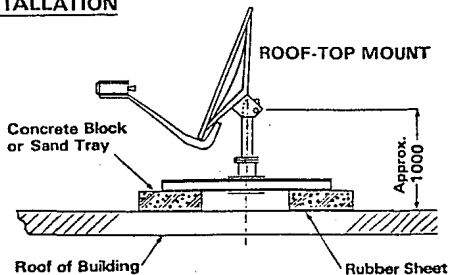
Typical Small TVRO Earth Station



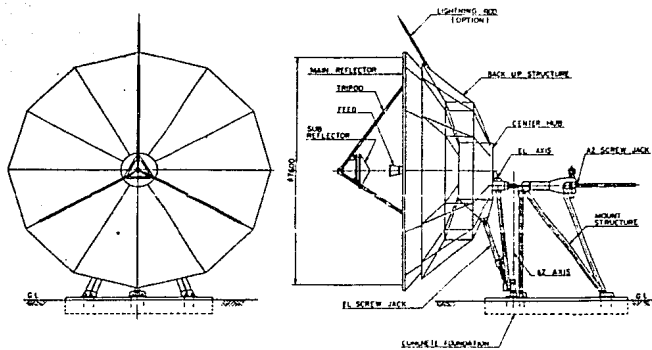
Typical Large TVRO Earth Station

Note:  are option

## TYPICAL INSTALLATION



1.2M PRIME FOCUS ANTENNA



7.6M CASSEGRAIN ANTENNA

**NEC** NEC Corporation

NEC Building  
33-1 Shiba 5-chome Minato-ku  
Tokyo 108, Japan  
Tel: Tokyo 454-1111  
Cable Address: "NEC TOKYO"  
Telex Address: NECTOKJ22686

NEC Yokohama Plant

4035 Iwabe-cho Midori-ku  
Yokohama 22E, Japan  
Tel: Yokohama (045) 932-1111  
Cable Address: NEC YOKOHAMA  
Telex Address: J47725 YOKNEC

175

Cat. No. NSCP-1102

Printed in Japan



## Subsystems

### INTELSAT Standard-A, Standard-C, and EUTELSAT Station Antennas

#### INTELSAT Standard-A Antenna

##### Features

- Convenient Maintenance and Operation  
Beam Waveguide and Wheel-and-Track design facilitates maintenance and operation and allows all equipment to be located in a room of approximately 260m<sup>2</sup> on ground level in the antenna foundation building.
- Simple and Lightweight Structure  
Antenna structure is simple and lightweight, yet ensures high surface accuracy and operating stability.
- High Polarization Discrimination  
High performance beam waveguide primary feed and FS-26 series dual polarization feed provide a voltage axial ratio better than 1.06.
- High Efficiency and Low Noise Temperature  
Shaped Cassegrain configuration offers high efficiency and G/T optimization. Simple configuration of the FS-26 series feed accomplished by the wideband  $\pi/2$  polarizer ensures low insertion loss and low noise temperature performance.
- Low Sidelobes

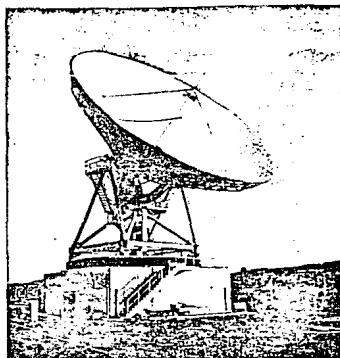
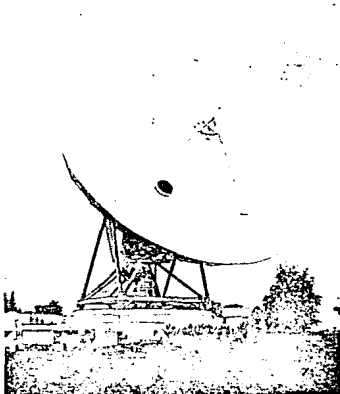
Frequency	Antenna Size	Applications
4/G GHz	32.0m $\phi$ (105 ft) 30.5m $\phi$ (100 ft)	INTELSAT Standard A Earth Station

#### INTELSAT Standard-C Antenna and EUTELSAT Station Antenna

##### Features

- Convenient Maintenance and Operation  
Beam Waveguide and Wheel-and-Track design facilitates maintenance and operation. All equipment can be located in the antenna foundation building, a structure in as little as 130m<sup>2</sup> of floor area.
- Simple, Lightweight Structure  
Structure of the antenna is lightweight and simple, yet surface accuracy is high and operating stability is excellent.
- Excellent Cross-Polarization Characteristics  
A polarization isolation greater than 35 dB over 1 dB beam width ensures high operational quality on dual polarization.
- High Efficiency and Low Sidelobes  
Highly efficient Cassegrain geometry gives an excellent G/T ratio, and meets the sidelobe requirements of the CCIR Recommendations.
- Precision Tracking System  
Use of TE<sub>01</sub> and TM<sub>01</sub> mode couplers for the monopulse tracking system minimizes beam-null shift and provides compatibility with either circular or linear polarized beacon signals.

Frequency	Antenna Size	Applications
11/14 GHz	18m $\phi$ 20m $\phi$	EUTELSAT station and Standard C Earth Station



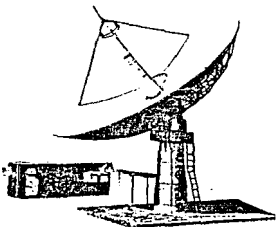
## INTELSAT Standard-B and DOMSAT/Regional Station Antennas

### Features

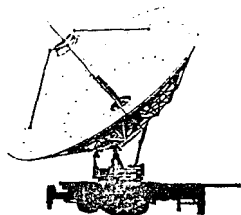
- **High Polarization Discrimination**  
Use of a corrugated conical horn and a wideband  $\pi/2$  polarizer realizes a voltage axial ratio better than 1.06.
- **High Efficiency and Low Noise Temperature**  
Design of the shaped Cassegrain configuration assures G/T optimization.  
A low feed insertion loss accomplished by a wideband  $\pi/2$  polarizer ensures a high efficiency and low noise temperature performance of the system.
- **Low Sidelobes**
- **Fully Sky Coverage**  
The antenna covers a full elevation and azimuth angular range.
- **Convenient Maintenance and Operation**  
Simple structural design facilitates operation and maintenance.

### INTELSAT Standard-B and DOMSAT/ Regional Station Antennas

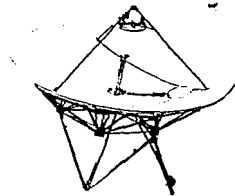
Frequency	Antenna Size	Applications
4/6 GHz	11.0 m $\phi$	INTELSAT Standard B Earth Station
	13.0 m $\phi$	
4/6 GHz	3.0 m $\phi$	DOMSAT/Regional Earth Station
	4.5 m $\phi$	
	6.0 m $\phi$	
	7.5 m $\phi$	
12/14 GHz	1.2 m $\phi$	DOMSAT/Regional Earth Station
	1.8 m $\phi$	
	2.4 m $\phi$	
	3.0 m $\phi$	
	3.3 m $\phi$	
	3.6 m $\phi$	
	4.5 m $\phi$	
20/30 GHz	1.0 m $\phi$	Japan's DOMSAT Station
	2.0 m $\phi$	
	3.0 m $\phi$	
	6.0 m $\phi$	



13 meter A2 E<sub>1</sub> mount Cassegrain antenna



11 meter mobile-type A2 E<sub>1</sub> mount Cassegrain antenna



7.5 meter X Y mount Cassegrain antenna

## Dual Polarization Feed System

### Features

- High Polarization Discrimination
- Autotrack Capability for High Polarization Purities
- Low Feed Insertion Loss

The wideband  $\pi/2$  polarizer ensures a simple feed configuration with extremely low insertion losses.

- Compensation for Up-Path Depolarization

Combined narrowband  $\pi/2$  polarizers are initially provided in the transmit band section. The provision of these essential  $\pi$  and  $\pi/2$  polarizers will allow future polarization compensation operation with minimal traffic disturbance. Servo drive motors for automatic compensation can be readily added at a later date without traffic disturbance.

### FS-25 Dual Polarization Feed System

This feed system is applicable for areas with heavy rainfall and other precipitation.

### FS-26 and FS-27 Dual Polarization Feed Systems

These systems can be used in areas with average or low precipitation (rain or snow).



Figure 1. FS-25 Dual Polarization Feed System





## HPA (High Power Amplifier)

### Features of TWT/Klystron HPA

- Low power consumption
- Low input surge current (less than 1.5 times normal)
- Compact, integrated packaging
- Reliable operation, simple maintenance
- Solid state GaAs FET drive amplifier
- Protective interlock and sequencing system using solid state logic (one-chip CPU and PROM)
- Provision for automatic recycling
- Fault indicators (LED) and operational status indicators
- Low residual AM and phase noise
- Versatile redundant system arrangement with automatic output switching also available

### TWT HPA

Frequency	Type	Output Power
5,850 - 6,425 MHz	Helix	150 W, 400 W, 700 W/1 kW, 3 kW
	C.C.	6 kW, 12 kW
14,000 - 14,500 MHz	Helix	15 W, 40 W, 100 W, 250 W, 500 W
	C.C.	1 kW, 3 kW
30 GHz band	Helix	20 W, 40 W
	C.C.	500 W

### Klystron HPA

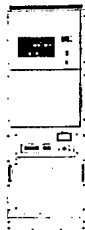
Frequency	Output Power
5,850 - 6,425 MHz	400 W, 1.5 kW, 3 kW
14,000 - 14,500 MHz	2 kW/3 kW
30 GHz band	500 W

### Solid-State Power Amplifiers

NEC makes a variety of solid state power amplifiers for use in intermediate power amplifiers (IPA) or final power amplifiers for small domestic earth stations.

6 GHz band: Up to 20 W

14 GHz band: Up to 6 W



## LNA (Low Noise Amplifier)

### Features

- Low Noise Temperature  
Wide choice of specifications.  
Extensive use of in-house low noise GaAs FETs.
- Field Proven  
Thousands of LNAs in operation at earth stations over the world.
- Simple Installation  
Compact size, light in weight.  
Compatible with any type of antenna.  
Weather-tight housing for uncooled FET LNAs.
- Highly Reliable and Maintenance-Free  
Solid-state modular circuitry.  
No periodic preventive maintenance required.

### Parametric Amplifier

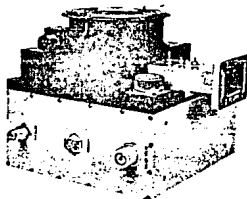
Frequency	Model	Noise Temperature
3.625 - 4.2 GHz	LA-043A/B	30K/35K
10.95 - 11.7 GHz	LA-1108/1110	80K/100K
11.7 - 12.2 GHz	LA-1208/1210	
12.25 - 12.75 GHz	LA-1250B/12510	

### TE Cooled FET Amplifier

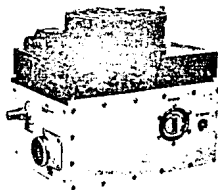
Frequency	Model	Noise Temperature
3.625 - 4.2 GHz	LA-404A/B	42K/47K
10.95 - 11.7 GHz	LA-1112	120K
11.7 - 12.2 GHz	LA-1212	
12.25 - 12.75 GHz	LA-12512	
18.6 - 19.5 GHz	LA-2014/2017	140K/170K

### Uncooled FET Amplifier

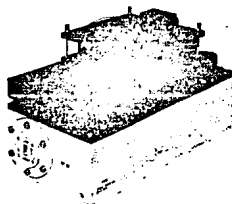
Frequency	Model	Noise Temperature (at 25°C)
3.625 - 4.2 GHz	LA-406/406/407-412	55K/62K/70 - 120K
10.95 - 11.7 GHz	LA-1116/1118/1120/1124	165K/180K/ 200K/240K
11.7 - 12.2 GHz	LA-1216/1218/1220/1224	
12.25 - 12.75 GHz	LA-12516/12518/12520/ 12524	
18.6 - 19.5 GHz	LA-2023/2030/2035	230K/300K/350K



LA-043A Unit



LA-1112 Unit



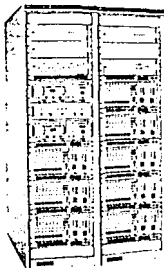
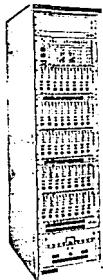
## SCPC Terminal Equipment

### Features of SCPC-PSK Terminal Equipment

- Flexible Equipment Configuration  
NEC offers a 2.1-meter high standard bay. SCPC equipment can readily be graded up to SPADE equipment by the simple addition of DAMA equipment.
- Versatile Mode of Operation  
The NEC SCPC terminal is extremely versatile in the choice of operation modes. Channel units can be provided for either voice or data operation, or combined alternate voice and data (AVD) operation. The SCPC terminal equipment is designed to allow expansion to 136 voice channel units, with fully redundant common equipment. The basic bay contains the redundant common equipment and up to 40 channel units, with each channel expansion bay capable of accommodating up to 48 channel units. NEC can also provide a complete SCPC terminal in a special 19-inch shelf configuration which contains non-redundant IF and TFU common equipment with two voice/data channel units. The "plug-in" channel units for the two modes of operation are all interchangeable and do not require any bay wiring modification.

### Features of FM-SCPC Terminal Equipment

- Regional and domestic commercial telecommunications networks with small or medium traffic requirements.
- Communications with remote-area subscribers such as offshore oil rigs or faraway construction and exploration sites.
- Hot-line communications circuits for disaster areas.
- Private telecommunications networks; telemetry and maintenance links for unmanned pipeline stations; computer data links.
- Special services such as transmission of newspapers, drawings and maps; mailgram transmission service; medical service (i.e., x-ray, electrocardiogram transmission); and travel reservation services.
- The basic bay with up/down converters of redundant configuration is equipped with 24 channels, and the channel bay with 40 channels. The height of each bay is 2.1 meters.



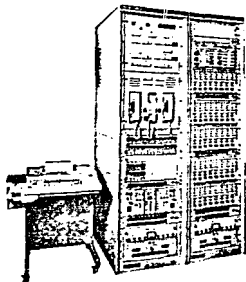
## SPADE Terminal Equipment

More than six years of extensive research and development by NEC, in collaboration with COMSAT, resulted in the introduction of the world's first operational SPADE terminal in 1971. Since then, NEC has supplied 29 SPADE terminals to customers in as many countries. The SPADE system offers remarkable flexibility, efficiency and economy to satellite communications by employing PCM with single-channel-per-carrier frequency-division multiple access. Traffic through SPADE is established on demand by means of a frequency-division switching matrix and a common signaling channel without leasing preassigned frequencies.

The second-generation SPADE system, SPADE-II, approved by INTELSAT in 1981, is now available in a smaller, more economical package with improved performance and reliability. This system is a remarkable synthesis of high-density SCPC-PSK and microprocessor-controlled DAMA equipment.

### Features

- **Compact design**  
40 channel units and complete DAMA equipment are contained in two bays, requiring only 1/6 the volume of the previous model.
- **Compatible software**  
All software for SPADE-II is compatible with existing NEC SPADE equipment.
- **SCPC-compatible**  
Use of the same type channel units as NEC's SCPC/PSK terminal equipment makes it easy to change over SCPC/PSK to SPADE-II.
- **Simplified maintenance**  
Extensive use of LSIs and microprocessors substantially improves reliability and simplifies maintenance.
- **Easy installation**  
Rapid delivery, fast installation, low power consumption. No special cooling or ventilation required.



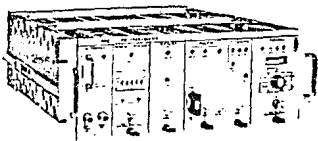
## GCE (Ground Communications Equipment)

### Features

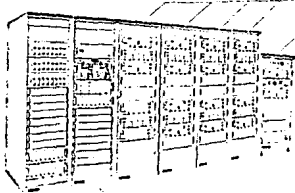
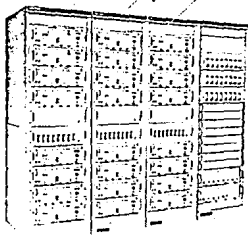
- Flexibility in configuration, system expansion and channel capacity
- Frequency agility with 25 kHz step synthesizer
- Wideband TED from 12 CH to 1872 CH and TV-video
- Simplified operation and maintenance with front panel built-in test points and status/alarm indicators
- Compact modularized design using advanced technology of BB/IF/RF ICs, SAW filters, dielectric-type BPF/OSC and drop-in type isolators
- Automatic FREQ/BW/CH selection by N:1 common standby receiver (option)

GCEs are available for frequencies of 4/6 GHz, 11/14 GHz and 12/14 GHz. Either GCE consists of the following subsystems.

- FM transmitter/receiver
- FM test transmitter/receiver
- FM test translator
- SFADE/SCPC up-converter and down-converter



Front view of GCE subsystem



## ESC (Engineering Service Circuit) SMSS (Station Management Subsystem) CCC (Communications Control Console)

### ESC Equipment

NSV-281 ESC switching equipment enables the operator to initiate or answer an engineering service telephone/telegraph call between the local earth station and distant earth stations, between the local earth station and a remote terrestrial terminal, or between a distant earth station and a remote terrestrial terminal.

#### Features

- Flexible in operation because of its stored-program-controlled system.
- Digital switching in telephone/telegraph ESC.
- Power failure recovery system protects system data.
- Support programs for voice and telegraph channel plan rearrangement and troubleshooting.

#### Functions

- Two-party calls/Conference communications/Through circuit/Transfer function/Priority call/Camp-on

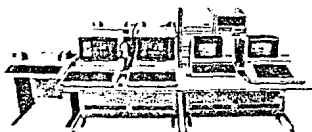
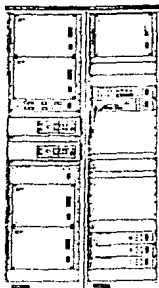
#### Capacity (Maximum)

	Satellite	Terrestrial	Local
<b>Voice</b>			
Transmit Circuit	256 CH	64 CH	64 CH
Receive Circuit	256 CH	64 CH	64 CH
<b>Telegraph</b>			
Transmit Circuit	512 CH	64 CH	64 CH
Receive Circuit	512 CH	64 CH	64 CH

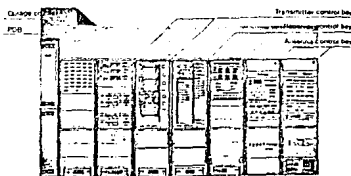
### SMSS Equipment

#### Features

- Powerful PDP-11 minicomputer for data base
- Mass storage on cartridge disk drive and RSX-11M operating system
- Centralized supervision and control for all earth station equipment (including 1- or 2-antenna complexes)
- A variety of user-friendly peripherals
- Simple record-keeping for all monitored parameters and status information
- Limited executive remote control function for EIRP antenna, and communication equipment switchover
- Automatic logging with time tag for all alarms
- Trend logging for test and statistical analysis
- Color graphic VDU for mimic data presentation
- Stock inventory file for control of spare parts
- Software easily changed for system expansion or modification
- Uses standard Fortran-77 programming language



Example of CCC system (bay type)



## TDMA System

NEC has been involved in the development of TDMA, an indispensable technique in digital satellite communications, for more than 20 years. From 1968 to 1970, NEC delivered to COMSAT 50-MBPS PCM codecs and PSK modems, both critical parts of the NEC TDMA system. In 1971 NEC supplied COMSAT with 1-GBPS PSK modems for a high-capacity TDMA system. In 1975 NEC supplied Telesat Canada with a 4-phase PSK 61.248-MBPS modem, the world's first commercial application. In 1978 NEC supplied 60/120-MBPS TDMA modems for an INTELSAT field trial program and contributed to overall TDMA system integration by INTELSAT.

In 1982, NEC was chosen by INTELSAT to provide 16 TDMA reference terminals. The company has also received contracts for more than 16 TDMA traffic terminals, for both the INTELSAT and EUTELSAT systems.

In addition, NEC produces low-speed and medium-speed TDMA terminals for applications in COMSAT systems; these terminals are the direct result of our vast experience in the supply of the INTELSAT and EUTELSAT TDMA terminals. System flexibility is achieved by a variety of peripheral equipment that can be used to tailor a system to a customer's needs.

NEC modems are available in speeds ranging from 1 MBPS to 1 GBPS, allowing the matching of a variety of different system requirements—including those of COMSAT.

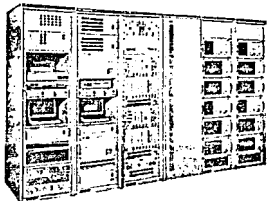


Figure 1: TDMA Terminal (Type 2000)

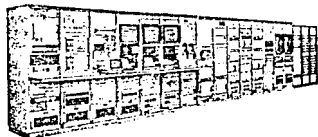


Figure 2: TDMA Terminal (Type 2000)

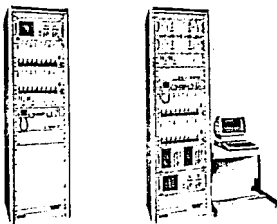


Figure 3: TDMA Terminal (Type 2000)

## REFERENCIAS

1.- Evans, B.G.,

"Inaugural Lecture". International Journal of Satellite Communications. John Wiley & sons, Ltd., Vol. 3, July 1985.  
pp. 203-215.

2.- Unión Internacional de Telecomunicaciones

CCIR  
Comite Consultivo Internacional  
de Radiocomunicaciones

Recomendaciones e Informes  
del CCIR, 1986

XVI Asamblea Plenaria  
Dubruvnik, 1986

Volumen IV - Parte 1

Servicio Fijo por Satélite



### 3.- Unión Internacional de Telecomunicaciones

CCITT

Comité Consultivo Internacional  
Telegráfico y Telefónico

LIBRO ROJO

TOMO II - Fascículo II - 4

Servicios de Telegrafía  
Explotación y Calidad de Servicio

Recomendaciones F.1 a F.150

VIII Asamblea Plenaria

Málaga - Torremolinos 8-19 de oct. 1984

Ginebra 1985

### 4.- Unión Internacional de Telecomunicaciones

Capítulo II artículo 5 del

Reglamento de Radiocomunicaciones (Edición de 1968)  
modificado por la Conferencia Mundial  
de Telecomunicaciones Espaciales (Ginebra, 1971)

Ginebra 1973

5.- Morgan, Walter L.

"Satellite Notebook". Satellite  
Communications Magazine. 1981

6.- NEC

"Satellite Communications". Cat. N. E42039,  
Japón.  
pp. 3-34

7.- Organización Internacional de  
Telecomunicaciones por Satélite

"INTELSAT Informe 1987-88". 1988

8.- División de Educación Continua

Facultad de Ingeniería UNAM

"Telecomunicación Vía Satélite". 1987