

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Y ELECTRONICA



"ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE
RADIODIFUSION DE VIDEO DIGITAL
COMPRIMIDO VIA SATELITE"

TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

MIGUEL ANGEL ALARCON HERRERA

PROMOCION: 1991 - II

LIMA - PERU

1997

A mis queridos padres, Juan y Carmen; a quienes les debo todo lo que he logrado, gracias a su constante cariño y apoyo.

*A Ruddy, Luis y todas aquellas personas
que me dieron la oportunidad de realizarme
en la especialidad de Telecomunicaciones.*

SUMARIO

Durante algunos años la tecnología tradicional de radiodifusión de video comercial vía satélite fue ampliamente usada, lográndose una buena calidad de imagen y sonido dependiendo del equipo amplificador en la estación central (Klystron o TWT de gran potencia), del diámetro de la antena en la estación principal (llegando a ser de 10 a 20 mts.) y de las estaciones receptoras (con diámetros que promediaban los 5 mts.) en el segmento terrestre, ocupando en muchos casos 18 MHz de ancho de banda (half transponder) y en otros 36 MHz (full transponder) en el satélite; conllevando a un alto costo de implementación del sistema, mantenimiento del mismo; así como altos costos mensuales por el alquiler del segmento espacial.

Se hizo necesario la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para lograr una optimización de los sistemas satelitales a fin de abaratar los costos y mejorar la calidad de la imagen y sonido. Hoy en día existen satélites geostacionarios de alta potencia de irradiación que permitieron una considerable disminución del diámetro de las antenas parabólicas, así como de la potencia de los amplificadores; y la tecnología del procesamiento digital de las señales que nos permiten hoy en día, convertir el video y el audio en señales digitales de alta velocidad, que al ser procesadas e irradiadas hacia el satélite ocupan un ancho de banda 06 veces menor que el tradicional, logrando una reducción considerable en el uso del segmento espacial.

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UN
SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN
DE VIDEO DIGITAL
COMPRESO VÍA SATÉLITE**

“ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DE VIDEO DIGITAL COMPRIMIDO VÍA SATÉLITE”

AUTOR	Bach. Miguel Alarcón Herrera
GRADO AL QUE OPTA	Ingeniero Electrónico
UNIVERSIDAD	Universidad Nacional de Ingeniería.
FACULTAD	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
CIUDAD	Lima
AÑO	1997

GENERALIDADES : Haciendo uso de modernas técnicas de procesamiento de señales se han logrado reducciones de ancho de banda en las transmisiones de video y audio digital, logrando acomodar hasta 18 canales de TV en un solo transpondedor de satélite.

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A USARSE : La compresión de video se basa en las informaciones que existen en cada cuadro o imagen, (30 cuadros por segundo es la velocidad normal de un sistema de video convencional). La información en el dominio del espacio es provista en cada cuadro y la información en el dominio del tiempo es provista por imágenes que cambian en el tiempo (diferencias entre cuadros). Mediante la compresión de las imágenes se elimina la información redundante en el dominio del espacio y del tiempo. Las pequeñas diferencias entre pixeles contiguos de un cuadro dado son las redundancias en el dominio del espacio, y aquellas dadas en el dominio del tiempo son debidas a los pequeños cambios dados en cuadros contiguos causados por el movimiento de un objeto. El método para eliminar las redundancias en el dominio del espacio es llamado codificación intracuadros, y las redundancias en el dominio del tiempo pueden ser eliminadas mediante el método de codificación intercuadros.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA : El presente trabajo se basa en la implementación de un sistema unidireccional de transmisión, es decir solo la estación central emitirá señal hacia el satélite y éste a su vez la retransmitirá hacia

las estaciones receptoras instaladas a lo largo del territorio peruano; no existe emisión de señal por parte de las estaciones receptoras.

El satélite geoestacionario es la parte más importante del sistema y funciona como un repetidor activo en el cielo, compuesto de diversos equipos de telecomunicación y antenas, dándole la capacidad de retransmitir las señales que le son enviadas desde la tierra.

La estación terrena es el conjunto de antena parabólica y equipos que permiten la generación o recepción de señales, hacia o desde el satélite según sea el caso de transmisión o recepción. Esta compuesta principalmente por un subsistema de antena parabólica, un subsistema convertidor de RF, un subsistema modulador de FI y un subsistema procesador de banda base, que en este caso particular es el codificador / decodificador de video digital.

DISEÑO DEL SISTEMA : Se deben tener ciertos criterios para lograr un buen planeamiento de implementación. La proyección del uso del sistema en un futuro cercano, el satélite a utilizar, la elección del transponder del mismo, la mínima potencia de transmisión necesaria y la elección de un buen margen de pérdidas. Estableciendo especificaciones intrínsecas del satélite (PIRE, curvas de respuesta del backoff, densidad del flujo de saturación, etc.) y características específicas de las estaciones terrenas tales como G/T de la estación principal, margen de pérdidas de las estaciones de recepción, etc.; se pueden hallar mediante fórmulas matemáticas el dimensionamiento de las estaciones tanto en potencia de transmisión como el diámetro adecuado de las antenas.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA : Se realizará enfocándose en las necesidades de una empresa de radiodifusión comercial, por lo que será necesario adquirir equipamiento en la estación principal en redundancia 1:1 a excepción de la antena; las estaciones remotas serán instaladas en configuración simple con un amplio stock de repuestos a fin de poder reemplazar las unidades defectuosas en el menor tiempo posible. Se emplearán equipamientos de reconocidas marcas tales como ANDREW y PRODELIN en las antenas parabólicas, convertidores de RF de TITAN SATCOM, moduladores de FI de la firma FAIRCHILD, y codificadores / decodificadores SPECTRUM SAVER de CLI; logrando un sistema de alta calidad y excelente performance.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
GENERALIDADES	3
CAPITULO II	
DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A USARSE	4
2.1.- Video digital comprimido	4
2.2.- Métodos de compresión de video más utilizados	5
2.2.1.-Codificación intracuadros	5
2.2.2.-Codificación Intercuadros.....	10
CAPITULO III	
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	14
3.1.- Partes del sistema	14
3.1.1.-El satélite y el sector espacial.....	15
3.1.2.-Las estaciones terrenas y el sector terreno	31
CAPITULO IV	
DISEÑO DEL SISTEMA	43
4.1.- Consideraciones de diseño	43
4.2.- Cálculo de parámetros y diseño del enlace satelital	44
4.2.1.-Especificaciones intrínsecas del satélite	44
4.2.2.-Características específicas de las estaciones terrenas	44
4.2.3.-Procedimiento a seguir en los cálculos de enlace	45
4.3.- Dimensionamiento de las estaciones terrenas	61
CAPITULO V	
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	62
5.1.- Estudio de campo	64
5.1.1.-Ambiente para la instalación de equipos	64

5.1.2.-Energía Alterna AC	65
5.1.3.-Lugar de instalación de la antena	65
5.2.- Descripción de equipos a usar	66
5.2.1.-Equipos en la estación central	66
5.2.2.-Equipos en la estación remota	77
CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.....	81
APENDICE	83
BIBLIOGRAFÍA	134

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito el estudio y diseño de un sistema de distribución de señal de televisión comercial en todo el territorio peruano, usando técnicas de compresión digital de video y tecnología de radiodifusión vía satélite; logrando de esta manera una reducción considerable del ancho de banda y por ende una reducción de costos en el segmento espacial, sin sacrificar calidad de imagen y sonido.

Este mismo sistema no sólo puede emplearse para la implementación de un sistema comercial, sino también para lograr una difusión de cultura y educación hacia diferentes puntos de nuestro país, logrando una teleeducación que beneficiaría enormemente a los pueblos y lugares alejados, contribuyendo a reducir el analfabetismo y la incultura en la población rural del Perú.

Se detallará en el primer capítulo algunos antecedentes de la aplicación de la tecnología de compresión de video en los sistemas de radiodifusión comercial. En el segundo capítulo, se hará una descripción de la tecnología a usarse en el presente proyecto, basándose en las diferentes técnicas de compresión digital de video que existen y estableciendo el uso común de la codificación de la transformada y los métodos de estimación del desplazamiento del movimiento. Se presentará en el tercer capítulo una breve descripción del sistema, detallando las diferentes partes que conforman el segmento terrestre (antenas, subsistema de RF, modulador, etc.) así como el segmento espacial (satélite); en un sistema unidireccional de comunicaciones vía satélite. El diseño del sistema se tratará en el capítulo cuarto, en donde los criterios son necesarios definirlos para obtener un mejor planeamiento del proyecto en su inicio, también se presentará un análisis del enlace basándose en algunas consideraciones iniciales tales como satélite a usar, PIRE del satélite sobre la zona de estudio, diámetro de la antena principal, etc.; análisis que nos llevará a dimensionar el amplificador a usar y el diámetro de las estaciones receptoras, con el fin de garantizar una adecuada recepción de la señal

emitida aún en las peores condiciones climatológicas (lluvia, nieve, etc.). Con el quinto capítulo se implementará el sistema, describiendo las consideraciones necesarias para realizar un estudio de campo preliminar a la instalación de las estaciones; luego se procederá a describir las diferentes partes y equipos a usar, tanto de la estación principal como de las estaciones remotas. En los apéndices se presentarán algunos gráficos y folletos referentes a las antenas y equipos a usar en la implementación. También se incluyen un apartado de algunas recomendaciones y conclusiones del presente trabajo; y en la bibliografía además de detallar los textos consultados se incluyen algunas direcciones URL de consulta en Internet.

Espero que el presente trabajo sea de bastante ayuda para el lector o estudiante y pueda entender los principios básicos del diseño de una red de radiodifusión por satélite usando la tecnología digital.

CAPITULO I GENERALIDADES

Haremos uso de las más modernas técnicas de tratamiento de la señal analógica en lo que respecta a la digitalización y compresión de las señales de audio y video.

Las técnicas de digitalización de una señal son muy conocidas y empleadas desde hace muchos años en el ámbito de la ingeniería electrónica, pero la tecnología que permite una compresión sustantiva del ancho de banda utilizado en este proceso de digitalización, ha sido desarrollado y aplicado recientemente con mucho éxito a la señal de televisión, éstas modernas técnicas nos permitirán hacer uso de un espacio satelital mucho más reducido que el empleado por una señal analógica de televisión.

La señal de video generada por una cámara es analógica, es decir que ellas son enviadas como una serie de formas de onda. Esto requiere una tremenda cantidad de ancho de banda para su transmisión. Por ejemplo, una imagen de televisión necesita el equivalente de 90 megabits por segundo (Mbps) para ser enviada, sin compresión; mientras que para una conversación telefónica típica se requieren sólo 64 Kbps (PCM).

La técnica de Compresión Digital de Video (CDV) es la clave para el empleo económico del medio de comunicación. La cantidad de compresión puede ser significativa; factores de 15 a 1 hasta 30 a 1 para transmisiones de TV con calidad de radiodifusión, de 60 a 1 para videoconferencias a 1.544 Mbps, hasta factores de compresión de 6000 a 1 para un videoteléfono operando a 19.2 Kbps. Usando la tecnología CDV para comprimir señales desde 1.5 a 10 Mbps, es posible acomodar hasta 18 canales de TV en un solo transpondedor del satélite. Esto reduce tremendamente los costos, pero manteniendo una buena calidad de la imagen.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A USARSE

2.1.-Video digital comprimido

Los avances dramáticos registrados en las tecnologías del procesamiento de señales y VLSI registrados en la pasada década han traído progresos significativos en el desarrollo de tecnologías de compresión para señales de video a diferentes velocidades de transmisión. De esta manera, los codificadores de video que en un tiempo eran técnicamente o económicamente imposibles, han emergido y han llegado a ser una herramienta práctica.

La información de video es provista en una serie de imágenes ó "cuadros" y el efecto del movimiento es llevado a cabo a través de cambios pequeños y continuos en los cuadros. Debido a que la velocidad de estas imágenes es de 30 cuadros por segundo, los cambios continuos entre cuadros darán la sensación al ojo humano de movimiento natural. Las imágenes de video están compuestas de información en el dominio del espacio y el tiempo. La información en el dominio del espacio es provista en cada cuadro, y la información en el dominio del tiempo es provista por imágenes que cambian en el tiempo (por ejemplo, las diferencias entre cuadros). Puesto que los cambios entre cuadros colindantes son diminutos, los objetos aparentan moverse suavemente.

En los sistemas de video digital, cada cuadro es muestreado en unidades de pixeles ó elementos de imagen. El valor de luminancia de cada pixel es cuantificado con ocho bits por pixel para el caso de imágenes blanco y negro. En el caso de imágenes de color, cada pixel mantiene la información de color asociada; por lo tanto, los tres elementos de la información de luminancia designados como rojo, verde y azul, son cuantificados a ocho bits. La información de video compuesta de esta manera posee una cantidad tremenda de información; por lo que, para transmisión o almacenamiento, se requiere de la compresión (o codificación) de la imagen.

La técnica de compresión de video consiste de tres pasos fundamentalmente, primero el preprocesamiento de las diferentes fuentes de video de entrada (señales de TV, señales de televisión de alta definición HDTV, señales de videograbadoras VHS, BETA, S-VHS, etc.), paso en el cual se realiza el filtrado de la señal de entrada para remover componentes no útiles y el ruido que pudiera haber en esta. El segundo paso es la conversión de la señal a un formato intermedio común (CIF), y por último el paso de la compresión. Las imágenes comprimidas son transmitidas a través de la línea de transmisión digital y se hacen llegar al receptor donde son reconvertidas al formato común CIF y son desplegadas después de haber pasado por la etapa de post-procesamiento.

Mediante la compresión de la imagen se elimina información redundante, principalmente la información redundante en el dominio de espacio y del tiempo. En general, las redundancias en el dominio del espacio son debidas a las pequeñas diferencias entre pixeles contiguos de un cuadro dado, y aquellas dadas en el dominio del tiempo son debidas a los pequeños cambios dados en cuadros contiguos causados por el movimiento de un objeto. El método para eliminar las redundancias en el dominio del espacio es llamado codificación intracuadros, la cual puede ser dividida en codificación por predicción, codificación de la transformada y codificación de la subbanda. En el otro extremo, las redundancias en el dominio del tiempo pueden ser eliminadas mediante el método de codificación de intercuadros, que también incluye los métodos de compensación estimación del movimiento, el cual compensa el movimiento a través de la estimación del mismo.

2.2.-Métodos de compresión de video más utilizados :

2.2.1.-Codificación intracuadros :

La codificación intracuadros utiliza sólo la información espacial que existe en cada cuadro de video, como esta codificación no utiliza ninguna información en el dominio del tiempo, puede ser usada para la codificación de imágenes fijas. La codificación intracuadros de señales de video resulta ser simple y no requiere de memoria que almacene cuadros precedentes o posteriores. En general este método puede ser categorizado dentro de tres tipos: codificación por predicción, codificación de la transformada, y codificación de la subbanda, como cada tipo de codificación tiene sus ventajas, es usual que se utilicen dos o más métodos combinados. Enseguida se explicará cada uno de estos métodos.

2.2.1.1.-Codificación por predicción.

La codificación por predicción es uno de los métodos más antiguos de compresión de imágenes y está basado en el hecho de que los errores de predicción son muy pequeños cuando el pixel presente es precedido por los pixeles vecinos. La técnica de codificación por predicción codifica el valor cuantificado de la diferencia entre el valor del pixel presente y el valor predicho (error de predicción). La utilización de un gran número de pixeles contiguos para la predicción puede disminuir el error de predicción y aumentar la efectividad del método. Pero como las ventajas de utilizar un gran número de pixeles vecinos no justifican la complejidad que esto conlleva, el número de pixeles vecinos utilizados para esta técnica no es mayor de cuatro.

La degradación de la imagen en la codificación por predicción es debida principalmente a que el paso de la cuantificación es muy grande, o el paso de la cuantificación es muy pequeño, o también cuando una imagen es presentada continuamente en el tiempo. Aquí notamos que una técnica que produce resultados satisfactorios para imágenes fijas no necesariamente lo hará para imágenes en movimiento.

Para disminuir esta degradación de las imágenes, la cuantificación se puede ajustar para las características visuales de los humanos, un filtro para reducción de ruido puede ser aplicado, y se pueden utilizar diferentes esquemas de codificación y de predicción para las diferentes partes de la imagen. Por ejemplo los límites de los objetos pueden ser tratados de manera diferente que las partes planas.

2.2.1.2.-Codificación de la transformada

Como resultado de las investigaciones realizadas durante los pasados veinte años, la codificación de la transformada, ha sido elegida como un estándar mundial para compresión de imágenes fijas. El concepto básico de la codificación de la transformada es obtener una relación de compresión elevada mediante la eliminación de las redundancias a través de las transformadas ortogonales.

Partiendo de la suposición de que las características estadísticas de los datos de la imagen no cambian, la transformada de Karhunen-Loeve (KLT Karhunen-Loeve Transform), ha resultado ser la mejor transformada desde el punto de vista del error cuadrático. Pero debido al hecho de que las funciones fundamentales de la KLT deben ser enviadas al CODEC ya que estas funciones fundamentales son dependientes de los datos, y debido a la dificultad de la

computación a gran velocidad que requiere, es impráctico la utilización de la transformada de Karhume-Loeve (KLT) en las aplicaciones en tiempo real. Una transformada que es muy parecida a la transformada de Karhume-Loeve es la transformada discreta del coseno, (DCT Discrete Cosine Transform), que se desempeña bien aún cuando no se toman en cuenta las características estadísticas de los datos de la imagen. La transformada discreta del coseno realiza la transformada utilizando números reales y puede de esta manera emplear algoritmos de computación veloces que ya están implementados. El principio fundamental de esta técnica se explica a continuación.

La imagen de entrada es dividida en bloques de NxN pixeles, el tamaño del bloque es escogido considerando los requisitos de compresión y la calidad de la imagen. En general, a medida que el tamaño del bloque es mayor la relación de compresión también resulta mayor, esto se debe a que se utilizan más pixeles para eliminar las redundancias. Pero al aumentar demasiado el tamaño del bloque la suposición de que las características de la imagen se conservan constantes no se cumple, y ocurren algunas degradaciones de la imagen, como bordes sin definir en la imagen. Los resultados en la experimentación han demostrado que el tamaño del bloque más conveniente es de 8x8 pixeles. Después de dividir la imagen en bloques, la transformada discreta del coseno se aplica a cada bloque.

La transformada discreta del coseno en bi-dimensional y la transformada inversa se definen de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N f(i, j) \cos\left(\frac{\pi \cdot u(2i+1)}{16}\right) \cos\left(\frac{\pi \cdot v(2j+1)}{16}\right)$$

$$f(i, j) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^N \sum_{v=0}^N C(u)C(v) F(u, v) \cos\left(\frac{\pi \cdot u(2i+1)}{16}\right) \cos\left(\frac{\pi \cdot v(2j+1)}{16}\right)$$

En las ecuaciones, $f(i, j)$ es el pixel con coordenadas (i, j) de cada bloque, y $F(u, v)$ es el coeficiente de la transformada correspondiente a cada frecuencia. el factor de peso $C(u)$ es $\frac{1}{2}$ cuando $u=0$, y 1 en cualquier otro caso. $F(0,0)$, que es el

valor medio de los pixeles de un bloque específico, es a veces llamado el componente de DC o el componente constante.

De esta manera, el pixel $F(i, j)$ primero es transformado en $F(u, v)$ y después comprimido a través de los pasos mostrados en la figura 2-1.

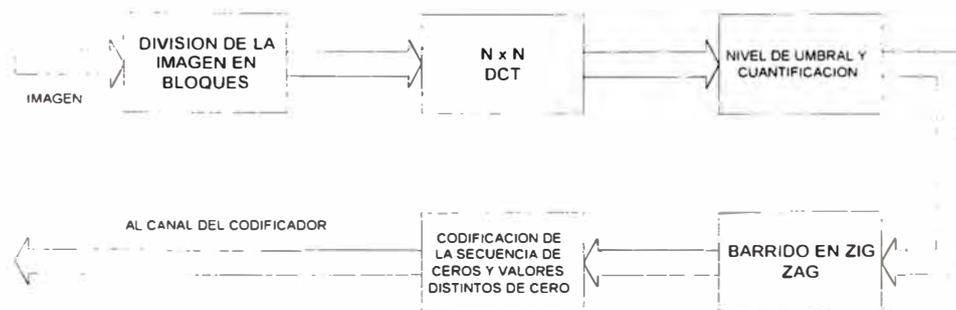


Figura 2-1 Diagrama a bloques de un codificador básico de la transformada discreta del coseno.

Los coeficientes de la transformada $F(u, v)$ son cuantificados en base a un nivel de umbral para crear cuantos ceros sean posibles dentro del rango en el que no ocurran degradaciones en la imagen. Para garantizar continuidad entre los valores medios de los diferentes bloques, los componentes de DC son excluidos de esta cuantificación en base a un nivel de umbral y estos valores son cuantizados utilizando un tamaño de muestra pequeño. Por último, los coeficientes que se encontraban formando arreglos de dos dimensiones son reordenados para formar arreglos de una dimensión usando un barrido en zig-zag. Debido a que ocurren largas secuencias de 0's cuando se efectúa el barrido en zig-zag la eficiencia de esta codificación también se incrementa. Los coeficientes diferentes de cero y las secuencias de ceros, se codifican utilizando un libro de código definido en base a los fundamentos de las estadísticas de los datos.

Como se mencionó anteriormente, las degradaciones en las imágenes ocurren cuando el tamaño de muestra de cuantificación es muy grande, por lo que se aplican diferentes tamaños de la muestra para las diferentes partes de la imagen, para los bordes de los objetos se utiliza un tamaño de muestra pequeño y para las partes planas un tamaño de muestra mayor.

Algunas técnicas de DCT categorizan los diferentes bloques dentro de modelos dependiendo de las características de cada bloque y los manejan de acuerdo a las propiedades de cada modelo.

2.2.1.3.-Codificación de la subbanda.

Aún cuando los fundamentos de la codificación de la subbanda son simples, el progreso en esta técnica para compresión de imágenes no se había logrado hasta hace poco. La codificación de la subbanda se compone de dos pasos. El primero de ellos es la filtración de la subbanda, que divide una señal de imagen en sus componentes de frecuencia, y el segundo paso es la codificación, que comprime cada banda de frecuencia de acuerdo a sus características respectivas.

La codificación de la subbanda es acompañada por un filtro de análisis en el codificador un filtro de síntesis en el decodificador, respectivamente. El filtro de análisis divide la señal de entrada en diferentes bandas de frecuencia utilizando una velocidad de muestreo diferente para cada banda, en contraste el filtro sintetizador combina las diferentes bandas de la señal para sintetizar la señal deseada. La codificación de la subbanda requiere menor tiempo de procesamiento pero utiliza más procesadores, uno para cada banda.

Después de descomponer la señal en bandas de diferente frecuencia usando el filtro de análisis, se aplica un esquema de codificación apropiado para cada banda. Ya que las características de cada banda varían considerablemente y la sensibilidad visual humana también varía de banda a banda, un mejor desempeño se obtiene al tratar a cada una de las bandas de acuerdo a sus características particulares. Uno de los métodos más empleados es una combinación de la codificación intracuadros, de la subbanda y el de la transformada discreta del coseno, que trabaja de la siguiente manera: como se muestra en la figura 2-2, cada cuadro puede descomponerse en cuatro bandas (LL, LH, HL, HH) aplicando un filtrado y análisis en la dirección horizontal y después en la dirección vertical.

La banda LL incluye la mayoría de los datos importantes excepto las orillas y los límites; por lo tanto, es necesario minimizar las pérdidas asociadas con la codificación de esta banda en particular. Es por esto que la codificación intracuadros es empleada generalmente para la codificación de la banda LL. Las bandas de las frecuencias altas (LH, HL, HH) contienen la mayoría de la información de los límites de los objetos, los fondos, y las orillas, y los valores de

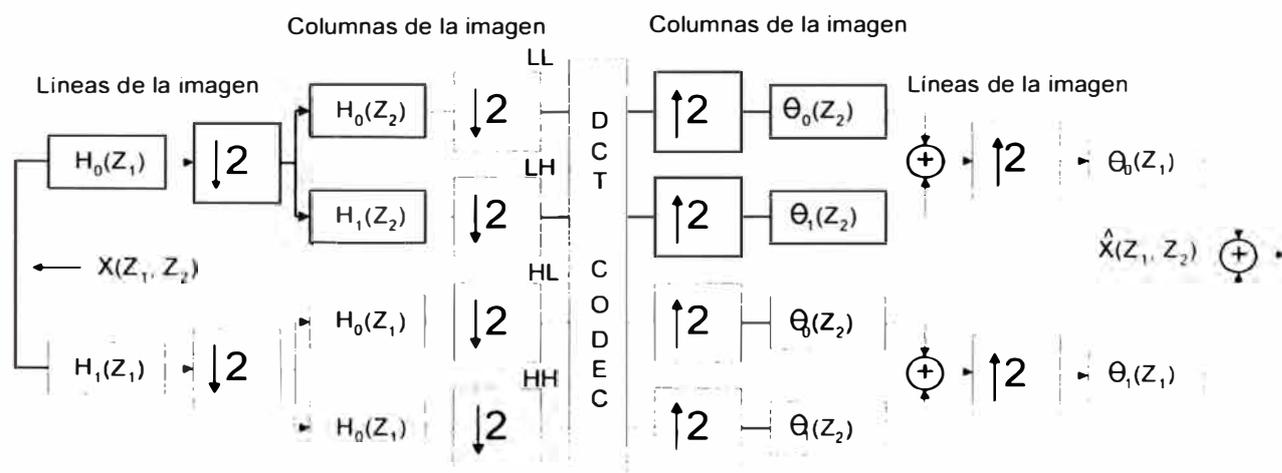


Figura 2-2 Diagrama a bloques para un método de codificación intracuadros híbrido (subbanda/DCT).

los píxeles son generalmente menores que aquellos de la banda LL, entonces la información total contenida en estas bandas es menor que la contenida en la banda LL. Además de que los ojos humanos no son sensibles a los cambios pequeños de los píxeles de estas tres bandas. Y partiendo de esto se puede aplicar una cuantificación no uniforme con alguna zona muerta para convertir los pequeños valores de los píxeles a cero sin que se note una degradación perceptible.

2.2.2 Codificación Intercuadros.

Como se ha explicado, existen muchas redundancias entre cuadros continuos de imagen, de aquí que la mayoría de la información del cuadro presente pueda ser determinada por los cuadros precedentes. Por ejemplo, en la mayoría de los casos existe una gran probabilidad de que los mismos objetos aparezcan en cuadros continuos de la imagen, y si se conoce únicamente la información relacionada con el movimiento, entonces los datos asociados con esos objetos pueden ser codificados lógicamente en un sólo paso. Este concepto también se aplica a los fondos para lograr una mayor compresión de la información entre cuadros parecidos de una secuencia de imágenes.

En general, la porción de mayor movimiento en un cuadro, aún en programas de televisión o en películas, es menor al 5% de un cuadro, por lo que la estimación del movimiento es la base para minimizar redundancias temporales

La figura 2-3 muestra la configuración de un codificador general de intercúadros. Esta configuración básica consiste de dos etapas. La primera

corresponde a la estimación y compensación del movimiento, y la segunda a la compresión. El movimiento de un objeto es estimado calculando el desplazamiento relativo entre el cuadro anterior y sus datos correspondientes en la imagen, generalmente en unidades de bloques. La diferencia entre los datos presentes y los datos pasados compensados en movimiento es codificada para ser comprimida. La compensación del movimiento es usada para reducir las redundancias temporales, y es en cierta forma similar a la codificación por predicción mencionada anteriormente, la cual predice el pixel presente a partir de los pixeles contiguos de un cuadro dado. A continuación se describen algunos de los métodos más utilizados para la estimación del desplazamiento del movimiento.

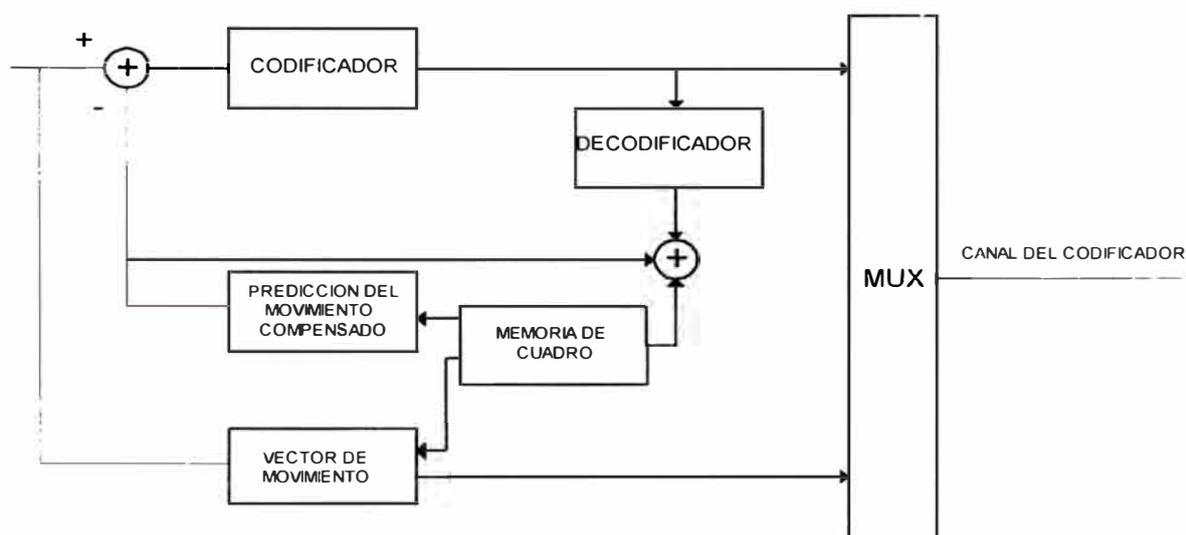


Figura 2-3 Codificador de intercuadros para la compensación del movimiento.

2.2.2.1.-Estimación del desplazamiento del movimiento.

El método de estimación del desplazamiento del movimiento consiste del algoritmo recursivo del pel (acrónimo para elemento de imagen = pixel), el cual estima recursivamente el movimiento pixel a pixel, del algoritmo de acoplamiento de bloques (BMA Block matching algorithm), el cual estima el movimiento bloque a bloque, y del algoritmo recursivo de acoplamiento de bloques, que es una mezcla de los dos primeros. En general se requiere demasiado tiempo de computación para la estimación del movimiento, es por eso que el algoritmo de acoplamiento de bloques es el mas empleado, debido a que es posible implementarlo en tiempo real.

BMA estima el movimiento en base a bloques. Debido a que se asume que en este algoritmo todos los píxeles de un bloque se mueven en una dirección, los cálculos y el hardware asociados son simples. La operación de BMA esta ilustrada en la figura 2-4. Cada cuadro es primero dividido en bloques de tamaño $N \times N$, y el desplazamiento del movimiento es estimado entre el cuadro presente y el cuadro anterior. La referencia para la estimación del movimiento puede ser el mínimo error cuadrático o el error de diferencia absoluta. El área de búsqueda del cuadro previo es preespecificado, así que la estimación del movimiento es realizada en todos los bloques contenidos dentro de esta área de búsqueda.

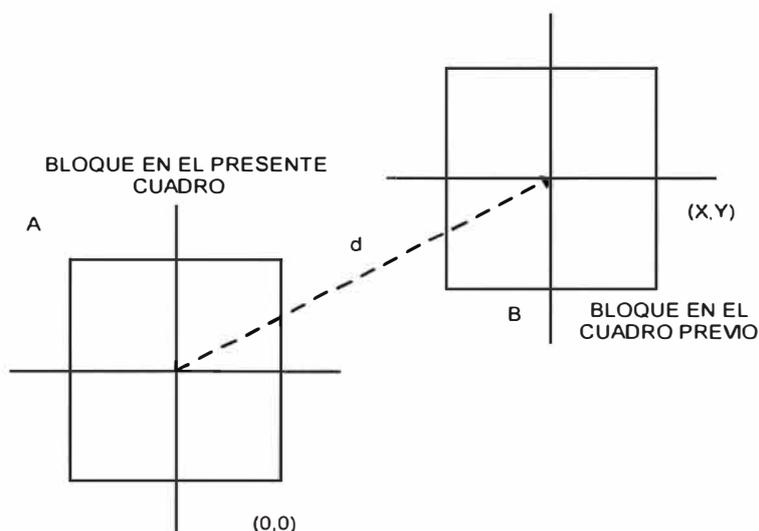


Figura 2-4 Ilustración de la estimación del vector de movimiento.

Debido a que la estimación del desplazamiento en el método BMA es simple, se ha implantado ya en chips VLSI para procesamiento en tiempo real y está siendo utilizado actualmente en codificadores de imagen. Actualmente se han desarrollado chips VLSI con tamaño de bloques y de áreas de búsqueda ajustables.

Codificación de compresión después de la estimación del desplazamiento del movimiento.

El propósito de la estimación del desplazamiento del movimiento es estimar los datos de la imagen presente (o bloque) a partir de los cuadros contiguos para reducir redundancias en el tiempo. La técnica que se utiliza más es la codificación de la predicción en compensación del movimiento. En este esquema, el error de

predicción, que es la diferencia entre el presente bloque y el bloque compensado en movimiento (el cuadro anterior), es codificada. A través de predicciones precisas del bloque presente mediante el del cuadro previo, se puede reducir el error de predicción y elevar la razón de compresión.

En general, el desempeño del esquema de codificación del movimiento compensado depende de diversos factores. Ellos son, el tamaño máximo del desplazamiento del movimiento (o el tamaño del área de búsqueda del movimiento), la precisión del método de compensación del movimiento para la estimación del movimiento, y la adaptabilidad de la estimación del desplazamiento a las variaciones en el tiempo y resolución espacial con diferentes esquemas de control.

CAPITULO III DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema de Radiodifusión de Video Digital Comprimido Vía Satélite a implementarse es un sistema unidireccional de transmisión, es decir existirá emisión de señal desde una estación terrena central hacia las estaciones receptoras que se encontrarán instaladas en las principales ciudades y pueblos del Perú; en la misma analogía que los sistemas de radiodifusión convencionales pero con la diferencia de que la señal que es transmitida por la estación central es modulada digitalmente usando técnicas que permiten un menor ancho de banda y por ende un menor uso de segmento espacial ocasionando un ahorro considerable en el alquiler del mismo.

3.1.-Partes del sistema

El CCIR ha recomendado un circuito hipotético de referencia de los sistemas activos de comunicación por satélite, con el objeto de ofrecer una guía a los diseñadores de equipos y de sistemas para usarse en la red actual de telefonía y de televisión. En el presente proyecto nos basaremos en esta recomendación para dar a conocer una descripción de las partes del sistema.

Como se estipula en las recomendaciones (REC 352-1), un circuito hipotético de referencia consiste en un satélite (sector espacial) , una estación terrena transmisora y una estación terrena receptora (sector terrestre) como se muestra en la figura 3-1.

La estación terrena transmisora tiene un equipo de modulación para la traslación de la banda base hasta la portadora de radio-frecuencia y la estación receptora tiene un equipo de demodulación para la traslación de la portadora de radio-frecuencia hasta la banda base.

Además un circuito hipotético de referencia se divide en dos partes, el enlace ascendente (uplink) que incluye la trayectoria de la estación terrena transmisora hasta el satélite y el enlace descendente (downlink) que incluye la trayectoria desde el satélite hasta la estación terrena receptora.

Los circuitos hipotéticos de referencia se componen de los enlaces radioeléctricos por satélite que son los siguientes

Segmento espacial, que lo constituyen los satélites de telecomunicaciones y las instalaciones de seguimiento, control, telemando, monitoreo, y demás equipos afines que se requieren para apoyar la explotación de los satélites de telecomunicaciones.

Enlace RF, que es el que se extiende desde la salida del convertidor ascendente de la estación terrena transmisora, hasta la entrada del convertidor descendente de una o varias estaciones terrenas repetidoras.

Enlace IF, que se extiende desde la salida del modulador en la estación terrena transmisora hasta la entrada del demodulador de una o varias estaciones receptoras.

Enlace por satélite, que se extiende desde la entrada de la banda base del equipo de radio en la estación terrena transmisora hasta la salida de la banda base del equipo de radio en la estación terrena receptora.

Banda base, que incluye la banda de frecuencia desde 0 Hz hasta la frecuencia de operación de la información a enviar, en el caso de un sistema de video comprimido, la información es digital, por lo tanto la frecuencia de operación a utilizar esta determinada por la velocidad en Kbps.

3.1.1.-El satélite y el sector espacial

El satélite es la parte principal del sistema y tiene la función de un repetidor activo en el cielo. Esta compuesto de elementos de telecomunicación y antenas, además esta provisto de equipos con las siguientes funciones

- Generación de energía.
- Control de altitud.
- Control de órbita.
- Control térmico.
- Telemetría, telecomando y seguimiento.

Los equipos de telecomunicaciones conocidos como transpondedores tienen la misma función de un repetidor de radio; reciben las transmisiones desde la Tierra y lo retransmiten hacia la misma, después de una amplificación y conversión de frecuencia. Las antenas asociadas con estos transpondedores, son específicamente diseñadas para proveer cobertura a diferentes zonas de la tierra

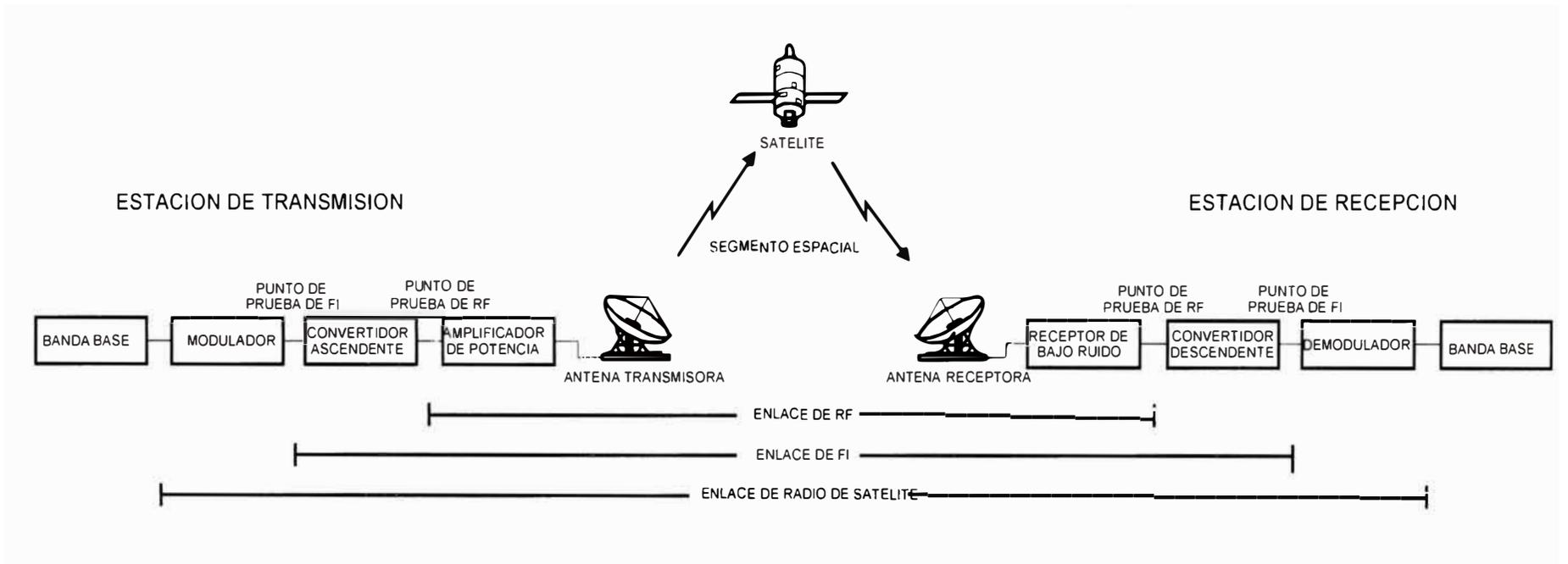


Fig. 3-1 Circuito hipotético de referencia

Los satélites de telecomunicaciones son basados en las tecnologías y técnicas usadas por muchos otros satélites artificiales. La tecnología de repetidor es, sin embargo; específico a este tipo de satélite y es derivado de los equipos de telecomunicaciones terrestres. Ciertos componentes, tales como las celdas solares y los tubos de onda progresiva (TWT), son creados específicamente para aplicaciones satelitales. Otros componentes son derivados de productos estándar, pero han sido especialmente seleccionados y sujetos a revisiones de manufactura y control de calidad.

Actualmente, todas los satélites de telecomunicaciones con algunas excepciones son del tipo geoestacionario, es decir describen una órbita circular en el plano ecuatorial a una altitud de aprox. 36,000 Km, resultando en un periodo de 24 horas de revolución alrededor del centro de la tierra. De esta manera estos satélites se sincronizan con la rotación de la tierra y aparecen relativamente inamovibles con relación a un punto de referencia fijo en la superficie de la misma. Esta característica permite al satélite ofrecer una cobertura permanente de una área determinada y simplifica los diseños de una estación terrena, desde que no es necesario el requerimiento de un subsistema de seguimiento del satélite en dicha estación.

Los satélites geoestacionarios son generalmente colocados en dicha órbita en dos etapas:

- a.- Una nave de transporte coloca el satélite en una órbita elíptica de transferencia.
- b.- A fin de colocar el satélite en la órbita geoestacionaria, se usa un motor auxiliar que es encendido aproximadamente en determinados tramos de la órbita elíptica a fin de acercar el satélite cada vez mas a la órbita deseada hasta lograrlo. Las correcciones son realizadas posteriormente hasta lograr posicionarlo en la longitud deseada.

El satélite debe ser controlado desde la tierra, no solamente para su puesta en órbita, sino también durante toda su vida útil en órbita. Para esto, un centro de control equipado de medios de calculo importantes se encuentra en relación casi permanente con el satélite por intermedio de estaciones de seguimiento, telecomando y teledida.

3.1.1.1.- El PanAmSat 1 (PAS 1) :

En el presente Sistema de Radiodifusión Digital se va a utilizar los recursos de este satélite de alta performance y excelente zona de cobertura en todo el país.

El satélite PanAmSat 1 fue lanzado en 1,988 y marcó el principio de la revolución de las telecomunicaciones vía satélite, ya que Alpha Lyracom (nombre con el cual se fundó la compañía) se constituyó en la primera empresa privada manejadora de un sistema satelital independiente, brindando a los radiodifusoras y usuarios de comunicaciones un servicio que les permitía crear redes usando pequeñas y económicas antenas de transmisión.

El PAS-1 es un GE Astro Series 3000 descrito en la Tabla 3-1, tiene 18 transpondedores en banda C y 06 en banda Ku con el plan de frecuencias mostrada en la Figura 3-2. Los transpondedores son configurados para proveer servicios entre Europa y U.S.A., domésticamente dentro de Europa, entre U.S.A. y el Caribe, Central y Sud América, y domésticamente dentro de las naciones Central y Sud América.

El PAS-1 tiene cuatro "beams" ó haces concentrados, que cubren Latinoamérica. Los "Latin Beam" proveen servicio a toda Latinoamérica con la excepción del Noreste de Brasil. Esta cobertura es mostrada en las figuras 3-3 y 3-4. Los enlaces de subida son posibles desde cualquier nación cubierta por el "footprint" de bajada, así como porciones del sudeste de U.S.A. El "beam" Norte mostrado en las figuras 3-5 y 3-6 brindan servicio al Caribe, América Central, Colombia y Venezuela. Ecuador, Perú y Bolivia son cubiertos por el "beam" Central como se muestra en las figuras 3-7 y 3-8, mientras que el "Beam" Sur mostrado en las figuras 3-9 y 3-10 dan cobertura a Argentina, Chile, Uruguay y Paraguay.

Existen dos tipos de transpondedores en Banda C en los cuatro haces o "Beams" cubriendo Latinoamérica, los de banda angosta a 36 Mhz y los de banda ancha a 72 Mhz. Los de banda ancha son aproximadamente 2.5 dB más potentes que los transpondedores de banda angosta.

Los PAS-1 CONUS y los "beams" Europeos ofrecen 06 transpondedores en banda Ku para servicios transatlánticos. Tres transpondedores en U.S.A. continental y tres en el Oeste de Europa. Los seis transpondedores pueden ser accesados en cada área de cobertura; es decir un usuario interesado en captar una señal en el haz europeo deberá colocar una estación de subida en U.S.A. o Europa.

Desde su posición orbital de 45° Oeste, el PAS-1 brinda una excelente cobertura de Latinoamérica, Oeste de Europa y U.S.A. continental.

TABLA 3-1

Fabricante	GE Astro Electronics
Posición orbital	45° Longitud Oeste
Fecha de Servicio	Setiembre de 1,988
Peso del satélite en lanzamiento	2690 lbs.
Peso del satélite en órbita	1560 lbs.
Potencia pico	1235 Watts.
Capacidad en eclipse	100%
Tiempo de vida	13.3 años
Confiabilidad	99.99%
Bandas de frecuencia	Banda C (4/6 Ghz) Banda Ku (11/14 Ghz)

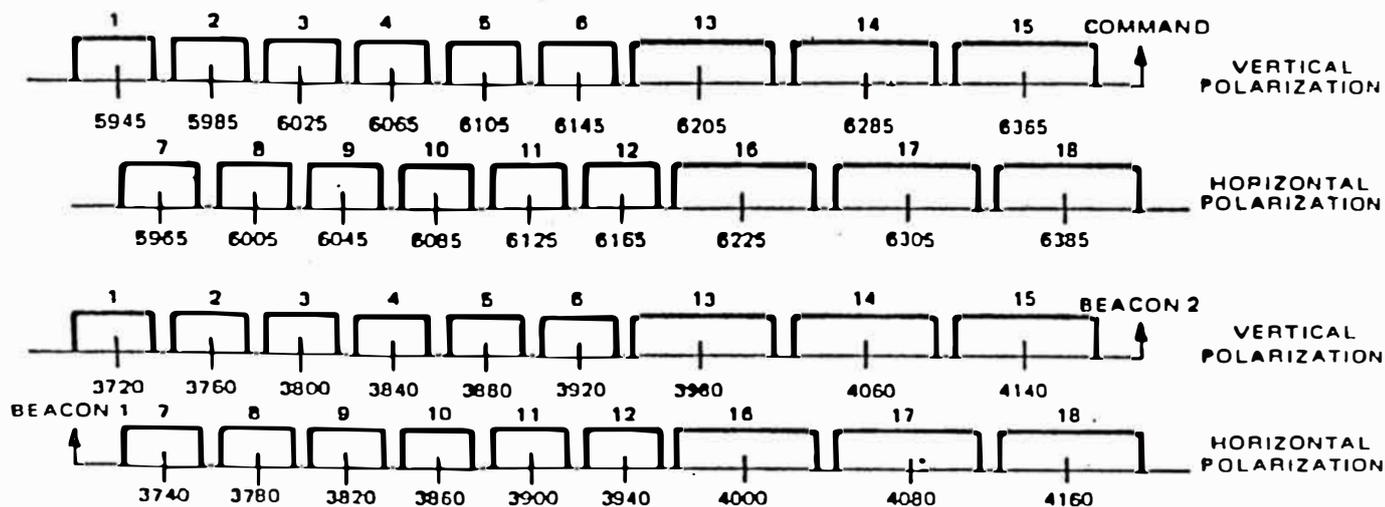
CONFIGURACIÓN DE TRANSPONDER

Banda C	12 Transpondedores de Banda Angosta (36 Mhz), utilizando amplificadores de estado sólido (SSPA) de 8.5 Watts y 06 transpondedores de Banda Ancha (72 Mhz) usando Amplificadores de Tubos de Onda Progresiva (TWT) de 16 Watts.
Banda Ku	06 transpondedores de Banda Ancha (72 Mhz) utilizando TWT de 16 Watts.

REDUNDANCIA

Banda C (36 Mhz)	7 por 6
Banda C (72 Mhz)	4 por 3
Banda Ku (72 Mhz)	7 por 6
Receptores de Banda C	4 por 2
Receptores de Banda Ku	2 por 1

C-BAND TRANSPONDER



KU-BAND TRANSPONDER

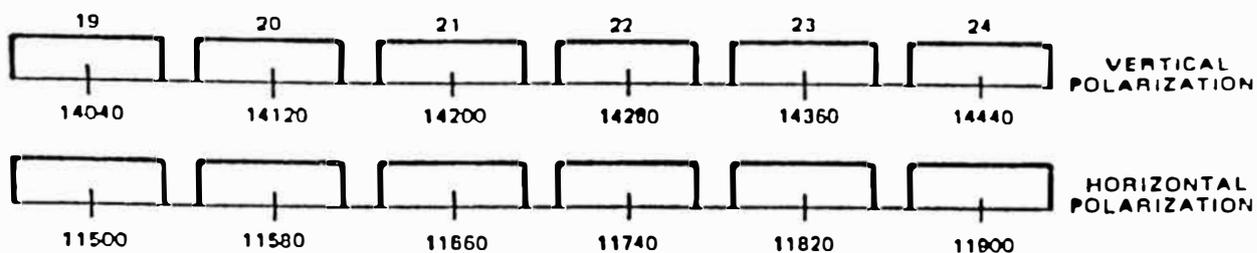


Fig 3-2 : Plan de frecuencias de los transpondedores horizontal y vertical

EIRP CONTOURS (DBW)
 C-BAND V-POL NARROW BAND
 LATIN BEAM

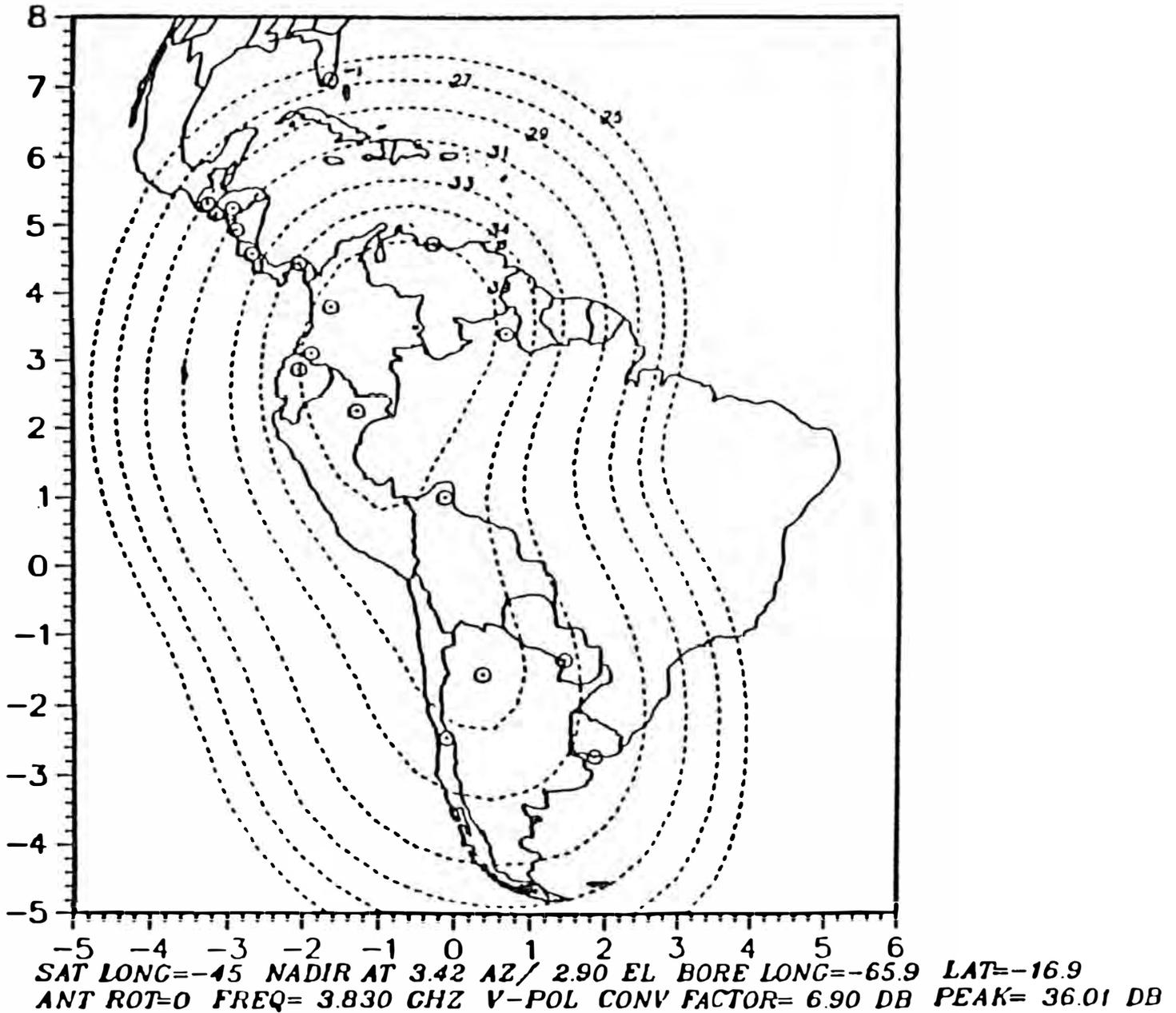


Fig 3-3 Diagrama de cobertura en el Beam Latino de banda angosta (contornos de PIRE)

EIRP CONTOURS (DBW)
 C-BAND V-POL WIDE BAND
 LATIN BEAM

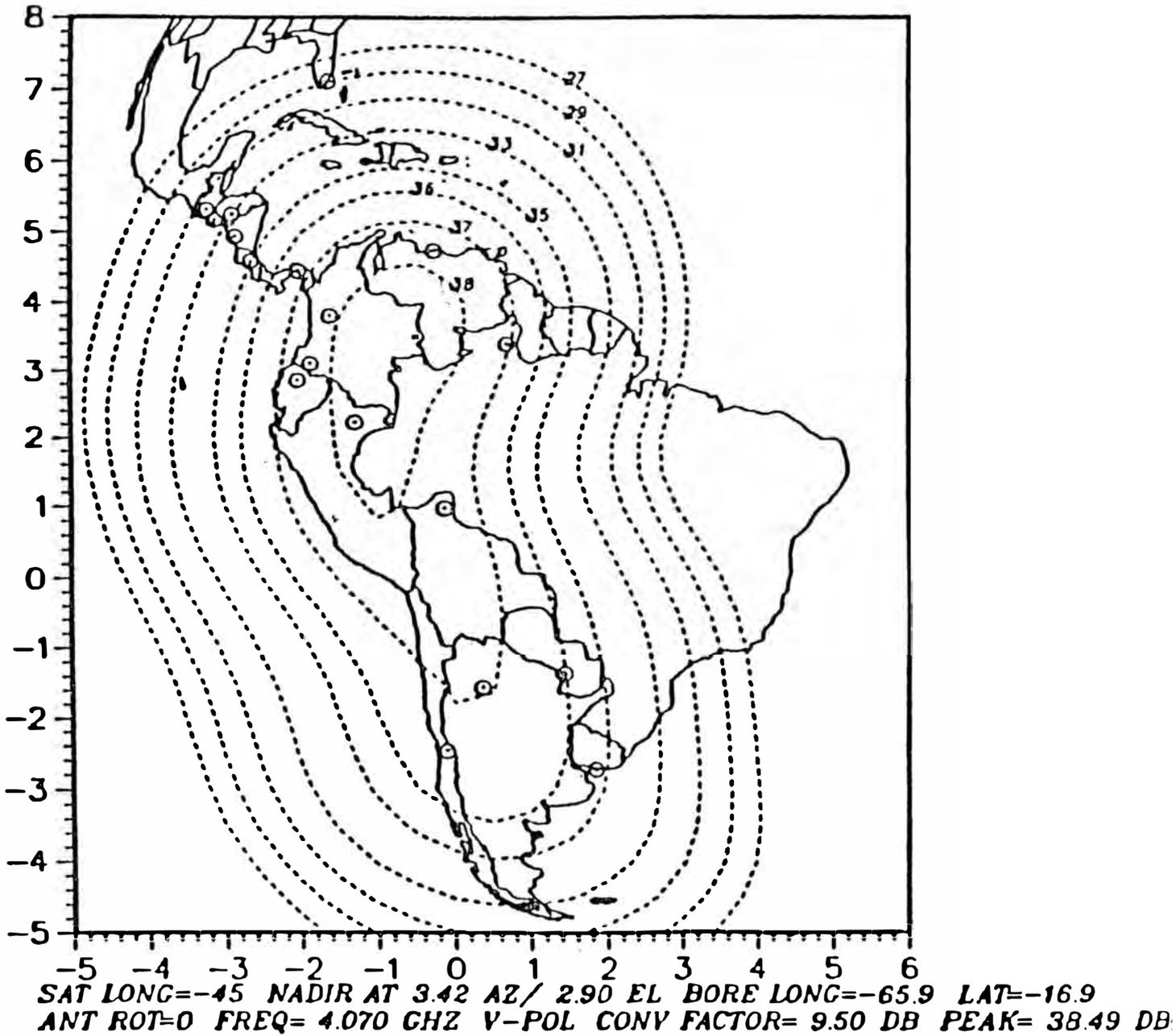


Fig 3-4 Diagrama de cobertura en el Beam Latino de banda ancha (contornos de PIRE)

G/T CONTOURS (DB/°K)
 C-BAND V-POL UPLINK
 LATIN BEAM

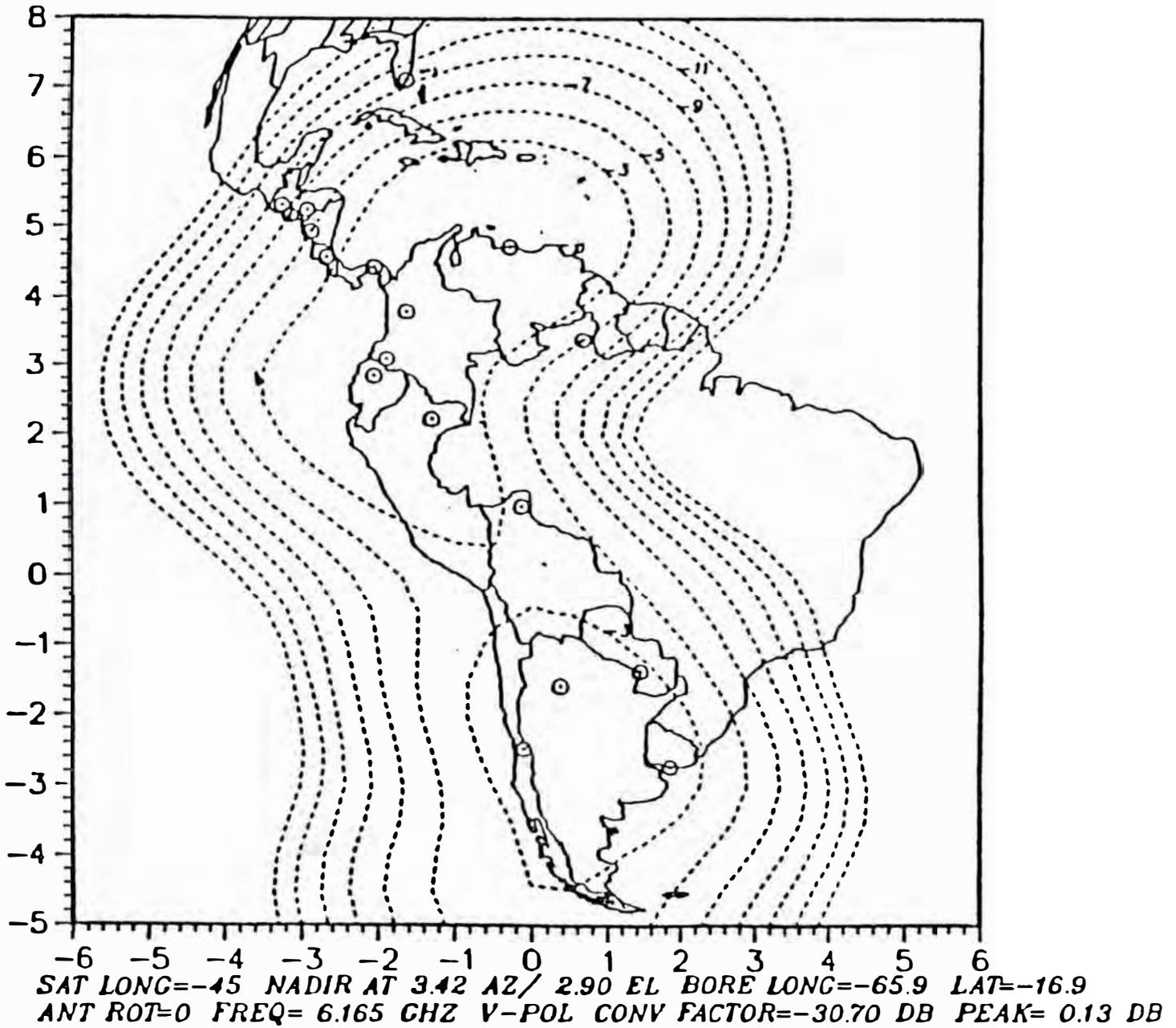


Fig 3-5 : Diagrama de cobertura del Beam Latino para uplink (contornos de G/T)

PAS ANTENNA AT 45°WL
G/T CONTOURS (DB/°K)
C-BAND H-POL UPLINK

NORTH BEAM

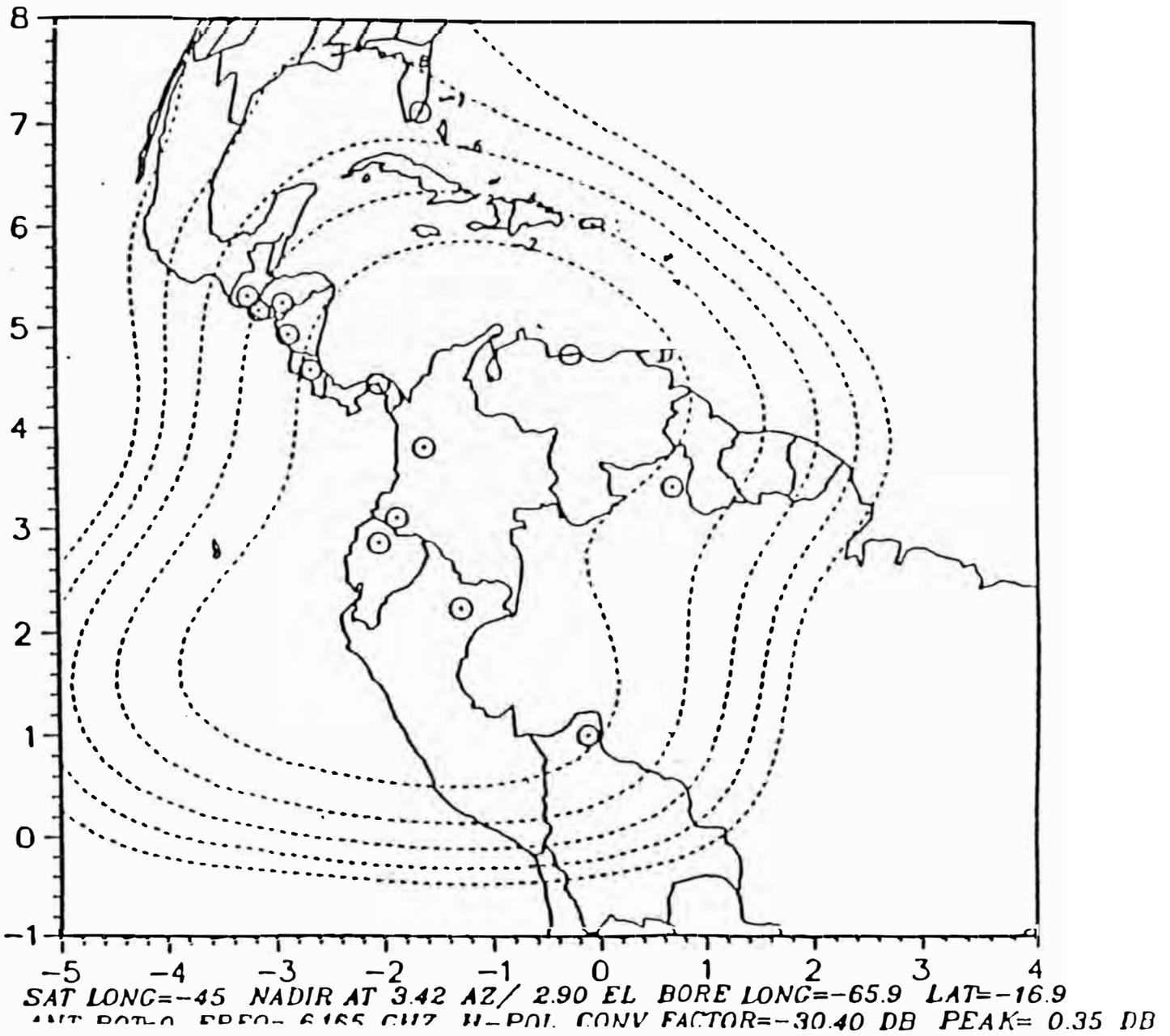


Fig 3-6 : Diagrama de cobertura para uplink en polarización horizontal (contornos de G/T)

PAS ANTENNA AT 45°WL
 EIRP CONTOURS (DBW)
 C-BAND H-POL NARROW BAND
 NORTH SPOT BEAM

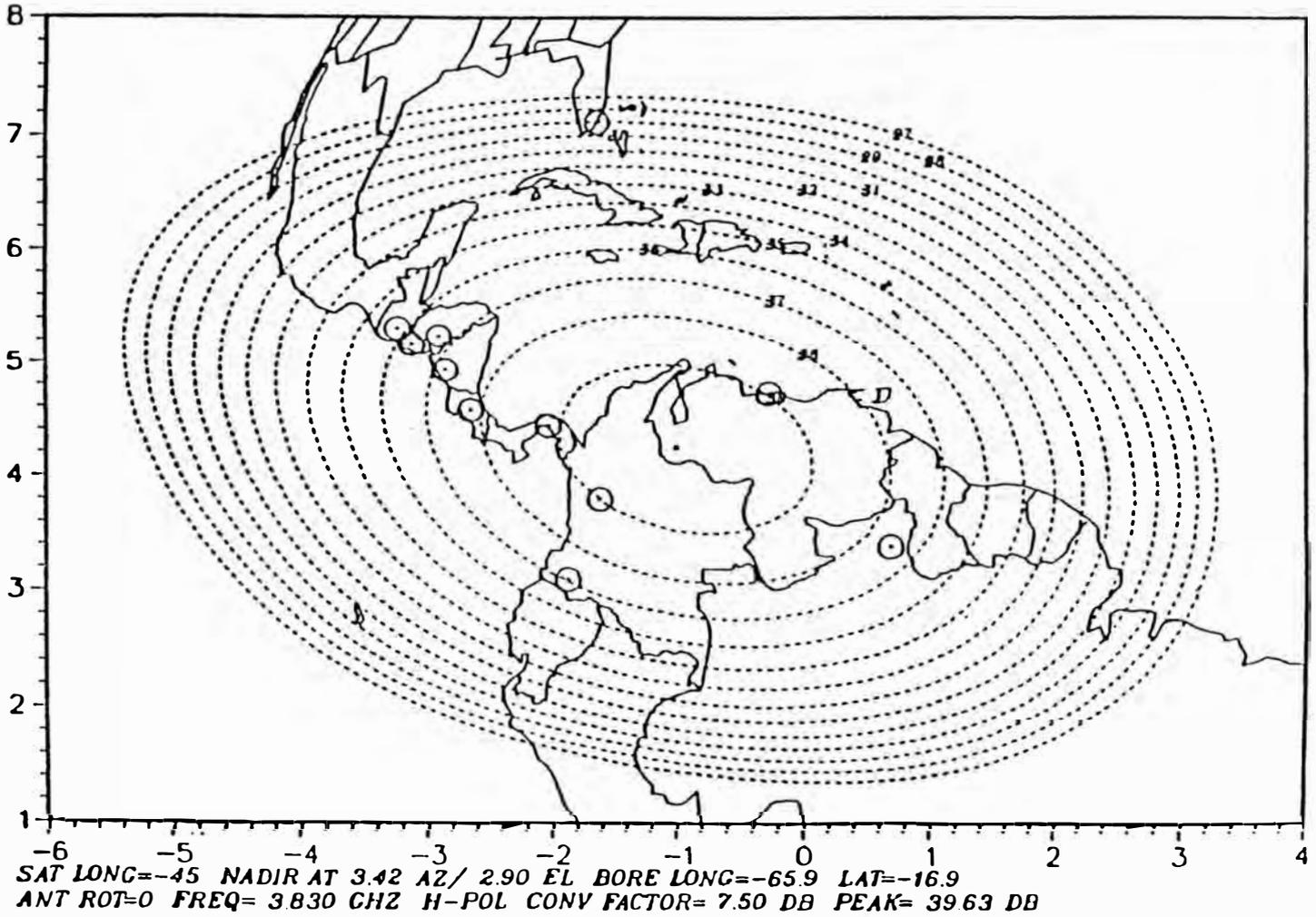


Fig 3-7 : Diagrama de cobertura para el Beam Norte en banda angosta (contorno de PIRE)

EIRP CONTOURS (DBW)
 C-BAND H-POL WIDE BAND
 NORTH SPOT BEAM

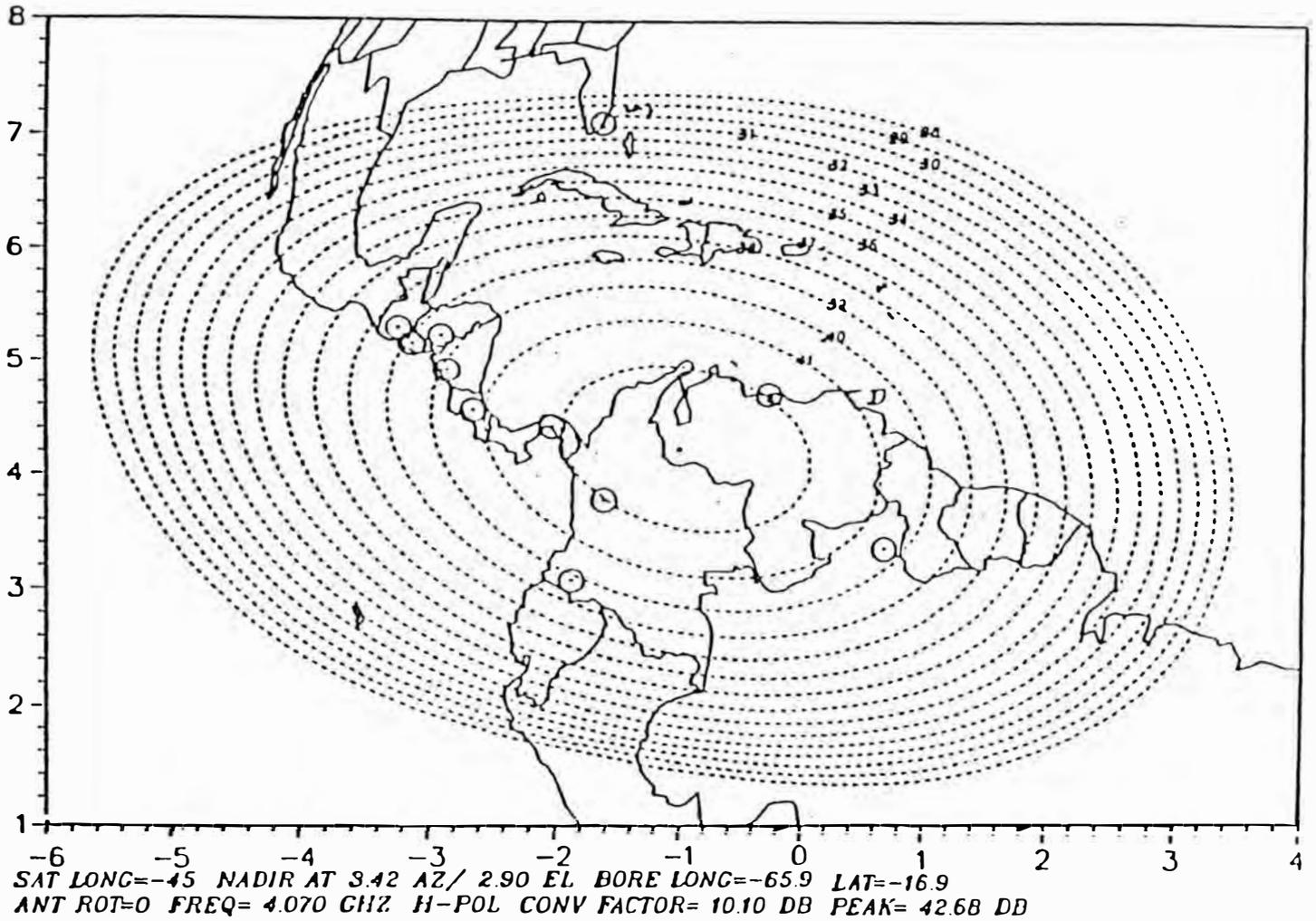


Fig 3-8 Diagrama de cobertura para el Beam Norte en banda ancha (contorno de PIRE)

PAS ANTENNA AT 45°WL
EIRP CONTOURS (DBW)
C-BAND H-POL NARROW BAND
CENTRAL SPOT BEAM

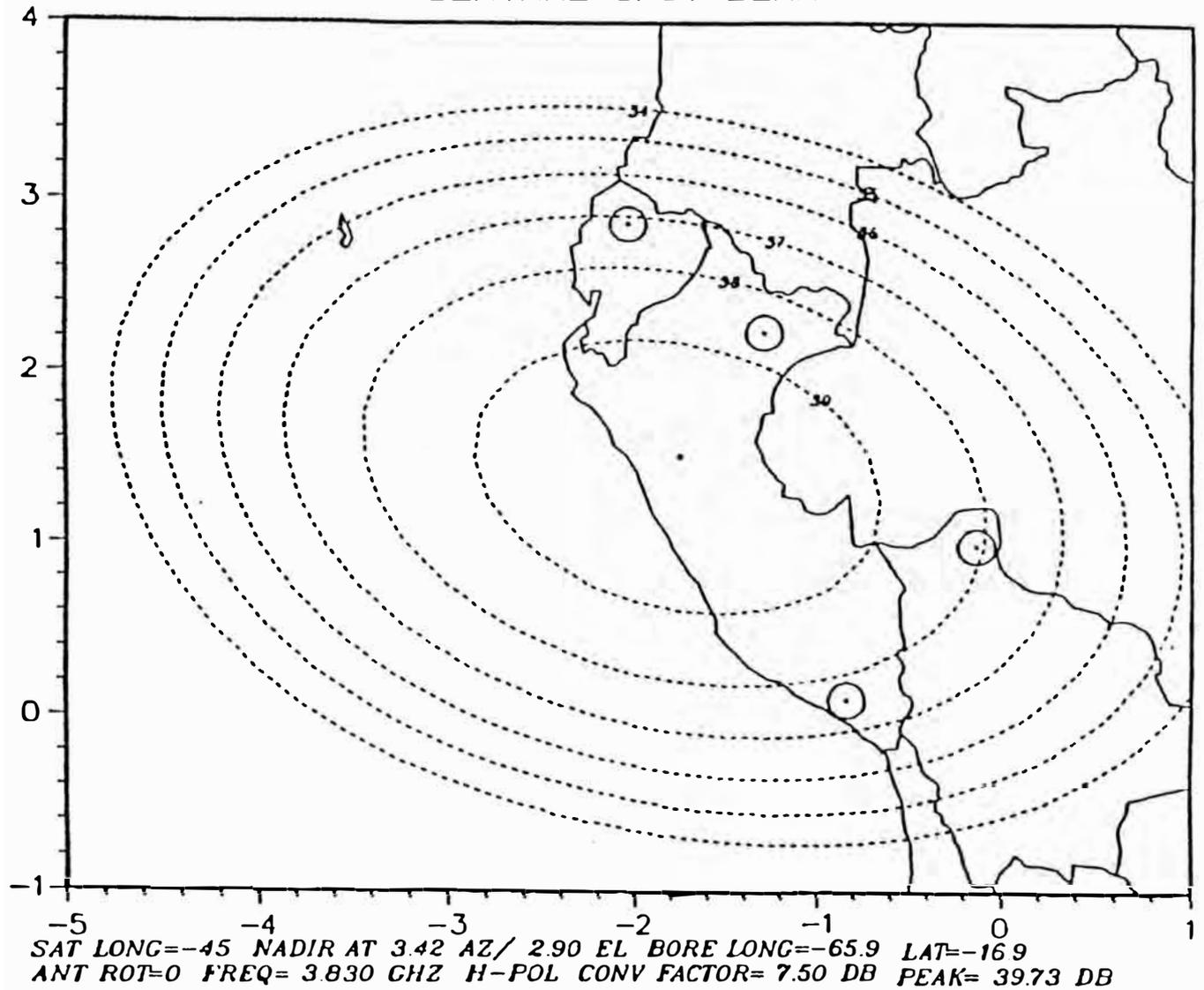


Fig 3-9 : Diagrama de cobertura para el Beam Central en banda angosta (contorno de PIRE)

PAS ANTENNA AT 45°WL
EIRP CONTOURS (DBW)
C-BAND H-POL WIDE BAND
CENTRAL SPOT BEAM

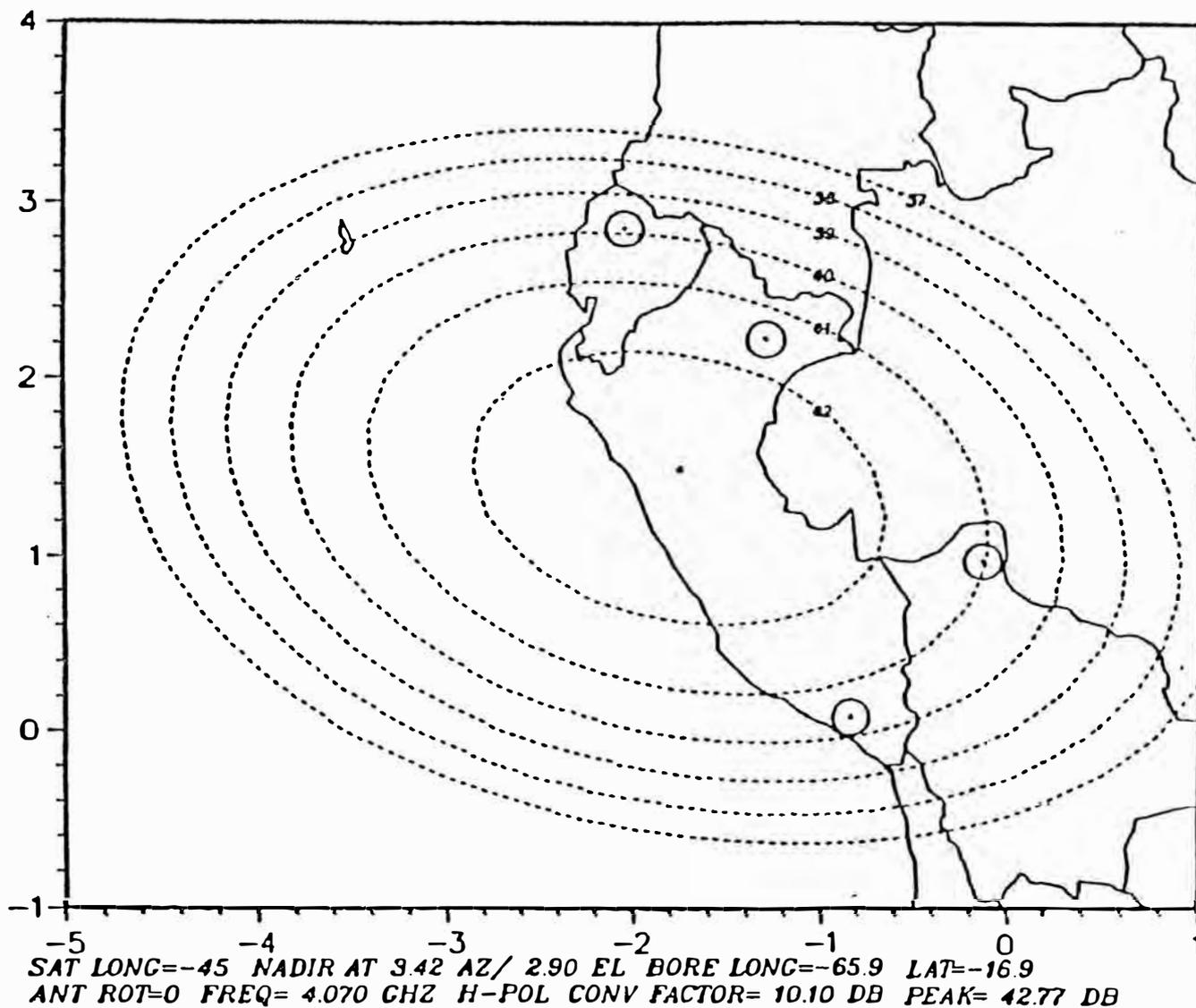


Fig 3-10 Diagrama de cobertura para el Beam Central en banda ancha (contorno de PIRE)

PAS ANTENNA AT 45°WL
 EIRP CONTOURS (DBW)
 C-BAND V-POL NARROW BAND
 SOUTH SPOT BEAM

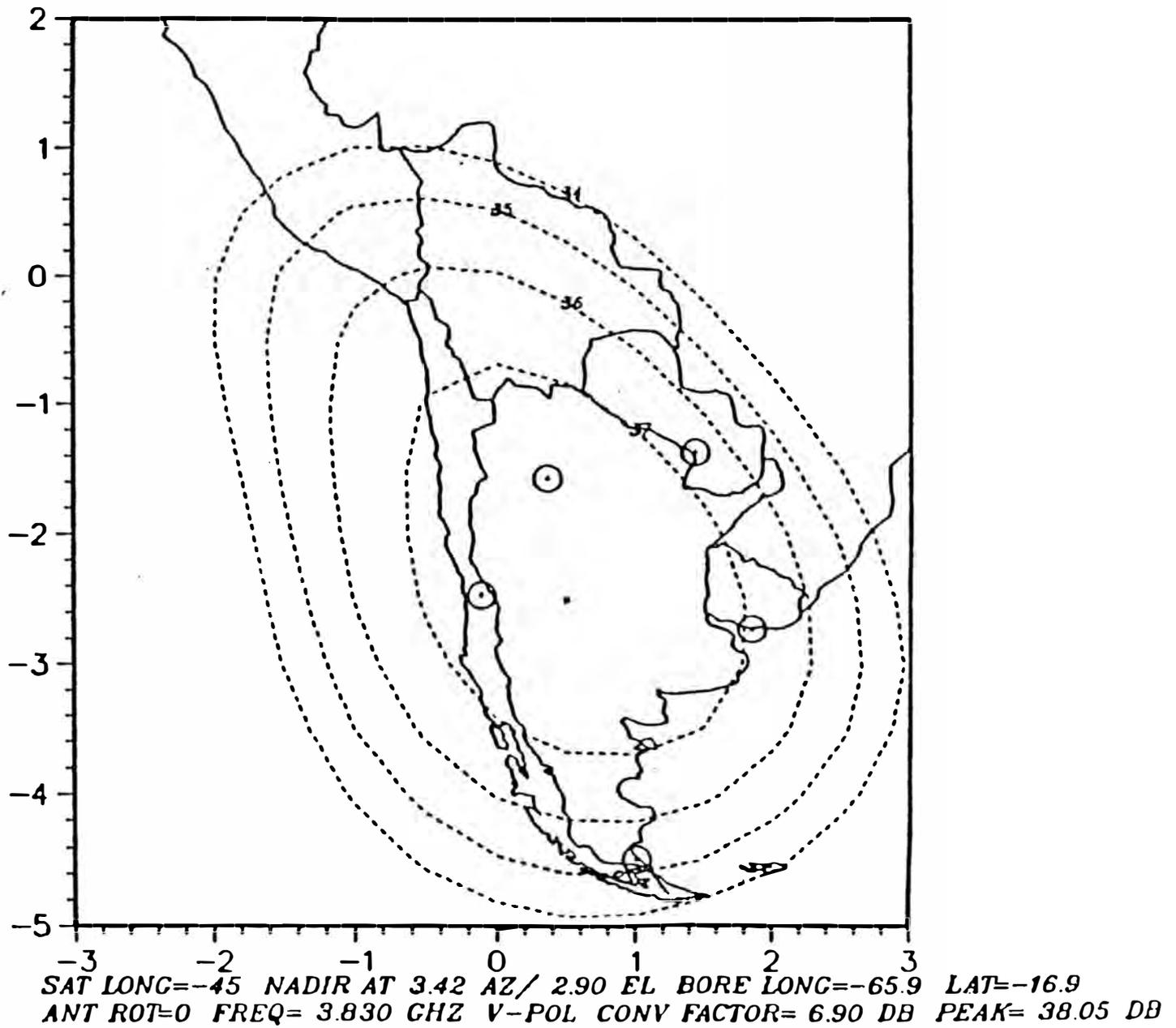
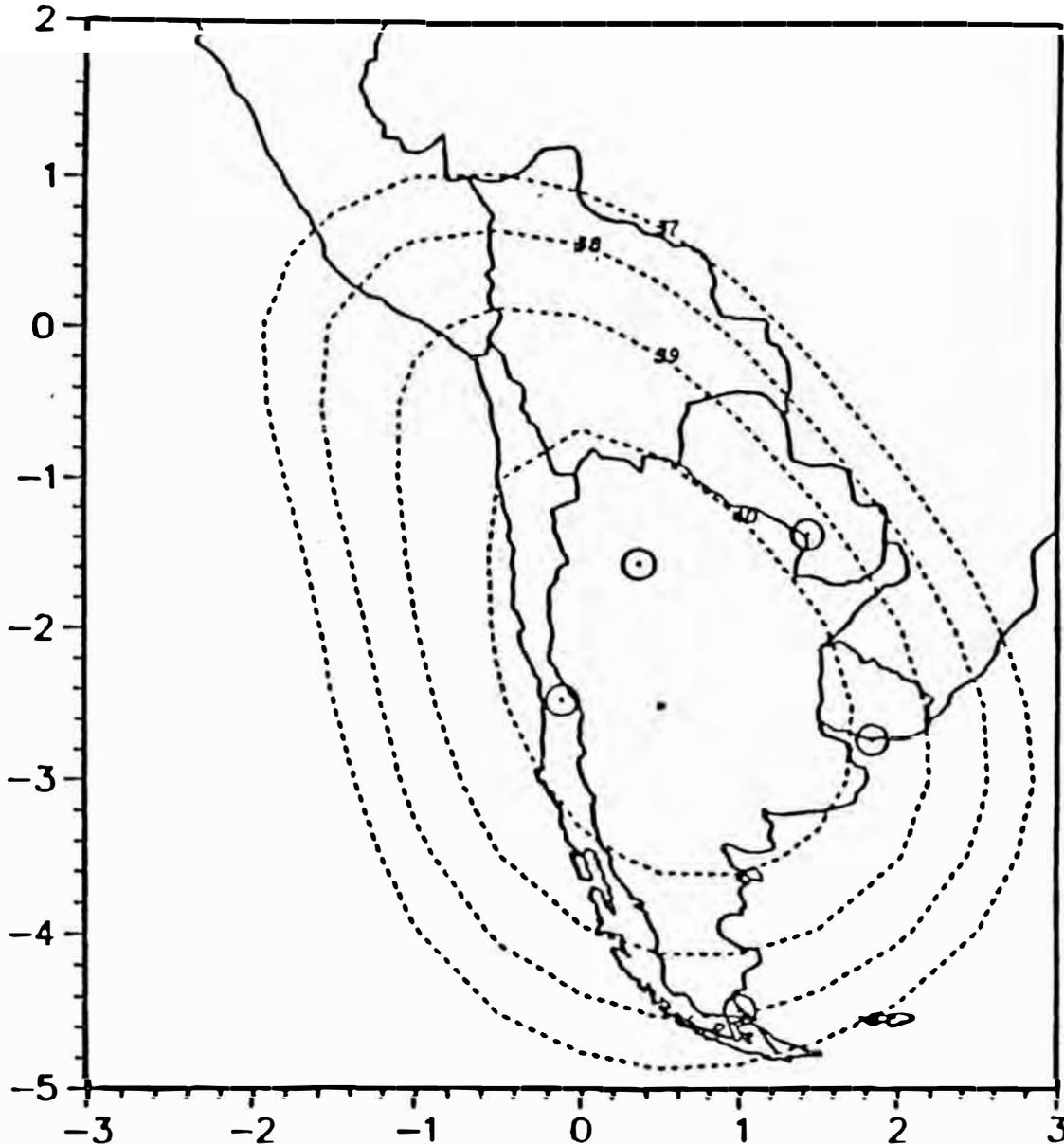


Fig 3-11 · Diagrama de cobertura para el Beam Sur en banda angosta (contorno de PIRE)

EIRP CONTOURS (DBW)
 C-BAND V-POL WIDE BAND
 SOUTH SPOT BEAM



SAT LONG=-45 NADIR AT 3.42 AZ/ 2.90 EL BORE LONG=-65.9 LAT=-16.9
 ANT ROT=0 FREQ= 4.070 GHZ V-POL CONV FACTOR= 9.50 DB PEAK= 40.97 DE

Fig 3-12: Diagrama de cobertura para el Beam Norte en banda ancha (contorno de PIRE)

3.1.2.- Las estaciones terrenas y el sector terreno

Las estaciones terrenas tanto la de transmisión como las de recepción se componen de los siguientes subsistemas tal como se indica en la figura 3-13:

- Subsistema de antena
- Subsistema de radio frecuencia (RF)
- Subsistema de frecuencia intermedia (FI)
- Subsistema de banda base

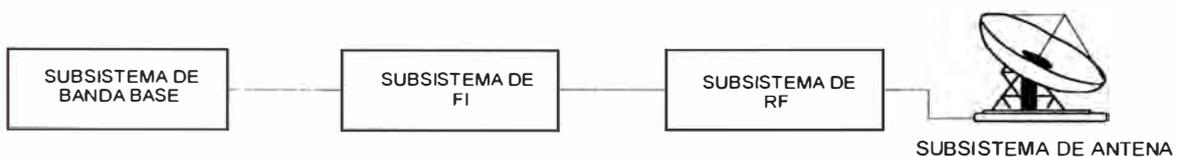


Fig. 3-13 Diagrama de bloques de una estación terrena

3.1.2.1.-Subsistema de antena :

Conformado por la antena propiamente dicha, el alimentador, los subsistemas de control y accionamiento y el subsistema de seguimiento.

Antena parabólica :

En el presente sistema de radiodifusión, la antena de la estación principal será de gran tamaño, asegurando de esta manera una elevada ganancia con respecto al ruido térmico y que compense el pequeño diámetro de las antenas de las estaciones receptoras.

Las antenas deberán cumplir ciertos requisitos ya que éstas juegan un papel muy importante en todo el sistema a estudiar.

- Ganancia de la Antena : La ganancia de la antena principal deberá ser alta. La ecuación de ganancia se indica a continuación :

$$G = 10 \cdot \text{Log} \left[\eta \cdot \left(\frac{\pi \cdot D \cdot f}{C} \right)^2 \right] \quad (3.1)$$

Donde :

G = Ganancia efectiva de la antena (dB)

η = Eficiencia

D = Diámetro de la antena (mts.)

f = Frecuencia central de transmisión o de recepción.(Hz)

C = Velocidad de la luz en el espacio libre. (m/seg.)

Según esta ecuación la ganancia efectiva de una antena, ya sea de transmisión o de recepción, esta determinada por el diámetro de la misma y por la eficiencia de la antena, esta última depende del modo de fabricación de la misma y de la superficie de los reflectores. En algunos casos y dependiendo del fabricante se puede llegar a una eficiencia del 75%, pero en la mayoría de los casos un valor estándar es de 60%.

- Temperatura de ruido : La temperatura de ruido total T de la estación terrena se refiere a la entrada del LNB, y se indica por la ecuación siguiente :

$$T = \frac{T_a}{L_f} + T_0 \left(1 - \frac{1}{L_f} \right) + T_{LNB} \quad (3.2)$$

Donde :

T = Temperatura de ruido total de la estación.

T_{LNB} = Temperatura de ruido equivalente del bloque receptor/convertidor.

T_a = Temperatura de ruido de la antena a un ángulo determinado (ángulo de operación).

L_f = Pérdidas en el alimentador. Valor numérico mayor que uno

$$(L_f \approx 1)$$

T_0 = Temperatura ambiente. En general 300 °K

Por lo que podemos deducir que es necesario reducir el T_{LNB} , T_a y L_f para aumentar el G/T

- Patrón de radiación : La estación central deberá cumplir con el patrón de radiación exigido por el operador del satélite a usar (PAS-1). Existen dos recomendaciones que determinan este patrón de las antenas. En 1970 el CCIR con su Rec. 465-1, establece :

$$G(\theta) = 32 - 25 \cdot \text{Log}(\theta) \text{ dB. para } \theta > 1^\circ$$

minimizando de esta manera las interferencias desde uplinks adyacentes y regulando el espaciamiento entre satélites de 3° .

En 1983 la FCC en su regulación N° 25.209, introdujo un mejor control de los patrones de radiación de las antenas de transmisión a 6 Ghz permitiendo que el espacio interespacial sea de 2°

$$G(\theta) = 29 - 25 \cdot \text{Log}(\theta) \text{ dB. para } 1^\circ < \theta < 7^\circ \text{ y}$$

$$G(\theta) = 32 - 25 \cdot \text{Log}(\theta) \text{ dB. para } \theta > 7^\circ$$

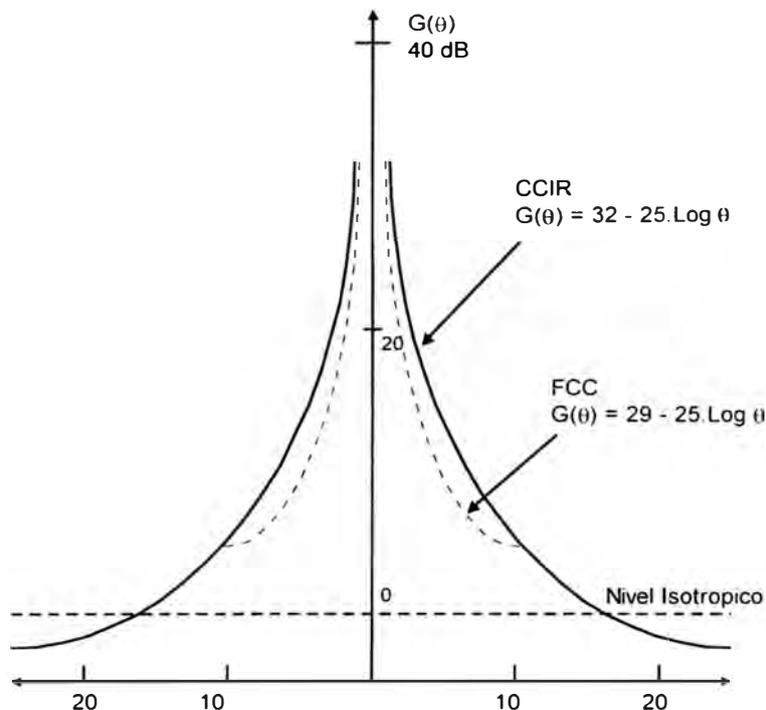


Fig. 3-14 Especificación CCIR y FCC para los patrones de transmisión de antena

- Ancho de banda amplio : Se requieren buenas características de la ganancia de la antena, acoplamiento de impedancia, pérdidas de circuito, polarización, etc. Sobre un ancho de banda de 500 Mhz para transmisión y recepción.

- Posibilidad de rotación : Generalmente se desea que el haz de la antena pueda girar, en todas las direcciones sobre el cielo hasta que sea posible. La

antena que pueda seguir satélites con órbitas de cualquier clase se llama antena totalmente orientable. Por el contrario, antenas que puedan seguir solamente satélites con órbitas limitadas se llaman antenas con orientación limitada.

- Alta precisión mecánica : Para realizar la directividad deseada, es necesario que los reflectores de la antena tengan alta precisión en la construcción de su superficie y se necesita una rigidez mecánica en la estructura de antena para reducir al grado mínimo el desplazamiento y la deformación del sistema de radiación de la antena. Además, se requiere que el mecanismo de servo que impulsa el sistema se construya en forma especial para que se reduzca la influencia de juego entre engranajes.

Las antenas para comunicaciones por satélite se clasifican como siguen desde el punto de vista del sistema de la estructura de antena y del sistema de radiación :

a.-Sistema de estructura de antena

- 1.-Sistema de montaje Az-EI
- 2.-Sistema de montaje X-Y
- 3.-Sistema de montaje Polar.

b.-Sistema de radiación

- 1.-Antena de alimentación frontal : Este tipo de antenas son ampliamente usadas en configuraciones de estaciones terrenas pequeñas, la alimentación se encuentra en el foco de la parábola e irradia hacia la superficie de la misma desde este punto.

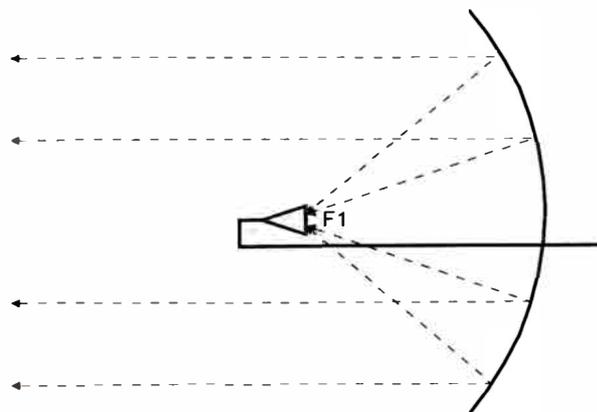


Fig. 3-15 Diagrama de una antena con alimentación del tipo frontal (Center Fed)

Este tipo de antenas tiene la limitación de que cuando el diámetro excede de un determinado límite se tiene una excesiva distancia entre la superficie de la antena y el foco, produciendo una mayor temperatura de ruido y por consiguiente una disminución del factor de mérito (G/T)

Existe un tipo modificado de antena de alimentación frontal que es la llamada antena offset cuyo foco está desplazado hacia abajo, haciendo que las reflexiones de las señales sean en un ángulo de 22.3° , logrando una mejora en la relación G/T de la misma.

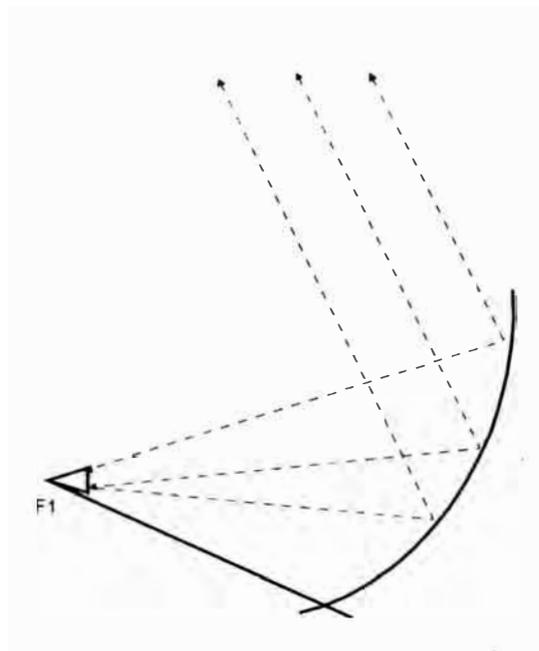


Fig. 3-16 Diagrama de una antena con alimentación frontal tipo Offset

2.- Antena Cassegrain : Son antenas ampliamente usadas en estaciones terrenas de gran tamaño. Poseen un subreflector montado en la parte frontal de la superficie de la antena, la alimentación se encuentra en el centro de la antena y se irradia la señal hacia el subreflector, que a su vez refleja la señal sobre la antena en forma homogénea.

Es recomendable que la antena de la estación principal sea de este tipo por la elevada performance que tiene con respecto a los demás tipos de antena. (G_{ant} , T, etc.)

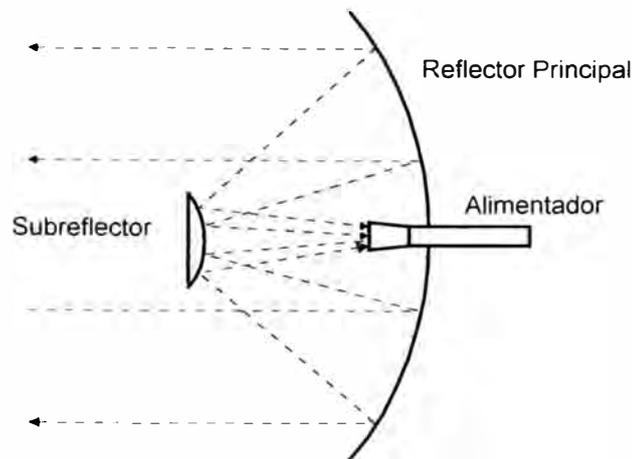


Fig. 3-17 Diagrama esquemático de una antena del tipo Cassagrain

Circuito alimentador :

En el sistema de comunicaciones por satélite, la bifurcación de señales de la transmisión y de recepción se efectúan por el uso de diferentes frecuencias y un cambio de la polaridad de las dos señales. El circuito de la línea de alimentación se usa para la bifurcación de las señales de transmisión y de recepción, para cambiar la polaridad de cada una de ellas. En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques de un circuito de alimentación típico :

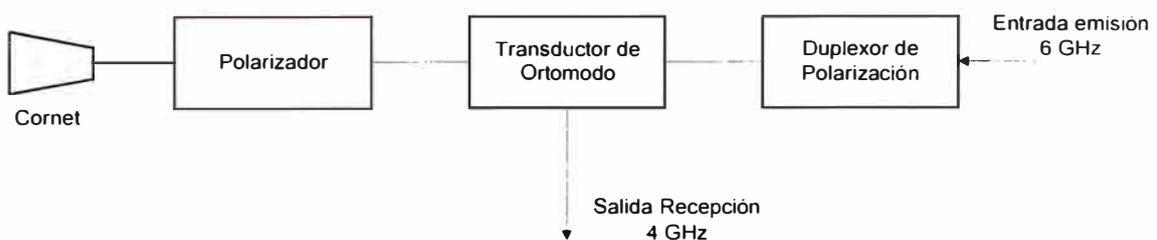


Fig. 3-18 Diagrama de bloques de la composición típica de un alimentador de antena

El polarizador es el encargado de transformar en la recepción, las polarizaciones circulares inversas (derecha a izquierda) en polarizaciones lineales ortogonales y en la transmisión, las polarizaciones lineales ortogonales en polarizaciones circulares hacia la derecha.

El transductor de ortomodo llamado también "cuadruplexor" es donde se conectan las salidas para el acceso a recepción (4 Ghz) y la entrada para el acceso de emisión (6 Ghz). El rol de este dispositivo es de orientar las señales de emisión y de recepción que se encuentran en esta etapa con polarizaciones lineales ortogonales. El transductor de Ortomodo cuenta con un sistema de filtrado que evita que las señales de emisión pasen al acceso de recepción.

El duplexor de polarización tiene por rol mezclar las dos polarizaciones lineales ortogonales de emisión. Sus principales características son pérdidas muy pequeñas y un buen desacoplamiento entre los dos accesos.

Subsistema de control de accionamiento

Se deben considerar ciertos detalles cuando se diseñan subsistemas de servomecanismos de accionamiento de antenas.

- Precisión en el accionamiento
- Velocidad de accionamiento
- Torsión necesaria para el subsistema de accionamiento considerando la presión del viento.
- Momento de inercia de estructura
- Rigidez mecánica de la estructura considerando la presión del viento.
- Frecuencia resonante mecánica del motor bloqueado.
- Método de generación de la torsión de accionamiento de estructura de antena.

Los modos de control de antena pueden clasificarse en las tres categorías de "Auto Track Mode", "Program Control Mode" y "Manual Mode", desde el punto de vista de tipos de generación de señales de control.

El modo "Auto Track Mode" es el modo en que la dirección del haz de antena se controla, al tomar la onda de orientación (beacon) que se transmite del satélite de comunicación por detectar, la diferencia de señal que corresponde a la diferencia entre la dirección del orientador principal (boresight) de antena y la dirección del satélite.

El modo de control por programa significa que la dirección del haz de antena se controla para reducir a cero la diferencia entre el ángulo obtenido con el calculo de la órbita y el ángulo ordenado. Hay varios métodos para realizar el modo de control manual, en ángulo real de antena y el ángulo sincronizado conectado a la rueda manual.

3.1.2.2.-Subsistema de Radio Frecuencia

El subsistema de RF está conformado por el amplificador de potencia (PA), el amplificador de bajo ruido (LNA) y los convertidores de frecuencia

El amplificador de potencia

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

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

El ancho de banda de una portadora de RF en el enlace ascendente, se asigna dentro de 500 Mhz entre 5.925 Ghz y 6.425 Ghz en la banda de 6 Ghz.

Cada estación terrena puede tener una o mas portadoras asignadas, portadoras de video y audio, según la capacidad de canales. Por lo tanto, la potencia de salida del transmisor puede variar desde algunas decenas de watts a varios kilowatts.

Se distinguen dos grandes familias de amplificadores de potencia a 6 Ghz

-Los que cubren todo el ancho de banda de trabajo en un solo equipamiento, tal es el caso de los amplificadores de TWT (Tubo de ondas progresivas) así como de los amplificadores de estado sólido (SSPA) comúnmente usados en amplificadores de baja potencia (5, 10 watts, etc.).

-Aquellos que cubren una banda angosta (35 a 90 Mhz) que se realizan con tubos Klystron y cubren todo el rango de frecuencia de transmisión con varios amplificadores.

Cada opción para los sistemas de emisión presenta ventajas e inconvenientes y su elección depende de varios factores, en la practica es muy importante tener en cuenta lo siguiente

-Los amplificadores a tubos Klystron son menos costosos si hay pocas portadoras a emitir (los Klystron de potencia media son mas simples que los TWT) y tienen

mayor tiempo de vida, pero el sistema de acoplamiento en la dirección de la antena es complicado.

- Cuando se elige un TWT o SSPA es necesario tener en cuenta los productos de intermodulación que necesariamente aparecen cuando se transmiten varias portadoras. Es necesario elegir amplificadores de una potencia de saturación muy superior a la potencia real a emitir a fin de que el punto de funcionamiento se encuentre en la región lineal.

El Amplificador de Bajo Ruido (LNA) :

En las estaciones terrenas se reciben señales provenientes del satélite y éstas llegan con bajos niveles de potencia, debido a las limitaciones de potencia y diámetro de antena a bordo del satélite y otros motivos mas; por lo que es muy importante disponer en el sistema de recepción de la estación terrena, una temperatura de ruido suficientemente pequeña, eligiendo para ello un amplificador a bajo ruido. De otro lado, al elegir una antena con un diámetro dado, un factor de rendimiento y sabiendo que se trabajará con un cierto ángulo de elevación, la temperatura de ruido del sistema de recepción se fija aproximadamente y teniendo en cuenta que ésta no debe ser muy alta, existe interés en que los amplificadores de recepción sean a bajo nivel de ruido (LNA).

El rol del LNA es de amplificar la señal recibida sin afectarla de un ruido suplementario muy elevado, por tanto el factor de ruido y la ganancia de este amplificador son dos de sus principales cualidades.

El Subsistema Convertidor de Frecuencia

Los equipos de transposición de frecuencia tienen por rol, trasladar la frecuencia de FI de 70 Mhz a la frecuencia radioeléctrica de 6 ó 14 Ghz en la etapa de emisión (upconverter) y la de trasladar la frecuencia de 4 ó 11 Ghz a la de FI de 70 Mhz. (downconverter)

Los equipos de transposición de emisión o upconverters pueden realizar cambios de frecuencia directamente es decir en un solo paso o etapa; la portadora modulada en 70 Mhz es trasladada inmediatamente a la frecuencia de emisión de 6 Ghz. También existe transposición a doble frecuencia donde los 70 Mhz se trasladan a un primer paso de 825 Mhz de 2do FI, para luego trasladar esta frecuencia a la frecuencia de transmisión.

Los equipos de transposición de recepción o downconverters realizan básicamente el mismo labor de los de emisión, pero en sentido inverso. En el caso

de la transposición con doble cambio una portadora con frecuencia de recepción, otorgada por el LNA de 4 GHz. se traslada a una frecuencia intermedia de 825 Mhz, para luego ser trasladado a la banda de 70 Mhz.

Las principales características que debe tener esta etapa son la elevada estabilidad de frecuencia y la agilidad de las mismas.

El amplificador de bloque (LNB) :

Existen en el mercado y para propósitos de recepción de señales de broadcasting, equipos con el amplificador de bajo ruido (LNA) y el convertidor de recepción (downconverter) integrados en un solo bloque. Logrando de esta manera no solo un ahorro en el uso de equipo externo sino también en evitar pérdidas de recepción de señal por nivel de ruido.

3.1.2.3.-Subsistema de FI

El presente subsistema esta conformado por el equipo modulador y/o demodulador (MODEM), cuyo rol principal es el de modular la señal de banda base a una portadora de 70 Mhz en FI en la etapa de emisión y en la de recepción demodular la señal recibida también en FI y reconstruir la banda base.

En las comunicaciones vía satélite, existen diversas técnicas de modulación tal como la FDM/FM usada ampliamente en sistemas de telefonía en la red global de Intelsat; pero la modulación digital es obviamente la opción ideal de uso en la transmisión de señales a través del satélite, debido a las conocidas ventajas que conlleva el uso de transmisiones digitales, tales como el incremento de la inmunidad hacia las interferencias, etc. Además de contar con el continuo avance en las tecnologías de digitalización y compresión de señales de telefonía y televisión.

Mientras que la modulación digital puede hacer uso de cualquiera de las características de una señal (amplitud, frecuencia y fase); la modulación por fase es casi la mas usada en las transmisiones satelitales, frecuentemente llamada "Phase Shift Keying" (PSK). Dos estados o bifase PSK es llamado BPSK y cuatro estados o cuadrifase PSK es denominado QPSK, otros números de estados y algunas combinaciones de modulación de fase y amplitud son usados en los enlaces terrestres, pero los usuarios satelitales han adoptado las dos ultimas.

En la modulación BPSK los ceros "0" y los unos "1" son representados por dos fases de la portadora de FI, los que difieren en 180°. Esta señal se puede originar combinando una señal portadora de FI con un tren de pulso de reloj en un

mezclador doblemente balanceado. En el formato de modulación QPSK, cuatro fases de la portadora de FI que difieren en 90° son empleadas para representar a dos pulsos consecutivos del tren de datos. Esta señal puede ser generada utilizando dos mezcladores doblemente balanceados y sumando sus salidas en cuadratura. Es decir, en el formato QPSK dos pulsos de información son codificados a la vez. Tenemos entonces que cuando se transmite un mismo tren de datos en el formato QPSK, la fase de la portadora tendrá que cambiar solamente la mitad de las veces con que cambia la fase de la portadora en el formato BPSK.

Observamos pues que el promedio de cambios que tendrá la señal de RF es proporcional al ancho de banda de la portadora modulada. Como resultado de esto, vemos que el formato de modulación QPSK, utiliza la mitad del ancho de banda que para el caso de BPSK. Sin embargo ambas técnicas son extremadamente eficientes.

Por lo tanto las ventajas que resultan de estas técnicas están a la vista. La técnica sobre la que se apoya el presente trabajo, contempla sistemas comerciales que trabajaran con formatos de modulación QPSK de manera que el ancho de banda utilizado en el satélite sea menor.

Adicionalmente en esta etapa, el equipo de FI usualmente realiza también la codificación para la corrección de errores (Forward Error Correction, FEC), que consiste en la adición de bits redundantes a la información para de esta manera realizar la corrección en el otro lado del enlace. La eficiencia de esta codificación es medida por el número de bits redundantes que pueden ser agregados para detectar o medir un número de errores determinado, en la mayoría de los sistemas de FEC el número de bits redundantes es igual al número de bits de datos, resultando en el incremento al doble de la información a ser modulada y transmitida al satélite (FEC 1/2). La codificación para la corrección y detección de errores es una técnica ampliamente usada, en los sistemas satelitales ya que si existen errores en el transcurso del enlace, éstos son corregidos en el otro extremo sin necesidad de una retransmisión del bloque de datos transmitidos, en algunos casos es innecesario el uso de la codificación ya que el manejo de errores es controlado por el propio protocolo del subsistema de banda base.

3.1.2.4.-Subsistema de Banda Base

Es el subsistema conformado por el o los equipos convertidores de la señal que el usuario desea transmitir hacia el otro extremo del enlace en una trama de

datos. Esta señal puede ser voz, datos o video/audio; según la aplicación que se desee usar en el sistema a implementar.

En el presente proyecto se hará uso de un equipo codificador que recibirá como entrada una señal de video en NTSC y dos señales de audio en estero, para luego mediante un proceso de digitalización y compresión, tener como salida una trama de datos que ingresara al subsistema de FI (módem).

CAPITULO IV DISEÑO DEL SISTEMA

4.1.- Consideraciones de diseño

En el diseño de todo sistema satelital se debe tener en cuenta ciertos criterios para lograr así un mejor planeamiento del mismo

- Criterio de proyección : Es necesario tener muy definidos los requerimientos actuales y la posible proyección al futuro del sistema de radiodifusión, a fin de adquirir equipamiento que no sólo satisfaga las necesidades actuales, sino que con alguna pequeña adición o modificación pueda satisfacer también las futuras.

- Satélite a utilizar : La elección del satélite a usar es fundamental para cubrir las necesidades de cobertura que pueda requerir el sistema. El sistema deberá tener la capacidad de difundir inicialmente en todo el territorio peruano la señal de televisión comercial que se origine en la estación central; para luego en una etapa posterior tener la posibilidad de difundir la señal a nivel latinoamericano. Debido a esto el satélite deberá tener zonas de cobertura o "pisadas" (footprints) que abarquen todo el País y la mayor parte de Latinoamérica, con un nivel de densidad de flujo saturante lo suficientemente fuerte para permitir el uso de antenas de menor diámetro en el segmento terrestre y por ende un ahorro en el costo de las estaciones remotas. Además del aspecto económico (alquiler del segmento espacial, etc.) se deberá tomar en cuenta también la vida útil del satélite a usar. Para el presente sistema se utilizará el satélite PanAmSat 1 (PAS 1) localizado a 315° longitud Este, cuya descripción y parámetros de cálculo principales ya hemos definido anteriormente

- Potencia de transmisión : La potencia de emisión de la estación central deberá ser la mínima necesaria posible a fin de evitar el excesivo consumo de potencia en el transpondedor del satélite, así como la ocurrencia de interferencias en las portadoras vecinas.

- Margen de pérdidas : Se deberá considerar un margen de pérdida de potencia de recepción en las estaciones remotas, considerando diversos factores que puedan

ocasionarla, tales como lluvia constante, nieve sobre el reflector de la antena, posible desapuntamiento de la misma a causa del viento, reflexión del sol sobre el reflector, etc. En este sistema a desarrollar se considerará un margen de 2dB a fin de prevenir los posibles inconvenientes anteriormente descritos.

- Transpondedor a utilizar : Es necesario definir el transpondedor a utilizar en el satélite PanAmSat 1, como ya se ha descrito anteriormente es conveniente utilizar el transpondedor de mayor ancho de banda (transpondedor 17) ya que éste tiene un mayor nivel de potencia isotópica y por ende se logra una mejora de la calidad de señal emitida hacia la tierra, logrando así la posible reducción de las antenas receptoras o una mejor señal de recepción con amplio margen de pérdidas en las mismas.

4.2.- Cálculo de parámetros y diseño del enlace satelital

Para que un enlace de telecomunicaciones por satélite pueda considerarse completo, debe tenerse en cuenta 3 fases importantes a saber :

- Trayectoria ascendente o uplink (estación terrena de transmisión - satélite).
- Tránsito por el satélite.
- Trayectoria descendente o downlink (satélite - estación terrena de recepción).

En cada una de estas fases se toma en cuenta las especificaciones intrínsecas del satélite, que se pueden considerar como un compromiso, y las características específicas de las estaciones terrenas de emisión y de recepción, que se pueden considerar como parámetros flexibles que se pueden disponer, a fin de lograr un enlace con el grado de calidad deseado y así poder ofrecer una mejor calidad de servicio de televisión comercial en todo el país.

4.2.1.- Especificaciones intrínsecas del satélite

Estas especificaciones son esencialmente

- El tipo de cobertura : global, hemisférica, etc.
- El PIRE a saturación.
- La curva de respuesta (backoff de salida / backoff de entrada)
- La densidad de flujo a saturación en la entrada del satélite.
- La sensibilidad o factor de mérito G/T del satélite.
- La contribución del satélite en la degradación de la señal debido a la intermodulación.

4.2.2.-Características específicas de las estaciones terrenas

Estas características son de dos clases

4.2.2.1.-Características geográficas :

La posición geográfica (ubicación) de las estaciones terrenas en el globo terrestre en relación a la posición orbital del satélite en la órbita geoestacionaria, determina de manera definitiva las dos distancias estación terrena / satélite y también las pérdidas de propagación por espacio libre.

4.2.2.2.- Características radioeléctricas :

Estas son esencialmente

- a.- Para la estación terrena de emisión : El PIRE, que implica un compromiso entre las performances de la antena (diámetro, ganancia, etc.) y la potencia del amplificador.
- b.- Para la estación terrena de recepción : La sensibilidad G/T, que implica también un compromiso entre las performances de la antena (ganancia en recepción, temperatura de ruido) y las performances del LNB (temperatura de ruido)

4.2.3.- Procedimiento a seguir en los cálculos de enlace:

De una manera general, los cálculos de enlaces en telecomunicaciones pueden desarrollarse de la siguiente forma

4.2.3.1.-Consideraciones iniciales del sistema

Como ya se mencionó anteriormente se va a hacer uso del transpondedor 17 del satélite PAS 1 debido a que utiliza el haz central. El haz central apunta en forma directa hacia el Perú y presenta parámetros que permiten dimensionar las estaciones terrenas a menor costo. Se asume un margen no menor a 2.0 dB como criterio de diseño. Además para el análisis del enlace se asume los diámetros de las antenas tanto de la estación central como de las estaciones remotas para determinar así la potencia necesaria en la estación central. Todo estos parámetros son detallados en la tabla siguiente

TABLA 4-1

PARÁMETROS INICIALES DE CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

SATÉLITE	PAS 1
Operación del Transpondedor	Multiportadoras
Modo de ganancia	Alta Ganancia

Banda de frecuencia	:	C
Transpondedor	:	17
Frecuencia de subida (GHZ)	:	6.305
Frecuencia de bajada (GHZ)	:	4.080
Ancho de banda (Mhz)	:	72
PIRE (dBw)	:	39
Densidad de flujo de saturación (dBW/m ²)	:	- 86.0
G/T del satélite (dB/°K)	:	- 4
Backoff de Salida (dB)	:	3.5
Backoff de Entrada (dB)	:	8
Modo de acceso al satélite	:	FDMA
Margen de perdidas (dB)	:	2.0
BER	:	10 ⁻⁷
Tipo de Modulación	:	QPSK
Constante del módem estimado	:	1.3
Velocidad de modulación	:	6.6 Mbps
FEC a usar	:	1
ESTACIÓN CENTRAL	:	Lima
Longitud (grados °)	:	77
Latitud (grados °)	:	12
Diámetro de la antena	:	7.6 mts.
ESTACIÓN REMOTA (peor condición)	:	Tacna
Longitud (grados °)	:	70°15'
Latitud (grados °)	:	18°01'
Diámetro de la antena	:	4.5 mts.
ESTACIÓN REMOTA (condición normal)	:	Trujillo
Longitud (grados °)	:	79°
Latitud (grados °)	:	8°06'
Diámetro de la antena	:	3.7 mts.

4.2.3.2.-Cálculo de la distancia de las estaciones terrenas

La distancia que existe entre las estaciones terrenas y el satélite PAS-1 se calculan con la siguiente formula :

$$d^2 = (D + R)^2 + R^2 - 2(D + R) \cdot R \cdot \cos(\Delta Long) \cdot \cos Lat_{est} \quad (4.1)$$

Donde :

d = Distancia de la estación terrena al satélite.

D = Distancia desde la superficie de la tierra al satélite. (35,786 Km..)

R = Radio de la tierra. (6,378 Km.)

$\Delta Long$ = Diferencia de longitud entre la estación terrena y el satélite.

Lat_{est} = Latitud de la estación terrena.

Lat_{est}

Usando la fórmula anteriormente descrita se tienen las distancias de las estaciones terrenas hasta el satélite de los lugares tomados en consideración

Lima : $d = 37,045$ Km..

Tacna : $d = 36,822$ Km..

Trujillo : $d = 37,108$ Km..

4.2.3.3.-Cálculo de los ángulos de elevación y azimuth :

Los ángulos de elevación y de azimuth no son de gran importancia en los cálculos de parámetros de enlace, pero si son importantes en el momento de la instalación de la estación terrena y lograr el primer apuntamiento hacia el satélite.

Estos ángulos resultan de un calculo simple de trigonometría esférica, haciendo intervenir las coordenadas geográficas :

- Longitud y Latitud de las estaciones terrenas

- Posición orbital (Longitud) del satélite.

Elevación :

$$\theta = \text{Tg}^{-1} \left(\frac{Z_o}{\sqrt{X_o^2 + Y_o^2}} \right) \quad (4.2)$$

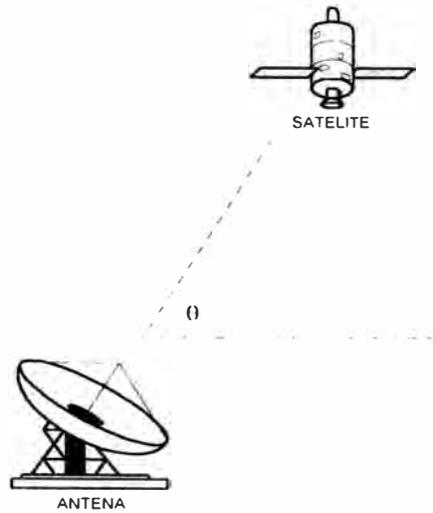


Fig. 4-1: Ángulo de elevación de la estación terrena con referencia al nivel horizontal

Azimuth :

$$\phi = \text{Tg}^{-1} \left[\frac{Y_o}{X_o} \right] \quad (4.3)$$

Donde :

$$X_o = D_{cent} \cdot \text{Cos}(Long_{sat} - Long_{est}) \cdot \text{Sen}(Lat_{est}) \quad (4.4)$$

$$Y_o = D_{cent} \cdot \text{Sen}(Long_{sat} - Long_{est}) \quad (4.5)$$

$$Z_o = D_{cent} \cdot \text{Cos}(Long_{sat} - Long_{est}) \cdot \text{Cos}(Lat_{est}) - R \quad (4.6)$$

Expresados en Km.. y :

$Long_{sat}$ = Longitud expresado en grados de la posición orbital del satélite

$Long_{est}$ = Longitud expresado en grados de la estación terrena

Lat_{est} = Latitud expresado en grados de la estación terrena

R = Radio de la Tierra (6,378 Km..)

D_{cent} = Distancia desde el centro de la Tierra al satélite (42,164 Km..)

Para los casos de las estaciones terrenas en Lima, Tacna y Trujillo, se tomarán los datos de longitud y latitud anteriormente descritos, dando como resultados los siguientes datos de elevación y azimuth por estación.

Lima :	Elevación = 50.53°
	Azimuth = 71.60°
Tacna :	Elevación = 54.27°
	Azimuth = 56.77°
Trujillo :	Elevación = 49.53°
	Azimuth = 78.20°

4.2.3.4.- Cálculo de pérdidas de propagación en el espacio libre

Las pérdidas de propagación en el espacio libre están dadas por la siguiente formula

$$PL = 20. \text{Log} \left(\frac{4. \pi. d. f}{c} \right) \quad (4.7)$$

Donde :

PL = Perdidas de propagación en el espacio libre.

d = distancia de la estación terrena al satélite en mts.

f = frecuencia de operación en Hz.

c = Velocidad de la luz. (3×10^8 mts.)

Como el transpondedor a usar en este diseño es el 17 se toma como dato las frecuencias de la Tabla 4-1 y teniendo adicionalmente las distancias respectivas por cada estación terrena, se obtiene como resultado lo siguiente :

Lima :	$PL_{up} = 199.81$ dB
Tacna :	$PL_{down} = 195.98$ dB
Trujillo	$PL_{down} = 196.04$ dB

4.2.3.5.- Analisis del factor de mérito de una estación terrena (G/T)

Uno de los parámetros característicos que determinan la calidad de recepción de una estación terrena es el llamado factor de calidad, factor de mérito o sensibilidad (G/T), donde G es la ganancia de la antena de recepción en dB y T es la temperatura global de ruido puesto en la entrada del LNA o LNB expresado en °K.

$$G/T = G - 10 \log T \quad (\text{dB/K}^\circ) \quad (4.8)$$

La ganancia de la antena es un parámetro que muchos fabricantes muestran en los catálogos y es el valor que se debe de utilizar. Este valor es variable según el tipo de antena y su fabricación, que pueden ocasionar algunas imperfecciones en la recepción de la señal, tales como :

- En el caso de una antena con reflector tipo Cassagrain, es la perdida ocasionada por la radiación directa de la fuente al exterior del reflector y de éste al reflector principal (spill over).
- La no uniformidad de iluminación del reflector principal en el caso de las antenas de alimentación de foco central, ya que la mayoría de estas antenas son formadas por paneles con juntas para permitir la dilatación de la estructura, una parte de la energía pasa por la separación entre paneles hacia la parte posterior del gran reflector produciendo una perdida de rendimiento que se manifiesta como una contribución de temperatura de ruido.
- El efecto de sombra producido por los soportes del reflector auxiliar

Todos estos factores originan que algunos fabricantes detallen la eficiencia de la antena al momento de ser construida y revisada en fabrica.

La temperatura de ruido equivalente de la estación es descrita en la formula (3.2) del capítulo anterior, detallándose la necesidad de reducir el mismo para obtener una mejor relación G/T.

A continuación se presenta un cuadro de valores para el calculo del factor de mérito de tres tipos de antenas de recepción, usando las fórmulas (3.1) y (3.2) del capítulo anterior.

TABLA 4-2

ANÁLISIS DEL G/T

Diámetro de la antena (mts.)	4.5	3.7	2.4
Frecuencia (GHz)	4.08	4.08	4.08
Ganancia de la antena (dB) +/- 0.2 dB	43.46	41.76	38
Temp. ruido de la antena a 50° de elevación T_u (°K)	28	31	33

Temp. de ruido del LNB T_{LNB} (°K)	65	65	65
Perdidas en el alimentador (dB)	0.1	0.1	0.1
Perdidas en el alimentador L_f	1.02	1.02	1.02
Temperatura total del sistema (°K)	98.33	101.27	103.23

G/T DEL SISTEMA

Ganancia de la antena (dB)	43.26	41.56	37.8
Temperatura total del sistema (dB)	19.93	20.05	20.13
G/T del sistema (dB/°K)	23.33	21.51	17.67

4.2.3.6.- Calculo del ancho de banda de la portadora modulada :

El ancho de banda de la portadora modulada es representada por la siguiente igualdad :

$$BW = Cte_m \cdot \frac{V_{bps}}{FEC} \cdot \frac{1}{Mod} \quad (4.9)$$

Donde :

Cte_m = Constante del módem a usar. Varía desde 1.1 a 1.3 según el fabricante.

V_{bps} = Velocidad de modulación en bps.

FEC = Corrección de errores a usar. (Forward Error Correction)

Mod = Valor según el tipo de modulación a usar en el sistema
(QPSK = 2 BPSK = 1)

Tomando en consideración los parámetros dados en la Tabla 4-1, donde la constante del módem a usar es de 1.30, la velocidad de modulación es de 6.6 Mbps, el FEC a usar por el módem es de uno (1.0) y el tipo de modulación es QPSK; se obtiene el valor de 4.29 Mhz de ancho de banda de la portadora modulada.

4.2.3.7.- Determinación del E_b/N_0 requerido para el sistema :

En la recepción de la señal de video digital en cada estación receptora se espera un BER de 1×10^{-7} para obtener calidad de video del tipo "broadcasting" a entregar al transmisor de televisión; por lo que se debe obtener una relación nivel de energía a ruido (E_b/N_0) de 7 dB, según consta en los catálogos de los equipos receptores de video. Adicionando a este valor el margen de pérdidas de 2.0 dB como consideración de diseño, tenemos un E_b/N_0 de 9.0 dB requerido para el sistema.

Este valor es el mínimo posible que se debe obtener en toda instalación de cada estación receptora del sistema, para asegurar así una buena radiodifusión de video a las localidades remotas.

4.2.3.8.- Determinación de la relación potencia de la señal a ruido espectral del sistema

La relación potencia de la señal a ruido espectral total (C/N_0) requerido del sistema, esta dado por la siguiente formula :

$$\frac{C}{N_0} = \frac{E_b}{N_0} + 10 \cdot \text{Log}\left(\frac{V_{bps}}{FEC}\right) \quad (4.10)$$

Donde :

V_{bps} = Velocidad en bps a la entrada del módem satelital

FEC = Corrección de error usado por el módem (Forward Error Correction)

Sabiendo que la velocidad de modulación a usar V_{bps} es de 6.6 Mbps y que el FEC a usar por el módem es de uno (01), es decir el modulador no usará corrección de error en el sistema; podemos determinar el valor de C/N_0 que es de 77.2 dB-Hz

4.2.3.9.- Cálculo de la relación potencia de la señal a ruido equivalente del sistema :

La relación potencia de la señal a ruido equivalente total (C/N) del sistema está dada por la siguiente ecuación

$$\frac{C}{N} = \frac{C}{N_o} - 10 \cdot \text{Log}(BW) \quad (4.11)$$

Donde :

$\frac{C}{N_o}$ = Relación potencia de la señal a ruido espectral del sistema en
dB-Hz

BW = Ancho de banda de la portadora modulada en Hz.

Teniendo los valores de 77.2 dB-Hz para el C/No y de 4.29 Mhz para el BW se obtiene un C/N total de 10.87 dB.

4.2.3.10.- Calculo del valor de C/N de las etapas de subida y bajada :

Dada la siguiente ecuación (4.12) :

$$\left[\frac{C}{N} \right]^{-1} = \left[\frac{C}{N} \right]_{UP}^{-1} + \left[\frac{C}{N} \right]_{DOWN}^{-1} + \left[\frac{C}{I} \right]_{UP_ADJ}^{-1} + \left[\frac{C}{I} \right]_{DOWN_ADJ}^{-1} + \left[\frac{C}{I} \right]_{ADJ}^{-1} + \left[\frac{C}{I} \right]_{MOR}^{-1} + \left[\frac{C}{I} \right]_{CO_MOR}^{-1}$$

Donde :

$\left[\frac{C}{N} \right]$ = Valor numérico de la relación portadora a ruido equivalente
total.

$\left[\frac{C}{N} \right]_{UP}$ = Valor numérico de la relación portadora a ruido equivalente
en uplink.

$\left[\frac{C}{N} \right]_{DOWN}$ = Valor numérico de la relación portadora a ruido
equivalente en downlink.

$\left[\frac{C}{N} \right]_{UP_ADJ}$ = Valor numérico de la relación portadora a interferencia
con satélite adyacente en uplink. Se asume un valor de
28 dB para C/N_{UP_ADJ}

$\left[\frac{C}{N} \right]_{DOWN\ ADJ}$ = Valor numérico de la relación portadora a interferencia con satélite adyacente en downlink. Se asume un valor de 28 dB para $C/N_{DOWN\ ADJ}$

$\left[\frac{C}{N} \right]_{MOD}$ = Valor numérico de la relación portadora a interferencia por intermodulación. Se usa un valor de 17 dB para C/N_{MOD} .

$\left[\frac{C}{N} \right]_{XPOL}$ = Valor numérico de la relación portadora a interferencia por polarización cruzada (cross-pol). Se asume 21 dB para C/N_{XPOL}

$\left[\frac{C}{N} \right]_{CO\ CHAN}$ = Valor numérico de la relación portadora a interferencia por co-canal. Se asume 27 dB para $C/N_{CO\ CHAN}$

Reemplazando los valores anteriormente detallados, así como el valor de C/N total del sistema obtendremos el siguiente resultado :

$$\left[\frac{C}{N} \right]_{UP}^{-1} + \left[\frac{C}{N} \right]_{DOWN}^{-1} = 0.04878 \quad (4.13)$$

4.2.3.11.-Cálculo del valor de C/N en la etapa de subida (uplink)

El valor de la relación potencia de portadora a ruido equivalente en la etapa de subida al satélite (uplink) está dada por la siguiente ecuación :

$$\frac{C}{N_{UP}} = PIRE_{EST} - PL_{UP} - L_{AIM} + \frac{G}{T_S} - K - 10 \cdot \text{Log}(BW) \quad (4.14)$$

Donde :

$\frac{C}{N_{UP}}$ = Valor expresado en dB.

$PIRE_{EST}$ = Potencia Isotópica Radiada de la estación central en dBw.

PL_{UP} = Pérdidas por propagación en el espacio libre (uplink).

Expresado en dB

L_{ATM} = Pérdidas por absorción atmosférica en el uplink. En dB.

$\frac{G}{T_s}$ = Valor de la relación ganancia a temperatura de ruido del segmento espacial expresado en dB/°K.

K = Constante de Boltzmann (-228.6 dB)

$10.\text{Log}(BW)$ = El valor del ancho de banda ocupada, expresado en dB-Hz.

Luego, podemos reemplazar los valores anteriormente calculados o aquellos dados en las hojas técnicas del satélite. Las pérdidas por propagación en el espacio libre fueron calculadas en el capítulo 4.2.3.4 para la estación central y es de 199.81 dB, las pérdidas por absorción atmosférica en el uplink se consideran de 1 dB, el valor del G/T del segmento espacial es dado por las hojas técnicas del PAS-1 para el transponder 17 y es de -4.0; el ancho de banda ocupado de la señal modulada es de 4.29×10^6 Hz.

La ecuación resultante que determina el valor de C/N en el uplink es de :

$$\frac{C}{N_{UP}} = PIRE_{EST} - 42.53 \text{ dB} \quad (4.15)$$

4.2.3.12.-Cálculo del valor de C/N en la etapa de bajada (Downlink)

El valor de la relación potencia de portadora a ruido equivalente en la etapa de bajada a la estación de recepción está dada por la siguiente ecuación (4.16):

$$\frac{C}{N_{DOWN}} = PIRE_{SAT} - BO_O - PL_{DOWN} - L_{POINT} - L_{ATM} - L_{POL} - L_{LNA} + \frac{G}{T_{ANT}} - K - 10.\text{Log}(BW)$$

Donde :

$\frac{C}{N_{DOWN}}$ = Valor expresado en dB.

$PIRE_{SAT}$ = Potencia Isotópica Radiada Efectiva del satélite hacia la estación de recepción. Expresado en dBW/m²

BO_O = Backoff de salida del satélite. Expresado en dB.

PL_{DOWN} = Pérdidas por propagación en el espacio libre.

L_{ATM} = Pérdidas por absorción atmosférica en downlink.

L_{POINT} = Pérdidas por apuntamiento de la antena de recepción.

L_{POL} = Pérdidas por polarización.

L_{LNA} = Pérdidas en la línea de transmisión antes del LNA.

$\frac{G}{T_{ANT}}$ = Valor de la relación ganancia a temperatura de ruido de la estación receptora. Es expresado en dB/°K.

K = Constante de Boltzmann (-228.6 dB)

$10 \cdot \text{Log}(BW)$ = El valor del ancho de banda ocupada, expresado en dB-Hz.

Luego, reemplazando las variables en la ecuación anterior con los valores de $PIRE_{SAT}$ igual a 39 dBw, el PL_{DOWN} en la ciudad de Tacna, ciudad con menor nivel de recepción, es de 195.88 dB; las pérdidas por absorción atmosférica L_{ATM} se consideran de 1 dB; las pérdidas por apuntamiento de la estación L_{POINT} , se asumen de 0.1 dB; L_{POL} se considera 0.1 dB, L_{LNA} se asume 0.08 dB y el G/T de la estación de recepción es de 23.33 dB para una antena de 4.5 mts. de diámetro. Se logra una nueva ecuación teniendo como única variable el valor de BO_O .

$$\frac{C}{N_{DOWN}} = 27.44 - BO_O \quad (4.17)$$

4.2.3.13.- Cálculo del backoff de entrada por portadora del satélite

El Backoff de entrada por portadora del satélite es la diferencia entre el valor de la densidad de flujo en saturación del satélite y la densidad de flujo ocasionada por la recepción de la portadora utilizada :

$$BO_I = W_{SAT} - W \quad (4.18)$$

Donde :

$$W = PIRE_{EST} - PL_{UP} - L_{ATM} + G_m^2 \quad (4.19)$$

Reemplazando :

$$BO_I = W_{SAT} - PIRE_{EST} + PL_{UP} + L_{ATM} - G_m^2 \quad (4.20)$$

BO_I = Backoff de entrada por portadora del satélite (dB)

W_{SAT} = Densidad de flujo en saturación del satélite (dBW/m²)

$PIRE_{EST}$ = Potencia Isotrópica Radiada Efectiva de la estación central (dBw)

PL_{UP} = Pérdidas en el espacio libre en uplink (dB)

L_{ATM} = Pérdidas por absorción atmosférica (dB)

G_m^2 = Ganancia de un metro cuadrado $(10 \cdot \text{Log} \left[4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{f}{c} \right)^2 \right])$ = Gain

of Square meter)

De esta manera, el backoff de entrada al satélite es determinado por la Densidad de flujo en saturación del satélite cuyo valor es de -86 dBW/m², las pérdidas en el espacio libre en la etapa de subida o uplink y cuyo valor fue anteriormente calculado en 199.81 dB, las pérdidas por absorción atmosférica que se asumen del valor de 1 dB y la ganancia de un metro cuadrado (G_m^2) a la frecuencia de 6.305 Ghz, es de 37.4 dBi. Reemplazando estos valores en la fórmula obtendremos lo siguiente

$$BO_I = 77.4 - PIRE_{EST} \quad (4.21)$$

4.2.3.14.-Cálculo de la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva de la estación central :

De las hojas técnicas del satélite PAS-1 se obtiene que la relación entre el backoff de entrada y el backoff de salida del transponder 17 es de 2.5, por lo tanto se puede definir la siguiente ecuación

$$BO_O = BO_I - 2.5 \quad (4.22)$$

Reemplazando en la ecuación (4.21) se obtiene :

$$BO_O = 74.9 - PIRE_{EST}$$

Usando la ecuación (4.17) se obtiene :

$$\frac{C}{N_{DOWN}} = PIRE_{EST} - 47.46$$

Y luego usando la anterior ecuación y la (4.15) :

$$\frac{C}{N_{UP}} = PIRE_{EST} - 42.53 \text{ dB}$$

En la ecuación (4.13) :

$$\left[\frac{C}{N} \right]_{UP}^{-1} + \left[\frac{C}{N} \right]_{DOWN}^{-1} = 0.04878$$

Podemos despejar el valor del $PIRE_{EST}$ en:

$$\frac{1}{10^{\left(\frac{PIRE_{EST} - 42.53}{10} \right)}} + \frac{1}{10^{\left(\frac{PIRE_{EST} - 47.46}{10} \right)}} = 0.04878 \quad (4.23)$$

Resolviendo obtenemos :

$$PIRE_{EST} = 61.79 \text{ dBw}$$

$$\frac{C}{N_{DOWN}} = 14.33 \text{ dB}$$

$$\frac{C}{N_{UP}} = 19.26 \text{ dB}$$

4.2.3.15.-Cálculo de la potencia de transmisión necesaria en la estación central :

La potencia de transmisión en watts necesaria en la estación central en Lima se obtiene de la siguiente ecuación

$$PIRE_{EST} = P_S - BO_{HPA} + G_{ANT} - L_{TL} - L_{DL} - L_{POL} - L_{POINT} \dots \dots \dots (4.24)$$

Donde :

- $PIRE_{EST}$ = PIRE de la estación transmisora.(dBw)
- P_S = Potencia de transmisión necesaria en el PA (dBw)
- BO_{HPA} = Backoff de salida del transmisor (dB)
- G_{ANT} = Ganancia de la antena de transmisión de 7.6 mts. (dB)
- L_{TL} = Pérdidas en la línea de transmisión o Guía de Onda.
- L_{DL} = Pérdidas en el diplexor.
- L_{POL} = Pérdidas por polarización
- L_{POINT} = Pérdidas por apuntamiento de la antena transmisora.

Reemplazando los valores respectivos en la formula mencionada y teniendo en cuenta que se asume un backoff de salida del amplificador de 0 dB, debido a que sólo se esta emitiendo una sola portadora (seria un valor de 6 dB si la operación fuera multiportadora) la ganancia de la antena de 7.6 mts. es de 51.65 dB, valor que fue determinado con anterioridad. Las pérdidas en la guía de onda es de 0.01 dB, las pérdidas en el diplexor pueden asumirse de 0.5 dB, las pérdidas por polarización son de 0.1 dB y las pérdidas por apuntamiento de la antena transmisora se pueden asumir de 0.1 dB.

El resultado de la potencia del transmisor en saturación es:

$$P_S = 10.85 \text{ dBw}$$

y transformándolo en watts se obtiene

$$P_S = 12.16 \text{ watts}$$

Que es la potencia necesaria para emitir una portadora al transpondedor 17 del PAS-1 y ser recibida con una antena de 4.5 mts. en la ciudad de Tacna.

Usando esta misma potencia de emisión en la estación central, procederemos a evaluar el E_b/N_0 que obtendríamos en la ciudad de Trujillo con una antena de 3.7 mts. de diámetro. El factor de mérito G/T de la estación de recepción es de 21.51 dB, el BOO es de 13.11 dB, las pérdidas por propagación en el espacio libre PL_{DOWN} son de 196.04 dB, la Potencia Isotrópica Radiada del satélite en la zona de Trujillo es máxima con el valor de 42 dBw (según gráfico 3-10 de PanAmSat) todos estos datos se reemplazan en la ecuación (4.17) obteniendo un $\frac{C}{N_{DOWN}}$ de 15.35 dB. Asumiendo que el valor de $\frac{C}{N_{UP}}$ sea el mismo, así como todos los demás datos en la ecuación (4.12), se obtiene un valor $\frac{C}{N}$ de 13.496 dB.

De la ecuación (4.10) y (4.11) tenemos :

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} + 10 \cdot \text{Log}(BW) - 10 \cdot \text{Log}\left(\frac{V_{bps}}{FEC}\right) \quad (4.25)$$

Reemplazando tenemos que el E_b/N_0 es de 11.62 dB, valor al que se le puede restar 7 dB (mínimo necesario para obtener un BER de 1×10^{-7} en el receptor) obteniendo un margen de 4.62 dB, cumpliendo ampliamente con el requisito inicial de tener un margen de 2 dB en el sistema.

A continuación se estimará también el margen que se obtendría si usáramos una estación de 2.4 mts. en la ciudad de Trujillo, por lo que usando la fórmula (4.16) con un G/T de 17.67 dB, y el mismo PIRE según gráfico de 42 dBw, obtendríamos un $\frac{C}{N_{DOWN}}$ de 11.51 dB, asumiendo que el valor de $\frac{C}{N_{UP}}$ sea el mismo, así como todos los demás datos en la ecuación (4.12), se obtiene un valor $\frac{C}{N}$ de 9.37 dB. Usando la ecuación (4.25) tendríamos un E_b/N_0 de 7.5 dB, y que restando el valor de 7 dB que es el nivel mínimo para obtener un BER adecuado en el receptor, obtendríamos 0.5 dB de margen de pérdidas, haciendo imposible el uso de una antena de 2.4 mts. en cualquier zona del país.

4.3.- Dimensionamiento de las estaciones terrenas

Según el cálculo de enlace realizado en páginas anteriores, se ha determinado que la estación central tendrá una antena parabólica de 7.6 mts. y un amplificador SSPA de 20 Watts como mínimo para irradiar la señal digital que llevará información de video y audio comprimido a las estaciones remotas y proporcionar un margen de 2 dB en una estación de 4.5 mts. en la zona con menor PIRE del satélite, la ciudad de Tacna. Se debe tener en cuenta que este SSPA deberá ser redundante en línea, es decir si por algún motivo el PA activo presentara fallas el otro que se encontraría en "stand by" se active en forma automática, protegiendo de esta manera el enlace satelital y por consiguiente haciendo que la programación televisiva existente en el momento sufra un corte de duración mínima.

En las demás ciudades del país se usarán antenas de diferentes tamaños según la zona con mayor o menor PIRE del satélite (según gráfico 3-10 del PanAmSat); para aquellas zonas con menor PIRE, se recomienda el uso de antenas de 4.5 mts. de diámetro, de preferencia sólidas, hechas de fibra de vidrio con alma de aluminio y para aquellas zonas con mayor PIRE se recomienda el uso de antenas de 3.7 mts. de diámetro también sólidas (estas antenas ofrecen una mejor performance que las de malla convencionales) usando amplificadores de bloque (LNB) de 65 °K para garantizar una buena calidad de señal de video y audio.

Existen en el mercado amplificadores de bloque (LNB) con temperatura de ruido de hasta 45°K tipo PLL que mejorarían significativamente la relación Eb/No y por consiguiente también el margen de pérdidas, sería recomendable el uso de estos tipos de LNB en todas las estaciones de recepción del País.

CAPITULO V IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

La implementación de este Sistema de Radiodifusión de Video Digital Comprimido Vía Satélite, se realizará enfocándose a las necesidades de una empresa de radiodifusión de televisión comercial cuyo objetivo principal es el de obtener la preferencia del público, y que se logra no solamente con una adecuada programación en el transcurso del día, sino también ofreciendo una alta calidad de video y audio con cobertura a nivel nacional y a muy bajo costo en el alquiler del segmento espacial.

El presente sistema a implementar es del tipo unidireccional, es decir existirá una estación central que emitirá una señal al satélite y varias estaciones remotas pequeñas que recibirán esta señal y la difundirán localmente; para el presente proyecto no existe una emisión desde las remotas hacia la estación central.

La estación central deberá estar de preferencia ubicada en el mismo local central de la empresa radiodifusora en donde se realice y se procese toda la programación que será difundida a nivel nacional. También deberá implementarse un sistema con redundancia 1:1 es decir un sistema ofreciendo el servicio programado y el otro en "stand-by" si sucede el caso de una falla presentada en el sistema primario. La señal de video NTSC y el audio proveniente de la sala de programación serán ingresados al codificador compuesto, equipo que procesará la imagen y el audio, para convertirlos en un tren digital de 6.6 Mbps usando las técnicas de compresión de video más óptimas, tales como la transformada discreta del coseno (DCT, Discrete Cosine Transformation) y la compensación del movimiento (motion compensation) anteriormente descritas. Este tren de datos será ingresado al modulador QPSK, que realizará la modulación con una portadora de FI en el intervalo de 52 a 88 Mhz (típicamente 70 Mhz) usando cuadratura de fase. La señal modulada en FI ingresará al subsistema de RF, conformado por el convertidor de subida (upconverter) y por el amplificador de potencia de estado

sólido (SSPA), quienes procesaran la señal para convertirla a la frecuencia de subida del satélite en la banda C (5.925 a 6.425 Mhz) y con la potencia suficiente para compensar las pérdidas sufridas en el viaje de subida hacia el satélite (atenuación atmosférica). Esta señal en banda C será ingresada al alimentador de la antena principal en uno de los puertos de emisión con polaridad horizontal (el transponder a usar en el PánAmSat 1 es el 17, cuya antena de recepción recibe en polarización horizontal), la antena de 7.6 mts. irradiará al satélite la señal con la potencia suficiente para lograr una buena recepción en las antenas del mismo y por consiguiente obtener una buena potencia de transmisión desde el satélite hacia las zonas cubiertas por el haz central en el Perú.

Las estaciones remotas serán distribuidas en las principales ciudades del País, y en las localidades en donde se tenga las facilidades necesarias para una adecuada difusión de la señal tales como licencia ministerial para el uso de la frecuencia de televisión, equipamiento electrónico necesario para la transmisión y propagación de la frecuencia fijada, personal con un adecuado entrenamiento para el mantenimiento total del sistema. etc. Si bien es cierto existen algunas ciudades de carácter principal no se ha proyectado el sistema para que exista redundancia automática en las estaciones remotas. Las antenas de recepción (típicamente de 4.5 mts.) recibirán la señal irradiada desde el satélite en la frecuencia de bajada en banda C (3.7 a 4.2 Ghz) y será ingresada al alimentador que a su vez derivará la señal al amplificador de bloque de bajo ruido que se encontrará instalado en el puerto de recepción en polaridad vertical (La antena de transmisión del transponder 17 del PAS 1 emite en polaridad vertical). Este amplificador de bloque procesará la señal amplificándola y convirtiéndola a una frecuencia mas baja (Banda L, 950 - 1450 Mhz), para luego ser tomada por el demodulador QPSK que se encargará de transformarla a una señal digital de 6.6 Mbps de velocidad y que será enviada al decodificador compuesto para su ultima conversión a la señal de video NTSC y audio en estéreo que se originaron en la estación central. Estas señales serán ingresadas al transmisor de televisión que se encuentra en el local para su amplificación y posterior propagación usando las antenas de VHF adecuadas.

A continuación detallaremos un diagrama esquemático del sistema a implementarse en la estación central y en las remotas.

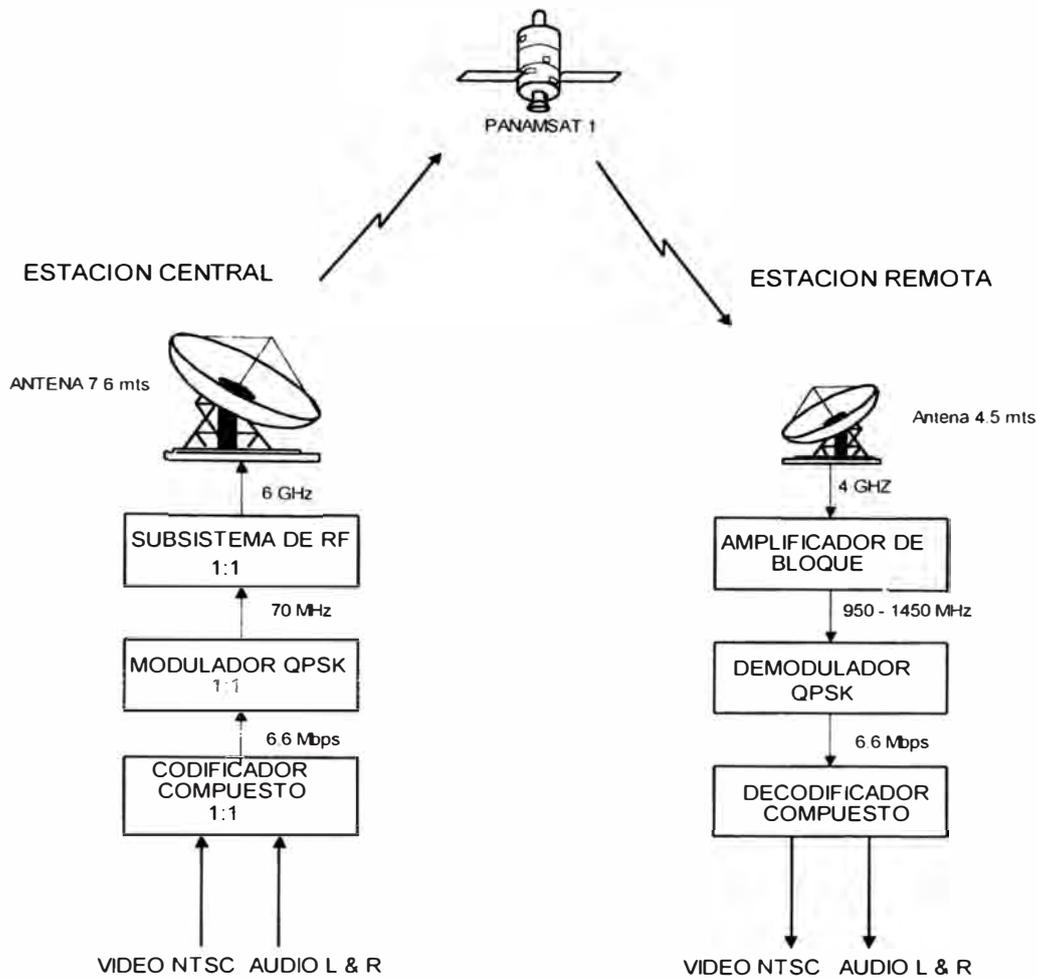


Fig. 5-1: Diagrama esquemático de los equipos a implementar

5.1.-Estudio de campo :

Previo a la instalación de los equipos del sistema y a la construcción de la antena parabólica, es necesario realizar el estudio de campo o inspección del sitio a instalar; para así determinar las necesidades existentes, ya sea calidad de energía AC, espacio suficiente para la instalación de la antena, etc. A continuación detallaremos los requerimientos básicos para poder instalar la estación central y las estaciones remotas:

5.1.1.- Ambiente para la instalación de equipos :

El ambiente para la instalación de los equipos de uso interno (INDOOR) tanto en la estación central como en las estaciones remotas; deberá ser debidamente acondicionado para que tenga una temperatura y porcentaje de humedad estables, libres de polvo y con la seguridad necesaria para el correcto

funcionamiento durante las 24 horas del día. Los equipos de la estación central deberán ser instalados en dos (02) racks metálicos de la suficiente capacidad como para albergar la configuración redundante de los mismos; en las estaciones remotas el equipo interno será albergado en un pequeño rack o bastidor muy próximo al equipo transmisor de Televisión.

5.1.2.- Energía Alterna AC :

Debido a que el servicio de radiodifusión de televisión comercial será de 24 horas; todos los equipos de la estación central deberán ser alimentados por una unidad de alimentación ininterrumpida (U.P.S.) proveyendo energía 220 VAC con forma de onda sinusoidal pura y con filtros EMI/RFI para suprimir las posibles inducciones que se puedan producir. Esta U.P.S. deberá tener aproximadamente ocho (08) horas de autonomía y estar respaldada por un grupo electrógeno con la suficiente potencia para garantizar el funcionamiento continuo del sistema.

En las estaciones remotas el equipo receptor deberá estar alimentado de la misma fuente de la que se provee a todos los equipos de televisión, y que se encuentra ya existente.

5.1.3.-Lugar de instalación de la antena

En la estación central se instalará una antena parabólica de 7.6 mts. de diámetro por lo que se deberá escoger un lugar adecuado para la construcción de la misma. Este lugar a elegir, ya sea sobre el techo de un edificio o sobre el suelo deberá cumplir con ciertos requerimientos

- Línea de vista hacia el satélite PanAmSat 1
- Cercanía al ambiente donde están situados los equipos internos.
- Libertad de movimiento tanto en azimuth como en elevación (A fin de poder cumplir con las pruebas de calificación de PanAmSat)
- Fácil acceso a las instalaciones de la antena por personal autorizado.
- Estabilidad de la antena para evitar posibles movimientos de la misma ocasionados por el terreno sobre el cual esta soportada.

Esta antena de 7.6 mts. deberá estar instalada sobre un cimiento hecho a base de concreto reforzado. Si es instalada sobre el techo de un edificio deberá consultarse al arquitecto del mismo para saber cuales son los lugares donde la estructura del edificio pueda soportar el peso de la antena.

Las condiciones de los lugares donde se ha de instalar las antenas de las estaciones remotas deberán cumplir los mismos requerimientos detallados anteriormente.

5.2.-Descripción de equipos a usar :

5.2.1.-Equipos en la estación central

La estación central localizada en la ciudad de Lima estará conformada por los siguientes equipos y sistemas

-01 antena parabólica de Tx/Rx de 7.6 mts. de diámetro.

-01 alimentador de 04 puertos.

-02 transceptores de radio frecuencia en banda C en configuración 1:1 y conformados por :

- 02 amplificadores de potencia de estado sólido (SSPA) de 20 Watts de uso en exteriores ("outdoor")
- 02 convertidores de frecuencia de subida (upconverter) de uso en exteriores ("outdoor") en configuración 1:1.
- 02 equipos de uso en interiores ("indoor") para monitoreo y control de los equipos en exteriores
- 01 equipo controlador de redundancia para exteriores.

-01 amplificador de bloque de 45 °K tipo PLL

-02 moduladores de FI. en configuración 1:1

-02 codificadores compuestos de video, audio y datos.

-02 codificadores de audio en estéreo dolby.

5.2.1.1.-Antena parabólica de transmisión / recepción :

Este sistema de antena perteneciente a la firma ANDREW CORPORATION modelo ES76, tiene 7.6 mts. de diámetro y cumple o excede las recomendaciones de la U.S. FCC 25.209, para los requerimientos del espaciamiento de 2° entre satélites geoestacionarios. Es del tipo Gregorian y está compuesto de 16 paneles de aluminio para el reflector principal ofreciendo una alta ganancia y excelentes características de patrón de radiación, tiene una estructura de acero que garantiza una resistencia al viento de hasta 200 Km./h, en cualquier posición de operación. Esta antena posee también un compartimiento para equipos, de proporciones mayores al estándar dando así un adecuado espaciamiento para la instalación de equipos de uso exterior tales como alimentador, PA y convertidores de frecuencia.

Para el presente proyecto la antena será determinada del tipo manual, es decir sin la presencia de motores que controlen los movimientos de azimuth y elevación; ya que la antena sólo va a ser direccionada al satélite PAS-1 no existe necesidad de control de apuntamiento o movimiento de la antena, salvo en el momento del "comisionamiento", o pruebas de aceptación realizadas bajo supervisión del centro de control del PAS-1.

A continuación se describirá algunas de las mas importantes características de esta antena:

TABLA 5-1
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DE LA ANTENA DE Tx/Rx

Banda de frecuencia de operación	Tx: 5.850-6.425 Ghz Rx: 3.625-4.2 Ghz
Ganancia (+/- 0.2dB)	Tx: 52.7 dBi a 6.175 Ghz Rx: 49.0 dBi a 4.000 Ghz
Polarización	Circular o Lineal Co-Polar o Cross-polar (según el alimentador a implementar)
Discriminación de polarización	> 35 dB entre las polarizaciones lineales
Ancho de banda	Rx: 0.58° en los 3 dB de ancho de banda Tx: 0.39° en los 3 dB de ancho de banda
Temperatura de ruido	15°K en 50° de elevación de antena 19°K en 30° de elevación 28°K en 10° de elevación

Mayores detalles acerca de las características de la antena principal se encuentra en el folleto localizado al término del trabajo.

5.2.1.2.-Alimentador de 04 puertos

El alimentador que se usará en la antena principal también es de la firma ANDREW CORPORATION, y consta de un polarizador de 04 puertos (Tx/Rx) del tipo Co-Polar, es decir los dos puertos de emisión están distribuidos físicamente en el combinador de tal manera que difieren entre si en un ángulo de 90°, haciendo que la emisión de la frecuencia de subida se realiza en polaridades horizontal o vertical, según el puerto que se elija introducir la señal proveniente del amplificador

de potencia. Los dos (02) puertos de recepción también están distribuidos físicamente de manera semejante que los de emisión, ofreciendo una recepción de la señal tanto en polaridad horizontal como en vertical, según el puerto de recepción que se elija.

A continuación presentamos algunas de las características de este combinador que se usara en el presente proyecto

TABLA 5 - 2
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DEL POLARIZADOR DE 04 PUERTOS

Modelo	4CLPC – 76
Polarización	Lineal Co-Polar
Frecuencia	Tx.: 5.925 - 6.425 Ghz Rx.: 3.7 - 4.2 Ghz
Interface	Tx port. : CPR137G Rx port. : CPR229G

Mayores detalles en el apéndice anexo al trabajo.

5.2.1.3.-Transceptor de Radio Frecuencia :

El transceptor de RF TGS-7100 de la firma TITAN SATCOM es un conjunto de módulos de conversión de frecuencia y amplificador de potencia diseñados para brindar una flexibilidad de configuración, rápida instalación y un simplificado modo de operación. El TGS-7100 consiste de un IDU (indoor unit) y un ODU (outdoor unit) conectados mediante dos cables de FI, uno de subida y el otro de bajada de señal.

El IDU contiene una fuente de poder, controladores de nivel de potencia para el ajuste de compensación de cable, un oscilador de cristal de 10 Mhz para referencia y un módulo de monitoreo y control de los equipos externos. La fuente de poder es de propósito especial ya que introduce en el cable coaxial de subida en FI, un voltaje de alimentación de 54 VDC para energizar los equipos de uso externo ODU. Los controladores de niveles de potencia en el cable de subida o de transmisión son necesarios para compensar las perdidas ocurridas por la longitud

del cable desde la unidad interna (IDU) hacia la externa (ODU) por lo que este equipo hace posible la distancia entre ambos hasta un máximo de 1000 pies. Este equipo IDU tiene una pantalla de LCD y un teclado en la parte frontal, mediante el cual se puede configurar y monitorear el equipo ODU, de manera sencilla y sin necesidad de estar cerca a la antena parabólica.

El ODU consiste de un (01) módulo de radio, conteniendo los equipos conversores de frecuencia y un (01) amplificador de potencia desmontable a fin de ser fácilmente reemplazado por equipos de mayor potencia dependiendo del crecimiento de la estación terrena.

El módulo de radio consiste de un convertidor DC/DC de 58 Volts a diferentes voltajes, requeridos para energizar los diferentes circuitos internos; un multiplexor para disgregar la señal proveniente desde el IDU en el cable de subida (uplink) que son la señal portadora (52-88 Mhz) hacia los conversores de frecuencia, los 10 Mhz del oscilador de referencia y los tonos de M&C (Monitoreo y Control) hacia los circuitos sintetizadores de frecuencia, que son los osciladores locales para los circuitos convertidores de frecuencia que se encuentran en el interior de este módulo. El circuito convertidor de bajada (downconverter) también provee un voltaje de 15 VDC a fin de alimentar el equipo LNA teniendo como medio de interconexión un cable coaxial.

El módulo amplificador de potencia (PA) es de estado sólido y será de 20 watts según diseño, pero el equipo ofrece un fácil reemplazo por un amplificador de mayor potencia (150 watts TWT), cuando las necesidades de la estación terrena así lo requieran. Contiene en su interior un sensor de temperatura y un controlador de on/off para apagar el amplificador en forma automática cuando éste sobrepase el límite de temperatura de operación.

El módulo controlador de redundancia TGS - 7500 es diseñado para operar con transceptores de RF TITAN SATCOM. Esta unidad es montada junto a los módulos externos ODU a fin de brindar un intercambio automático en transmisión, recepción y FI, en caso uno de los equipos presentara un desperfecto.

A continuación detallamos un sumario de las especificaciones mas importantes del equipo

TABLA 5 - 3
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DEL TRANSCEPTOR DE RF

Modelo	TGS 7100
Banda de frecuencia de transmisión	Estándar 5.925 - 6.425 Ghz Extendida 5.850 - 6.425 Ghz
Banda de frecuencia de recepción	Estándar 3.7 - 4.2 Ghz Extendida 3.625 - 4.2 Ghz
Banda de FI de entrada	70 Mhz ±18 Mhz
Banda de FI de salida	70 Mhz ±18 Mhz
Potencia de transmisión	A pedido 5 / 10 / 20 w SSPA y 150w TWT
Compensación de perdidas en cable	Ajustable desde el IDU en un rango de 15 dB.
Nivel máximo de potencia en la entrada	-10 dBm
Nivel de ganancia de Tx vs. Frec.	1 dB pk/pk over any 10 Mhz 3 dB pk/pk over 36 Mhz
Estabilidad de ganancia de Tx. vs Temperatura	4 dB pk/pk, -40 a 60 °C
Espurias de salida	-60 dBc
Productos de intermodulación de 3° orden	-20 dBc
Tipo de conector en 70 Mhz Tx/Rx hacia el modulador	75 Ohms/BNC
Tipo de conector en cable FI desde el IDU hacia el ODU	Tipo "N", 50 Ohms
Interface de Tx a 6 Ghz / VSWR	CPR - 137 / 1.50:1 Max.
Interface de LNA a 4 Ghz / VSWR	CPR - 159 / 1.50:1 Max.
Potencia de consumo AC	115 / 230 VAC ±15% 47 / 63 Hz 150 - 400 VA
Humedad	100 % Relativo

En el anexo indicado se encontrará mayor información técnica del mismo.

5.2.1.4.- Modulador de Frecuencia Intermedia

El subsistema modulador de la estación central conformada por 02 equipos, logrando una redundancia 1:1 pertenecen a la firma FAIRCHILD mod SM2900, con una tarjeta especial de modulación que le permite recibir velocidades de 3.3 ó 6.6 Mbps, para propósitos de modulación de video digital. Con capacidades de codificar en forma secuencial o Viterbi, tipos de modulación QPSK o BPSK y con un FEC de 1, 0.5 ó 0.75, el módem FAIRCHILD puede también ser configurado para operar en las bandas de 70 ó 140 Mhz. Para el presente proyecto se configurará el módem para ser usado a una velocidad de 6.6 Mbps, codificación secuencial, modulación QPSK y usando un FEC de 1 es decir la corrección de errores es realizado por los codificadores y decodificadores de video. A continuación se detalla un sumario de las principales características del equipo.

TABLA 5 - 4

CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DEL MODULADOR / DEMODULADOR DE FI

Marca	FAIRCHILD
Modelo	SM2900
Modulación	QPSK
Data rate and code rate	Secuencial, FEC 1, 6,600 Kbps Secuencial, FEC 1, 3,300 Kbps
Clock options	Normal o Invertido Tx & Rx. independientes.
Potencia de salida	-5 a -25 dBm en pasos de 0.1 dB, con una estabilidad de +/- 0.25 dB.
Frecuencia de salida	50 - 180 MH, en pasos de 2.5 KHz
Impedancia de salida	75 Ohms
Rango de potencia de entrada	-35 a -55 dBm
Frecuencia de entrada	50 - 90 Mhz ó 100 - 180 MHz.
Impedancia de entrada	75 Ohms
Interface de datos	RS- 449 , V.35 o G.703 (2.048 Mbps)
Size	3.5 " altura, 19" ancho y 22" profundidad
Peso	15 libras.
Consumo	110 watts

Temperatura +10 a +40 °C en operación.

Para mas información consultar con los anexos adjuntos al presente trabajo.

5.2.1.5.- Codificador compuesto de data, video y audio

El subsistema codificador que se utilizará en el presente sistema estará conformado por el equipo SPECTRUM SAVER de la compañía CLI (Compression Labs Incorporated) y por el equipo codificador de audio en estéreo DP85 de la compañía DOLBY. Ambos equipos y los equipos de recepción IRD (Integrated Receive Decoder), conforman el subsistema de banda base que procesa las señales de video, audio y data para su codificación/decodificación.

El SPECTRUM SAVER tiene diez módulos principales

1. Controlador del sistema.
2. Módulo de entrada de video.
3. Módulo de salida de video.
4. Módulo de memoria.
5. Módulo de bucle/transformación.
6. Módulo de compensación de movimiento.
7. Módulo codificador.
8. Controlador de comunicaciones.
9. Módulo decodificador.
10. Pantalla y teclado.

En la siguiente figura se presenta un diagrama de bloques de las partes principales del codificador.

1. Controlador del Sistema

El controlador del sistema es la unidad de procesamiento central (CPU) del codificador y es la encargada de controlar el bus del sistema, y tiene acceso a todos los módulos del sistema.

El controlador del sistema tiene cinco funciones principales.

- Inicialización del sistema.
- Diagnostico del sistema.
- Control de los módulos de hardware.
- Control del interfase al usuario.
- Control adaptativo.

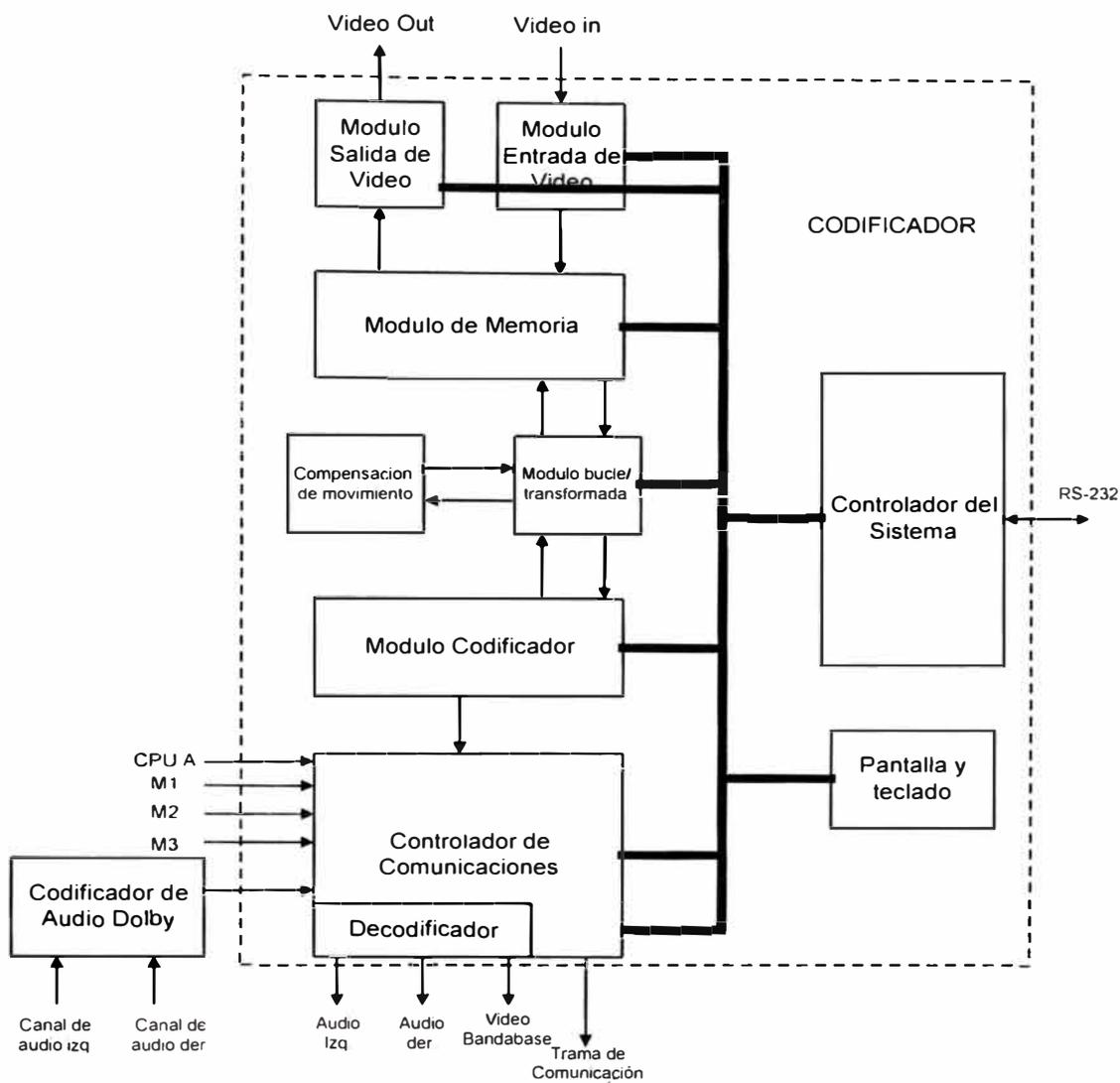


Fig. 5-2 : Diagrama de bloques del Codificador compuesto SPECTRUM SAVER de CLI

El equipo puede ser comparado a un sistema de computadora con diferentes periféricos, el controlador del sistema es el procesador central, todos los otros módulos o subsistemas son los periféricos. El controlador realiza sus funciones de administración del sistema, manejando interrupciones y requerimientos de servicio, y controlando los contenidos de los registros de control en los módulos de hardware del sistema.

2. Módulo entrada de video :

El módulo entrada de video recibe una señal de video análoga (formato NTSC) y la muestrea a un tiempo periódico, el resultado del muestreo es convertido

a un "stream" digital. Este "cuadro" digital es luego convertido hacia un bloque de datos antes de ser transferido al módulo de memoria.

3. Módulo salida de video :

Este módulo recibe una trama de video digital desde el módulo de memoria. La señal digital es convertida a una señal análoga, que es formateada conforme con el tipo de pantalla local a ser usada. Esta señal (sólo monocroma) es usada para monitorear el estado del módulo de memoria para propósitos de diagnóstico.

4. Módulo de memoria :

El módulo de memoria tiene tres partes principales

- Memoria de tramas de entrada, que almacena los datos recibidos por el módulo de entrada de video.
- Memoria de tramas de salida, que provee al módulo de salida de video una señal análoga NTSC.
- Memoria de referencia, que duplica la memoria del receptor (IRD) para enviar diferencias.

5. Módulo bucle / transformada :

Este módulo realiza las decisiones de modo, realiza las transformadas de coseno inverso y provee diferencias y no-diferencias de los datos. También reconstruye la memoria de referencia.

6. Módulo de compensación de movimiento :

Cuando es insertado este módulo, reemplaza las decisiones lógicas de modo en el módulo de bucle / transformada y adiciona el modo de compensación de movimiento al árbol de decisiones.

7. Módulo codificador :

Analiza la data transformada desde el módulo de bucle / transformada y lo codifica de la mas eficiente manera.

8. Controlador de comunicaciones :

Este controlador es el multiplexor para todos los tipos de datos enviados por el codificador. Recibe la señal de video comprimido, la señal de audio codificada Dolby y los datos del usuario que desee incluir; para luego ser multiplexados hacia una sola trama de comunicaciones como se muestra en la siguiente figura.



Fig. 5-3 : Trama de comunicación para 2.9 y 3.3 Mbps (baja velocidad)

Donde :

SYNC	Carácter de sincronización 11001100
CPU A	Canal de datos CPU A
X	Campo reservado
VDATA	Bandera para indicar la presencia de video digital in VIDEO (1=yes 0 = no; usado para datos de usuario)
M1	Canal de datos Menú 1
M2	Canal de datos Menú 2
M3	Canal de datos Menú 3
AUDIO	Datos de audio. Campo seria de 0 ó 150 bits
VID/OP	Video digital o datos del usuario
FEC	Datos usados para la corrección de errores.

9. Módulo decodificador :

El controlador de comunicaciones tiene internamente una unidad decodificadora para monitorear la operación del audio y el video comprimido. No monitorea los caracteres en los campos de menú, ni los comandos en el campo CPU A o el FEC.

10. Pantalla y teclado :

Hay 18 teclas de función, 10 teclas numéricas y 04 teclas de acción en el teclado del equipamiento. Las teclas de función son para seleccionar la función deseada. Las teclas numéricas son usadas para seleccionar el estado o modo de operación dentro de la función.

El display de 16 dígitos en el panel frontal muestra los menús, selección de los datos de entrada y los mensajes de operación.

TABLA 5 - 5
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CODIFICADOR COMPUESTO
CLI SPECTRUM SAVER

VIDEO

Interface	NTSC composite (RS170), bandabase (RS-170, 1Vp-p, 75 ohms) o RGB
Resolución Vertical	Display = 480 Lineas
Resolución Horizontal	Display= 368 pixels
Tipo de compresión	Transformación de Coseno Discreto (DCT) con compensación de movimiento.
Veloc. de compresión de video	1.73 / 1.95 / 4.36 Mbps.
Veloc. de canal de datos	2.935 / 3.3 / 6.6 Mbps.

AUDIO

Interface (salidas)	Stereo (discreto) Monaural (RF channel 3,4)
Velocidad de compresión	Dolby a 200 Kbps / canal (nominal)
Rango dinámico	> 70 dB

DATA

Interface	RS-232
Datos seriales	hasta 19.2 Kbps
Sustituto de audio	400 Kbps (nominal)
Sustituto de video (cuando video es removido)	0 a 4.36 Mbps

REQUERIMIENTOS DE VOLTAJE

Voltaje de entrada	90 - 132 VAC
Frecuencia	47 - 63 Hz
Corriente	6 amps
Consumo	525 watts
Disipación de calor	1775 BTU/ hora

MECANICAS

Tamaño	19.25 pulg. (altura) 17.75 pulg. (ancho) 22.5 pulg (largo)
--------	--

5.2.2 Equipos en la estación remota :

Los equipos en la estación remota son en general de arquitectura sencilla y fáciles de instalar, a excepción de la antena no son de gran tamaño y no tienen un consumo de potencia significativo.

Como se mencionó anteriormente estos equipos no serán instalados en configuración redundante, pero si es necesario tener un juego de equipos en el almacén local para el inmediato reemplazo de la unidad defectuosa.

A continuación se detalla un diagrama especificando los equipos que integran un estación receptora básica.

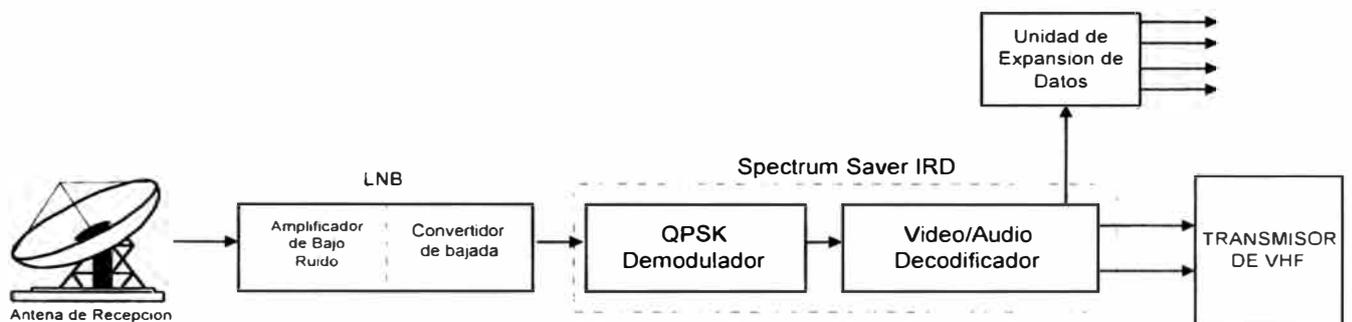


Fig. 5-4 : Diagrama de bloques de la estación remota con el Spectrum Saver IRD

Los equipos que conforman una estación remota son los siguientes

- 01 antena parabólica de recepción de 4.5 mts. ó 3.7 mts. (según la localidad)
- 01 amplificador de bloque de 45° del tipo PLL
- 01 decodificador / receptor Integrado (IRD, Integrated Receiver / Decoder)
- 01 unidad de expansión de datos (opcional)

5.2.2.1.-Antena parabólica de recepción :

La antena de recepción deberá cumplir con los requerimientos mínimos de ganancia de antena y de temperatura de ruido, a fin de que se pueda garantizar el margen de pérdidas estimado en el capítulo IV . Las antenas de 3.7 mts y 4.5 mts. de la firma PRODELIN CORPORATION, son fabricadas de fibra de vidrio con alma de aluminio, cumpliendo satisfactoriamente todas las características determinadas en el análisis del factor de mérito de la antena. Ambos modelos son de recepción

únicamente, y poseen un polarizador del tipo copolar para así poder trabajar con el PAS-1.

**CUADRO COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS ENTRE ANTENAS DE
3.7 m. Y 4.5 mts.**

Compañía	PRODELIN CORPORATION	PRODELIN CORPORATION
Diámetro	3.7 Mts.	4.5 Mts.
Ganancia	41.5 dBi	43.5 dBi
Polarización	Linear Copolar	Linear Copolar
Ancho de beam	1.2° para 3 dBw	1.5°
Cross Pol Isolation	>30 dB (en axis)	>30 dB (en axis)
Material del reflector	08 segmentos de Fibra de vidrio reforzado.	08 segmentos de Fibra de vidrio reforzado.

Para mayor información, consultar con el anexo del capítulo siguiente.

5.2.2.2.-Amplificador de bloque tipo PLL :

El amplificador de bloque (LNB) será del tipo PLL (Phase Locked Loop) con un nivel de ruido térmico de 45 °K,

5.2.2.3.-Decodificador / Receptor Integrado :

El decodificador / receptor integrado (IRD, Integrated Receiver / Decoder) pertenece a la firma CLI Spectrum Saver y descomprime la trama de bits digital y lo convierte en una señal de video NTSC, dos canales de audio y un canal de datos simplex.

Recibe una señal modulada en banda L (950 - 1450 Mhz) desde el LNB y el demodulador QPSK que se encuentra integrado al equipo, procesa la señal en el canal configurado. Luego la trama de bits resultante es un multiplex que contiene el video/audio comprimido, datos, bits de control, sincronismo y códigos de corrección de errores. Esta trama es ingresada directamente a los decodificadores de audio Dolby y video que también se encuentran integrados en el IRD, quienes demultiplexan la trama y la convierten en video compuesto NTSC y en dos canales de audio (Izq. y Der.). Para luego ser ingresados al equipo transmisor de televisión que se encuentra en el lugar.

Un canal de datos es también disponible para la comunicación desde la estación de "uplink" hacia el IRD. Una variedad de usos puede tener la Unidad de Expansión de Datos (DEU, Data Expansión Unit) ya que incluye puertos seriales RS232, VCR control, etc. y que es opcional al equipo estándar IRD.

TABLA 5 - 4
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL IRD SPECTRUM SAVER

Interface	NTSC composite (RS170), bandabase o RGB
Resolución Vertical	Display = 480 Lineas
Resolución Horizontal	Display= 368 pixels
Tipo de compresión	Transformación de Coseno Discreto (DCT) con compensación de movimiento.
Veloc. de compresión de video	1.73 / 1.95 / 4.36 Mbps.
Veloc. de canal de datos	2.935 / 3.3 / 6.6 Mbps.
AUDIO	
Interface (salidas)	Stereo (discreto) Monaural (RF channel 3,4)
Velocidad de compresión	Dolby a 200 Kbps / canal (nominal)
Rango dinámico	> 70 dB
DATA	
Interface	RS-232
Datos seriales	hasta 19.2 Kbps
Sustituto de audio	400 Kbps (nominal)
Sustituto de video (cuando video es removido)	0 a 4.36 Mbps
DEMODULADOR QPSK	
Rango de frecuencia de entrada	950-1450 Mhz
Rango dinámico de señal de Entrada	-75 dBm a -30 dBm
Impedancia de entrada	75 ohms
Perdidas de retorno	> 8 dB
Sintonización de frecuencia	En pasos de 125 Khz

Eb / No requeridos 7.0 dB para 3.3 / 6.6 Mbps
7.2 dB para 2.935 Mbps

REQUERIMIENTOS DE VOLTAJE

Voltaje de entrada 90 - 132 VAC
Frecuencia 47 - 63 Hz
Corriente .33 amps
Consumo 35 watts
Disipación de calor 125 BTU/ hora

MECANICAS

Tamaño 2.25 pulg. (altura)
14.75 pulg. (ancho)
6.85 pulg (largo)
Peso 5 lbs.

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

1.- El sistema descrito en el presente trabajo es una red de radiodifusión de video digital comprimido desde una estación central ubicada en el centro de producción principal en donde se realizan los principales programas de televisión a ser difundidos, hacia los centros remotos ubicados en las provincias, usando como medio de comunicación el satélite. En el presente diseño no se ha considerado que algunas de las remotas puedan emitir señales de video hacia la estación central.

Este sistema no es compatible con los tradicionales por lo tanto solo los receptores digitales adecuados (IRD Spectrum Saver) pueden decodificar la señal digital que proviene del satélite.

2.- El satélite PanAmSat 1 usado en el presente trabajo, fue elegido por ser el más idóneo para cumplir los objetivos determinados, ya que tiene la capacidad de retransmitir la señal emitida hacia todo el territorio peruano con la potencia suficiente para ser captada por antenas de mediano tamaño y a un bajo costo. Sin embargo actualmente, existen satélites con la misma o una mayor capacidad de potencia de retransmisión (PIRE, SFD, etc.) y con una mayor cobertura hacia América Latina (footprint), permitiendo en el diseño del sistema tener una proyección futura para difundir señal de televisión comercial no solo al territorio peruano sino hacia toda América Latina. Estos satélites fueron puestos al servicio de la televisión comercial hace poco tiempo, algunos pertenecen a la misma firma PanAmSat (PAS-3, PAS-5, etc.) y otros a Telecomm de México con los satélites SOLIDARIDAD I y II, por mencionar algunos.

3.-El video digital comprimido es una tecnología que se encuentra en constante investigación y desarrollo, a fin de mejorar la calidad de video resultante y de reducir la relación de compresión sin afectar esta calidad, para lograr así una mejor optimización del ancho de banda en el medio de comunicación usado para su transporte (vía satélite, fibra óptica, microondas, etc.); así como tener una

mejor manera de almacenar dicha información en los dispositivos de almacenamiento digital comúnmente usados (DAT, CD-ROM, etc.)

Otra de las ventajas de la digitalización de las señales es la posible codificación de las mismas, permitiendo así la confidencialidad del sistema y evitando la posible interceptación de las señales. En el sistema de radiodifusión de video digital propuesto también es posible la codificación de la señal, logrando que solo los receptores con el código respectivo puedan decodificarla y difundirla libremente

- 4.-El sistema diseñado puede ser usado para dar servicios de radiodifusión de audio digital desde una emisora local hacia sus filiales en provincias. Usando en la estación central equipos de codificación de audio estéreo a velocidades de compresión de 256 Kbps ó más, un módem de Frecuencia Intermedia (FI) por cada señal que se quiera difundir y un equipo combinador de FI; se logra insertar una señal modulada con una portadora de la señal de video del presente trabajo, más las portadoras de las señales de audio que se deseen emitir hacia el satélite, todo esto hacia el amplificador de potencia de la estación principal (previo estudio de enlace a fin de establecer si la potencia diseñada es la adecuada para evitar los problemas de intermodulación de lo contrario será necesario cambiar el PA por uno mayor).

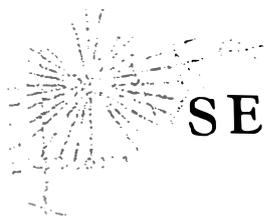
En la estación remota será únicamente necesario instalar un equipo decodificador de audio digital, mas un equipo divisor de señal de Banda L (splitter) que proviene del LNB de la antena. Obviamente son necesarias las instalaciones de los cables de audio desde el equipo decodificador hacia el transmisor de radio, mediante los cuales se logrará la difusión de la señal usando el arreglo adecuado de antenas de FM (Banda II)

APENDICE

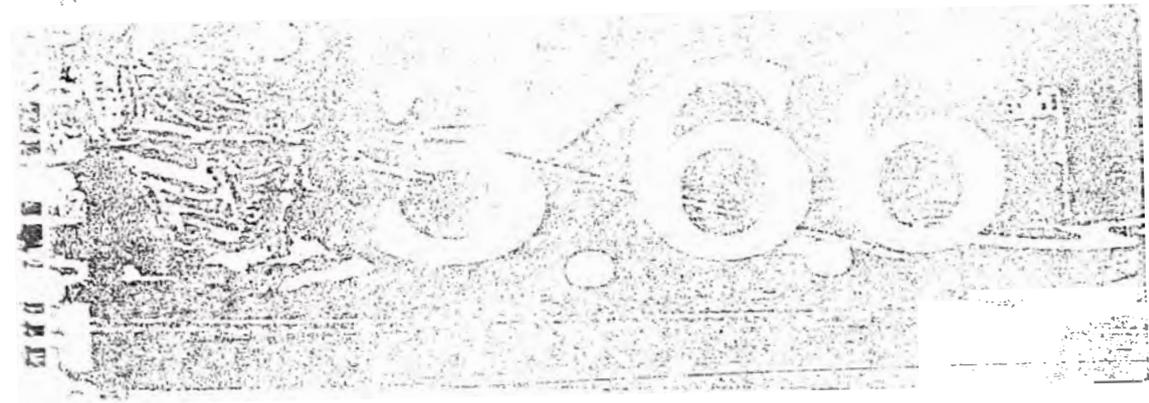


 PanAmSat

BROADCAST



SERVICES



PANAMSAT BROADCAST SERVICES

With the PanAmSat Global Satellite System, broadcasters finally have it all: the power of domestic satellites, the reach of an international system and the flexibility to create, design and control their own networks. All this, plus end-to-end cost savings that result from private ownership and technology designed to meet today's broadcasting needs.

The PanAmSat Global Satellite System, the world's first private international satellite system, is designed expressly for the video industry worldwide. The current PAS-1 satellite has served the Atlantic Ocean region since 1988. In addition, three new HS 601 satellites, built by the Hughes Aircraft Co., will provide high-powered transmission capacity that is tailored to broadcast requirements in the Pacific, Atlantic and Indian Ocean regions.

PanAmSat is the only satellite system offering on-demand, specialized communications services on a global basis. Now broadcasters and programmers can transmit and receive signals from virtually anywhere in the world with high-quality satellite communication services that are reliable, cost-effective and easy to use.

PanAmSat offers broadcast services on a full-time, part-time or occasional basis for applications such as broadcast television, program distribution, special events and satellite news-gathering.

Dedicated Capacity

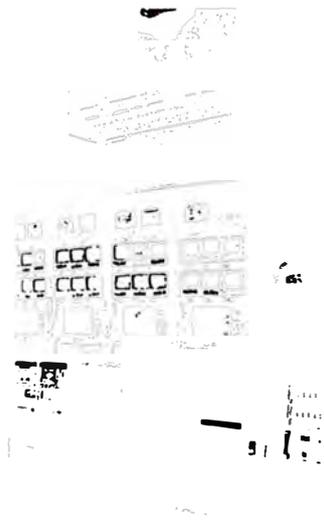
PanAmSat provides customers with dedicated capacity on a flexible full-time or part-time lease basis. Since ours is a private satellite system - free of restrictive international tariffs and usage limits - customers can tailor the access plan to meet their specific needs.

Long-term, Full-time Use

PanAmSat offers full-time use contracts covering periods of 5, 7, 10 years or longer. This gives customers guaranteed satellite access 24 hours a day, 365 days a year.

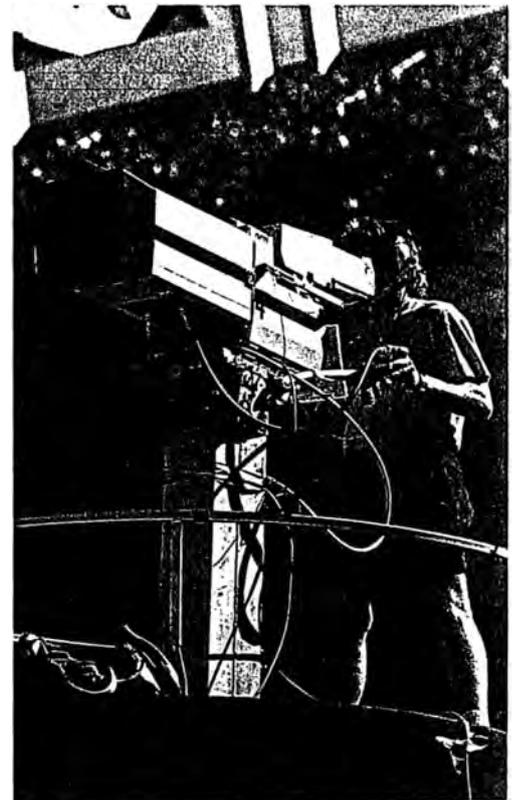
Long-term, Part-time Use

PanAmSat offers part-time use contracts for periods of one year or longer.



Dedicated capacity is particularly suited for:

- Broadcasters
- Pay TV Services
- Cable Networks
- Program Syndicators
- Special Interest Programming
- Digital Satellite News-Gathering
- Radio Networks



KU-BAND AND C-BAND DOWNLINK BEAMS

Applications

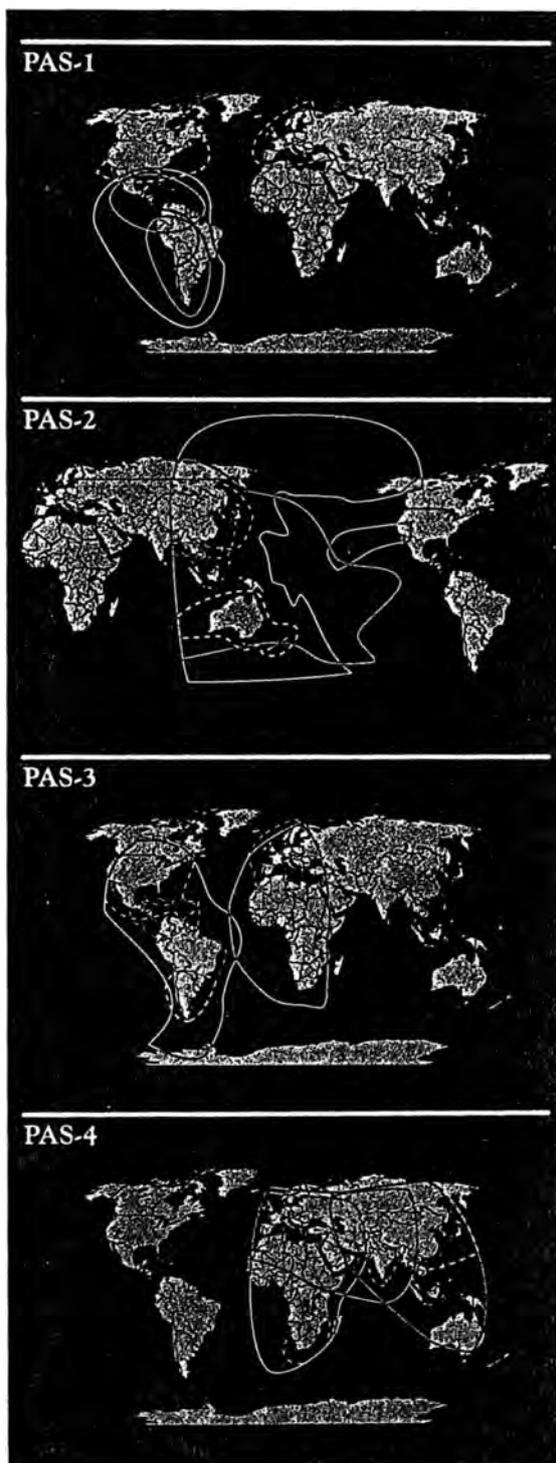
PanAmSat's Broadcast Service offers a wide range of opportunities to create and expand domestic, regional or global program distribution networks. Our service makes it possible to link major urban centers on a national or international level and to expand networks to reach remote population centers within a country. With satellites covering all three ocean regions, PanAmSat can broadcast or syndicate programming throughout the world. Plus, the high power and advanced design of the PanAmSat satellites permit on-site use of small, inexpensive earth stations for both transmission and reception.

Using our service, customers can:

- Lease dedicated digital channels for global coverage of live news and sporting events
- Distribute live sports or special events programming globally
- Initiate satellite news-gathering to transmit up-to-the-minute news reports directly to regional news distribution centers
- Provide direct-to-home reception via small, low-cost earth stations
- Access new markets in special interest programming for SMATV, hotels and cable systems
- Reach new listeners for national and international radio networks
- Utilize specialized broadcast applications, such as business TV, distance learning, business conferencing and internal corporate communications applications

Intercontinental Service

By leasing an international transponder from PanAmSat, customers can access the highest satellite transmission power ever available for transoceanic services.



-
- Ku-Band - European Beam
 - Ku-Band - North American Beam
 - C-Band - North Beam
 - C-Band - Central Beam
 - C-Band - South Beam
 - C-Band - Latin Beam

-
- Ku-Band - North East Asia Beam
 - Ku-Band - China Beam
 - Ku-Band - Australia/New Zealand Beam
 - C-Band - Pacific Rim Beam
 - C-Band - Oceania Beam

-
- Ku-Band - North American Beam
 - Ku-Band - Europe Beam
 - Ku-Band - North Spot Beam
 - Ku-Band - South Spot Beam
 - Ku-Band - Brazil Spot Beam
 - C-Band - Pan-American Beam
 - C-Band - Africa Beam

-
- Ku-Band - Europe/Russia Beam
 - Ku-Band - India Beam
 - Ku-Band - North East Asia Beam
 - Ku-Band - Southern Africa Beam
 - Ku-Band - Middle East Beam
 - C-Band - Africa Beam
 - C-Band - South Asia/Middle East Beam
 - C-Band - Asia Beam

PanAmSat's Intercontinental Service allows for the design of the most cost effective and flexible networks available today. By simply placing a small earth station where you want, you can have direct satellite access to any location in our coverage area.

Domestic/Regional Service

PanAmSat's Domestic Spot Beam and Regional Service provides the equivalent of a dedicated communications satellite for individual countries or groups of countries at a fraction of the cost.

This national or regional coverage offers: access to the most remote population centers; the communications link for extensive educational networks; capabilities to establish business, military and govern-

ment video-conferencing networks; direct-to-home television reception; and the ability to utilize multiple uplinks for regional broadcast and news distribution.

PanAmSat Assistance

PanAmSat is committed to providing customers with the most advanced satellite technology and comprehensive services available today. Today, PanAmSat is available to assist customers in establishing and managing their satellite networks. Contact us today to discuss your international communications needs or to receive additional information on PanAmSat's services.

PANAMSAT SATELLITES

Manufacturer:	Satellite:	Operating Design Life:	Estimated Lift-Off Weight:
Hughes Aircraft Company	HS 601	15 Years	6,400 pounds
Satellite	Ocean Region	Orbital Location	Launch Window
PAS -1*	Atlantic	45° WL / 315° EL	In Orbit
PAS-2	Pacific	191° WL / 169° EL	June 1994
PAS-3	Atlantic	43° WL / 317° EL	October 1994
PAS-4	Indian	68° EL / 72° EL 292° WL / 288° WL**	March-May 1995

* GE Astro Series 3000

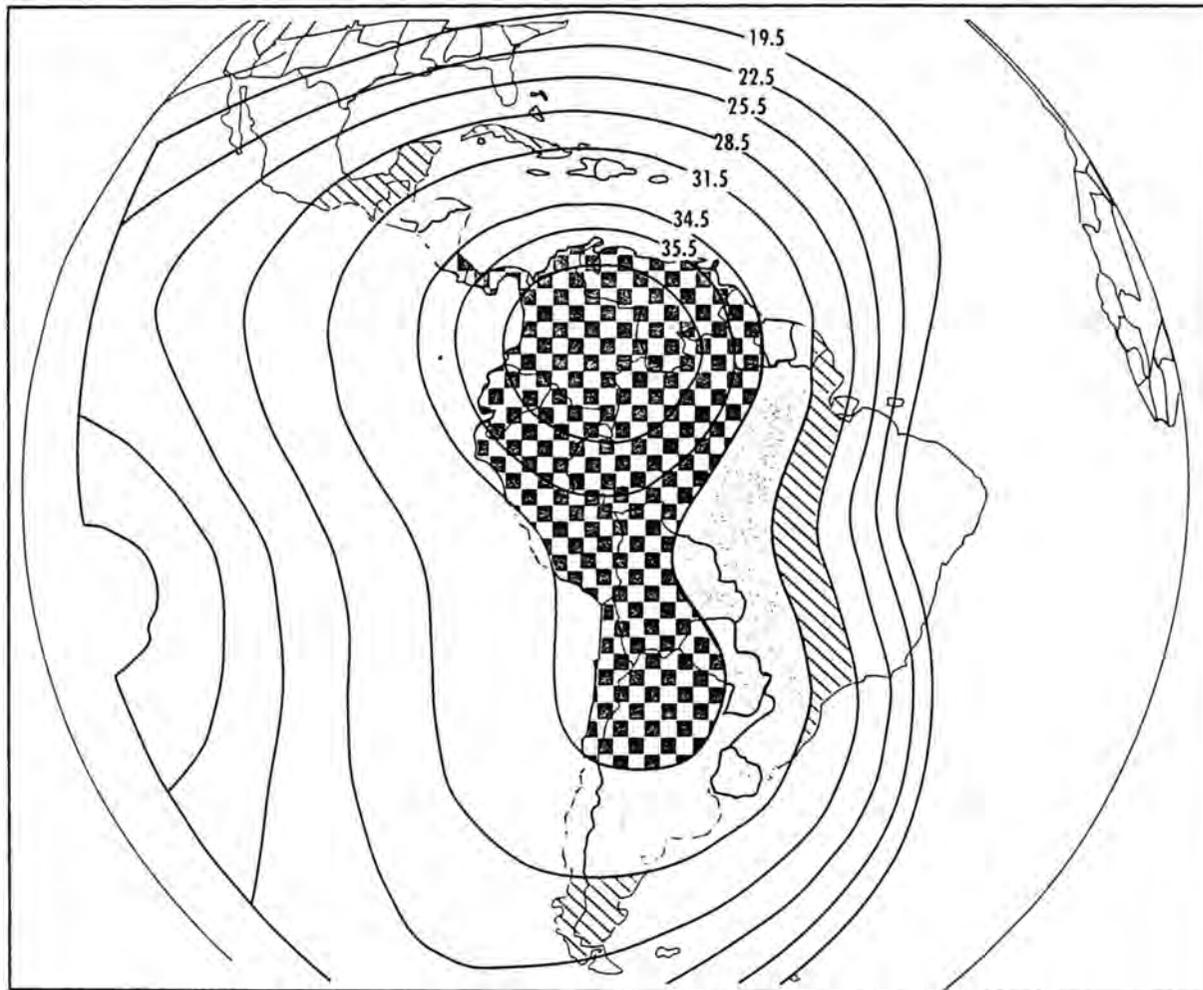
** PanAmSat is registered for both locations

	PAS-2/3 Ku-band	PAS-4 Ku-band	PAS-2/3/4 C-Band
Transponders:	12 x 54 MHz 4 x 64 MHz	16 x 27 MHz 6 x 54 MHz 2 x 64 MHz	12 x 54 MHz 4 x 64 MHz
Cross-Strapping Capability:	8 Transponders Ku to C	8 Transponders Ku to C	8 Transponders C to Ku
Transponder Output Power:	63 Watt	60 Watt	30 Watt (PAS-2/4) 34 Watt (PAS-3)

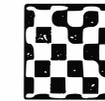


PAS 1 EIRP CONTOURS: LATIN BEAM

Beam Center: 37.5 dBW for Narrowband (36 MHz) Transponders*



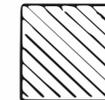
EIRP CONTOUR



-3 EIRP CONTOUR



-6 EIRP CONTOUR



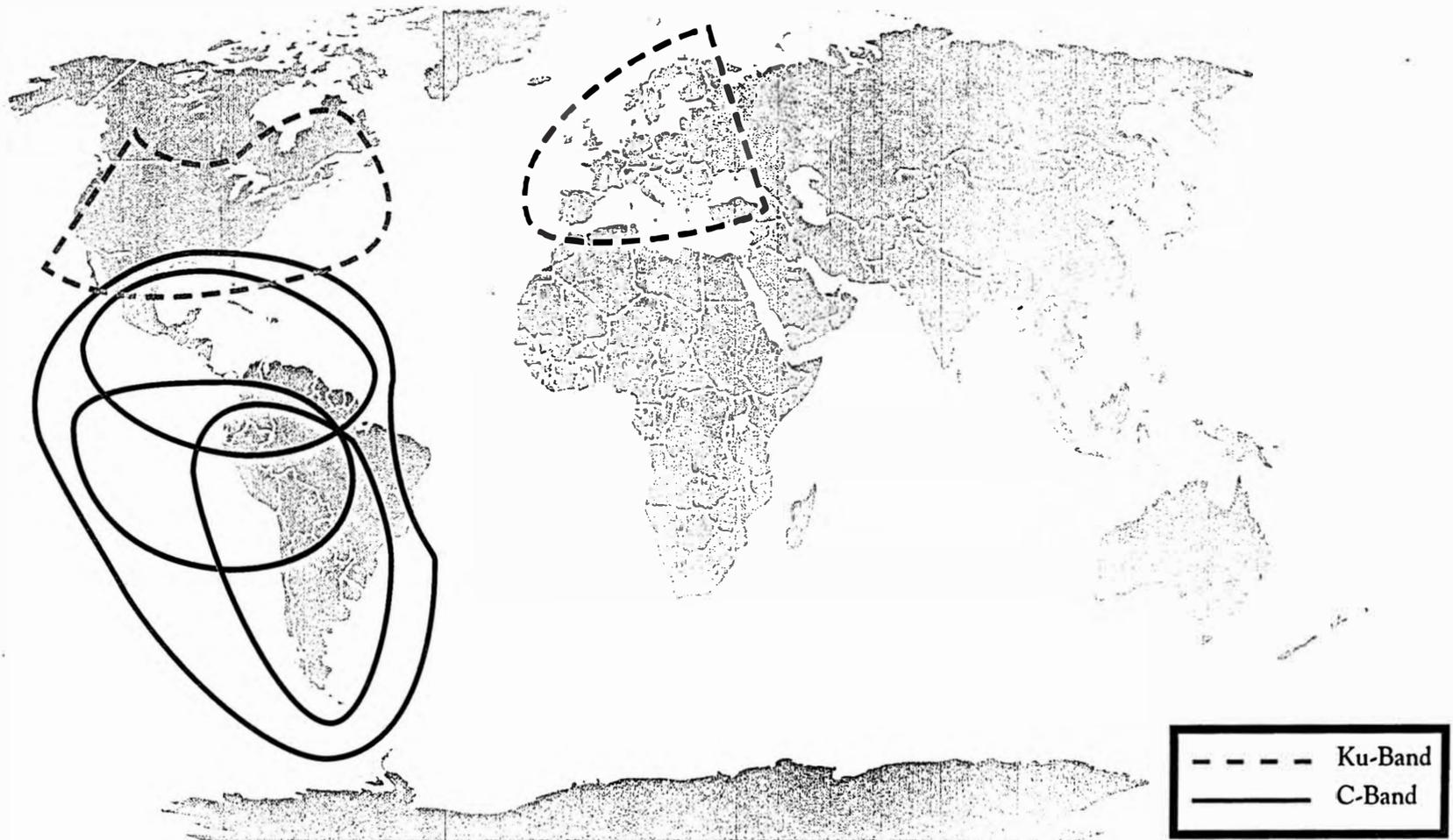
-9 EIRP CONTOUR



ALPHA LYRACOM
SPACE COMMUNICATIONS

*Add 2 dBW for Wideband (72 MHz) Transponders

PAS-1



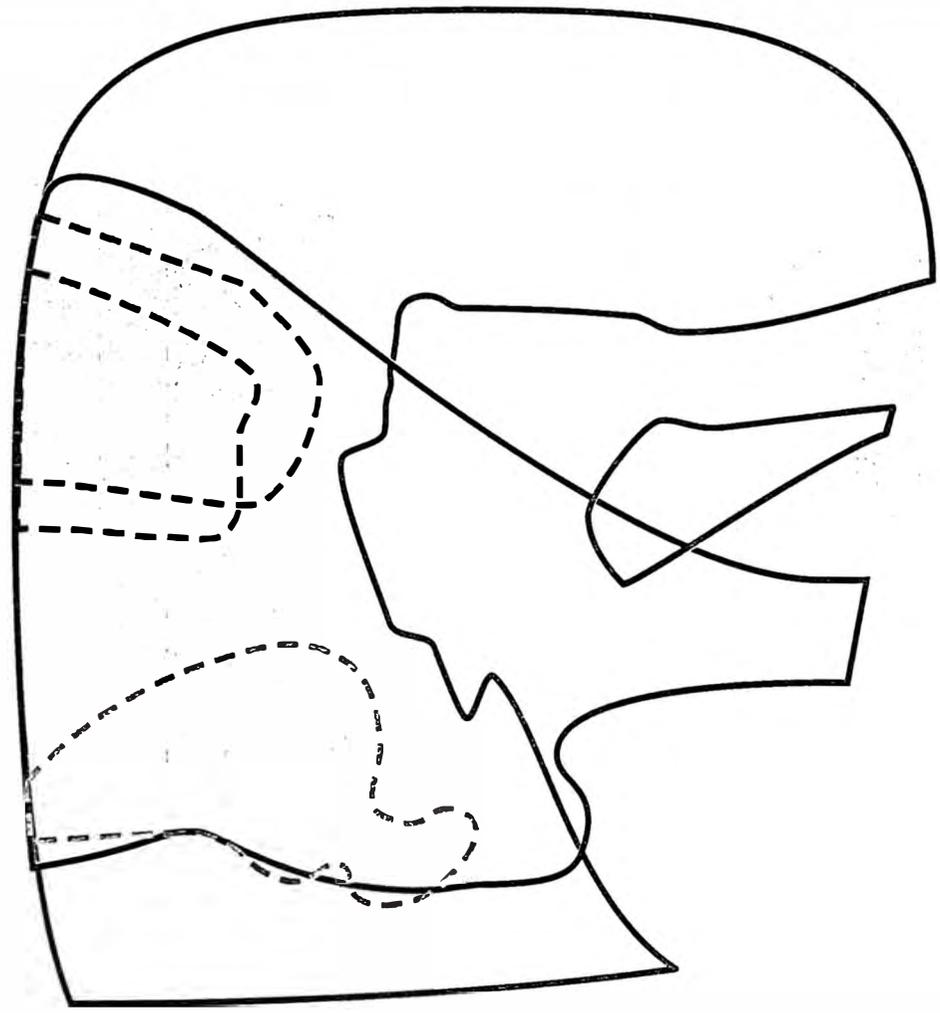


PAS-1 TRANSPONDER ASSIGNMENTS

<u>BEAM</u>	<u>TRANSP.</u>	<u>MAX.</u>	<u>CENTER FREQUENCY/POL</u>	
<u>LATIN</u>	<u>NO.</u>	<u>BW</u>	<u>UPLINK</u>	<u>DOWNLINK</u>
	1	36	5948.0/V	3723.0/V
	3	36	6023.0/V	3798.0/V
	5	36	6108.0/V	3883.0/V
	13A	36	6184.0/V	3959.0/V
	13B	36	6220.0/V	3995.0/V
	15A	36	6344.5/V	4119.5/V
	15B	36	6384.5/V	4159.5/V
SOUTH	2A	18	5975.0/V	3750.0/V
	2B	18	5994.0/V	3769.0/V
	4A	18	6056.0/V	3831.0/V
	4B	18	6074.0/V	3849.0/V
	6A	18	6135.0/V	3910.0/V
	6B	18	6154.0/V	3929.0/V
	14A	36	6264.0/V	4039.0/V
	14B	36	6300.0/V	4060.0/V
NORTH	7A	18	5955.0/H	3730.0/H
	7B	18	5975.0/H	3750.0/H
	9A	18	n/a	n/a
	9B	18	n/a	n/a
	11A	18	6115.0/H	3890.0/H
	11B	18	6135.0/H	3910.0/H
	16A	36	6207.0/H	3982.0/H
	16B	36	6243.0/H	4018.0/H
	18A	36	6365.0/H	4140.0/H
	18B	36	6406.0/H	4181.0/H
CENTRAL	8A	18	5996.0/H	3771.0/H
	8B	18	6014.0/H	3789.0/H
	10A	18	6076.0/H	3851.0/H
	10B	18	6094.0/H	3869.0/H
	12	36	6165.0/H	3940.0/H
	17A	36	6284.5/H	4059.5/H
	17B	36	6324.5/H	4099.5/H
EUROPE	19A	36	14019.0/V	11479.0/H
	19B	36	14055.0/V	11515.0/H
	20A	36	14099.5/V	11559.5/H
	20B	36	14135.5/V	11595.5/H
	21A	36	14179.0/V	11639.0/H
	21B	36	14215.0/V	11675.0/H
N.AMERICAN	22A	36	14264.0/V	11724.0/H
	22B	36	14300.0/V	11760.0/H
	23A	36	14344.5/V	11804.5/H
	23B	36	14380.5/V	11840.5/H
	24A	36	14424.0/V	11884.0/H
	24B	36	14460.0/V	11920.0/H

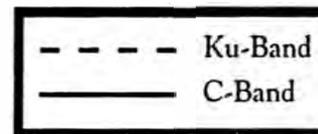
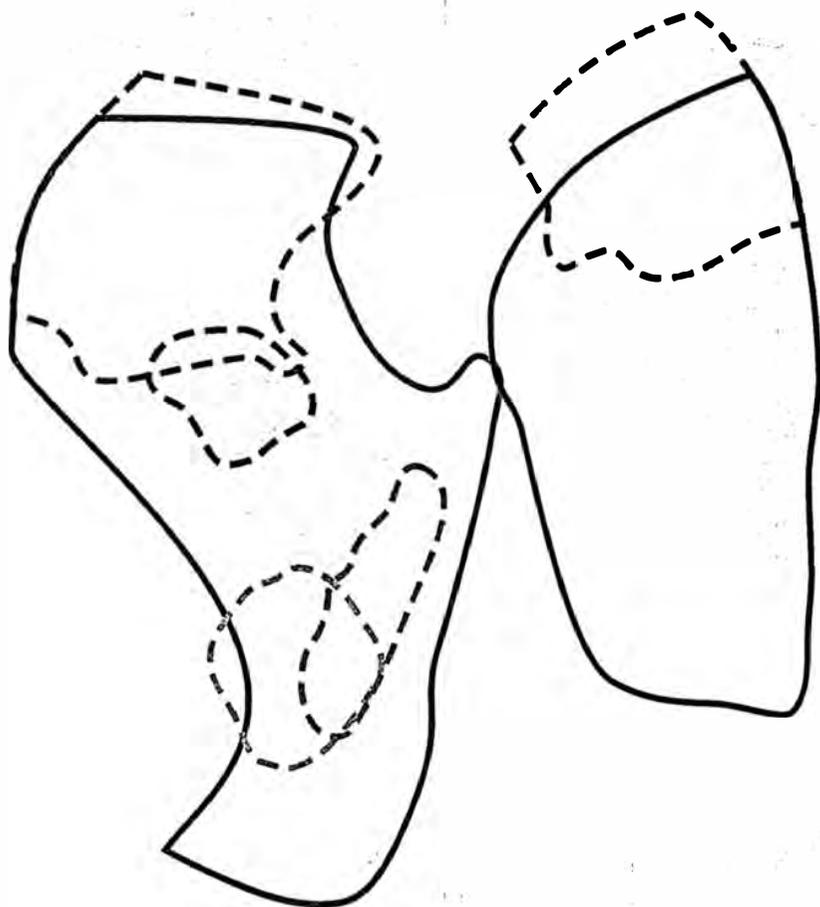


PAS-2

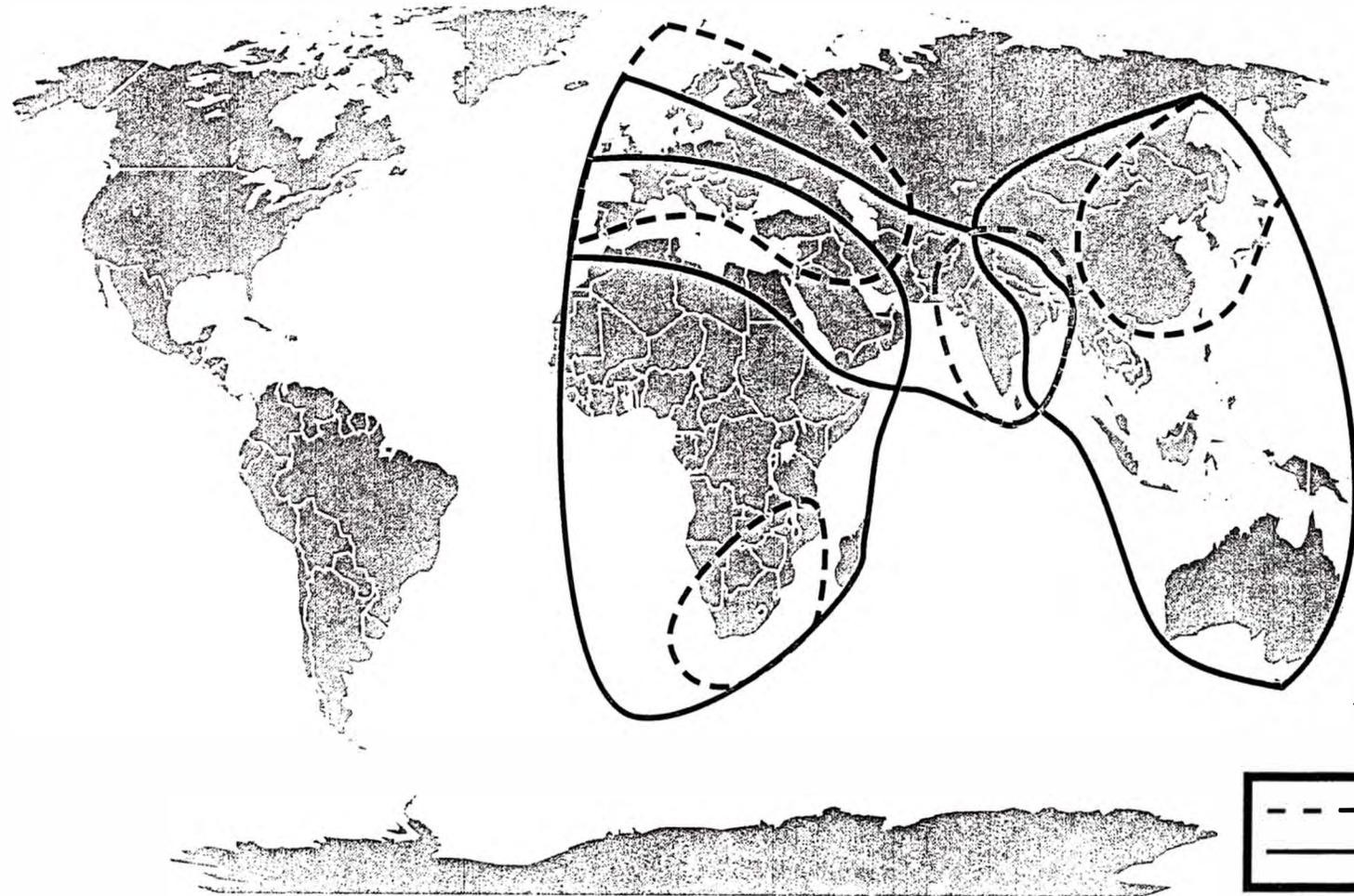


- - - -	Ku-Band
————	C-Band

PAS-3



PAS-4



GLOBAL SATELLITE SYSTEM FACT SHEET

Manufacturer: Hughes Aircraft Company
Satellite: HS 601
Operating Design Life: 15 years
Estimated Lift-Off Weight: 6,400 pounds

<u>Satellite</u>	<u>Ocean Region</u>	<u>Orbital Location</u>	<u>Delivery Date</u>
PAS -1*	Atlantic	45° WL / 315° EL	In Orbit
PAS-2	Pacific	191° WL / 169° EL	March 1994
PAS-3	Atlantic	43° WL / 317° EL	November 1994
PAS-4	Indian	292°/ 288° WL / 68°/ 72° EL**	February 1995

*GE Astro Series 3000

**PanAmSat is registered for both orbital locations

	<u>Ku-Band</u>	<u>C-Band</u>
Transponders:	16 x 54 MHz	16 x 54 MHz
Cross-Strapping Capability:	8 Transponders Ku to C	8 Transponders C to Ku
Transponder Output Power:	63 Watt	34 Watt



ANDREW



G/T SERIES
ESA

76



G/T Series 7.6-Meter C-Band Earth Station Antenna

Linearly- or Circularly-Polarized

Electrical performance meets or exceeds:

U.S. FCC regulation 25.209, for mandatory pattern requirements for 2° satellite spacing.

INTELSAT requirements for standard D, G, Z and F2 stations.

EUTELSAT requirements for pattern (CCIR 580) and polarization discrimination.

Gregorian optics and fully-shaped main reflector provides excellent pattern characteristics and high gain.

Microprocessor or steptrack control options available for motorized antennas.

Rugged aluminum and steel construction provides 125 mph (200 km/h) wind survival, in any position of operation.

A large equipment enclosure with doors for hub mounting of LNA systems and uplink electronics.

Self-aligning main reflector requires no field alignment.



Like all Andrew earth station antennas, the 7.6-meter earth station antenna provides high gain and exceptional pattern characteristics. The electrical performance and exceptional versatility provides the ability to configure the antenna with your choice of linearly- or circularly-polarized 2- or 4-port combining networks. That versatility is provided at the time of initial purchase, as well as in the future, as your satellite communication requirements evolve.

The segmented aluminum reflector panels are precision formed for accuracy and strength. The interchangeable panel design ensures that the assembled reflector will maintain the extremely accurate surface contour and **guaranteed** performance without reflector alignment.

The versatile tripod mount, features 180° azimuth coverage in three continuous 120° overlapping ranges, and 85° continuous elevation adjustment. This large range of adjustment provides non-critical foundation orientation, and the ability to view geostationary satellites, from horizon-to-horizon, from any location worldwide.

The tripod mount features self-aligning bearings for the elevation and azimuth pivots, resulting in "zero" backlash and the ability to upgrade the antenna for motorized operation, including steptracking/program-tracking applications.

The aluminum back structure and hot-dipped galvanized steel mount maintains pointing accuracy and ensures durability and reliability. The antenna and mount will survive 125 mph (200 km/h) wind, in any position of operation, without damage.

Andrew provides a complete line of available options, including motor drive systems (with power interfaces addressing domestic and international standards), remote microprocessor antenna control for motor drive systems, pressurization equipment, and interconnecting HELIAX[®] cables and waveguide.

Earth Station Antenna Systems

The Andrew *G/T Series* C-band earth station antennas for transmit and receive or receive-only use, can be configured to operate with any C-band satellite in the 3.625-4.2 GHz and 5.850-6.425 GHz frequency bands, by selecting the desired feed combining network.

To determine the achievable uplink Effective Isotropic Radiated Power (EIRP), determine the IFL length (in feet), then determine the IFL loss from the graph and subtract this loss from the "Uplink EIRP" capability table.

The G/T Performance shown below is based on a 2-port, receive-only, linearly-polarized antenna configuration at 4.0 GHz and at 10° elevation under clear sky conditions.

Nominal C-Band G/T Antenna Performance

LNC Noise Temperature	65K	45K	30K
ES76 G/T at 10° EL (dB/K)	28.1	29.0	29.7

The Uplink EIRP Capability shown below is based on a 2-port receive/transmit, linearly-polarized antenna configuration at 6.175 GHz and 0 dB allowance for waveguide (IFL) loss between the HPA and the antenna.

Antenna Uplink EIRP Capability

HPA Output (Watts)	125	500	3000
Uplink EIRP (dBW)	73.5	79.5	87.3

The Andrew 7.6-meter *G/T Series* ground mount is available in two versions: a manual mount equipped with machine screw jacks or a high-speed motorizable mount equipped with high-speed jackscrews. The manual antenna type is capable of being equipped with low-/medium-speed motor drives. The High-Speed (HS) motorizable version equipped with high-speed jackscrews, requires the installation of the dual-/high-speed motor drives at the time of initial assembly.

The **ES76 Series** antenna is equipped with:

- * Dual-reflector Gregorian feed system for use with separately ordered linearly- or circularly-polarized C-band combining network.
- * A manual tripod mount, with El & Az machine screw jacks that can be motorized with the low-/medium-speed motor drive kits.
- * A 16-panel precision aluminum reflector.
- * Cross-axis grounding kit.
- * A large hub/enclosure with access doors.
- * Standard commercial domestic packaging.

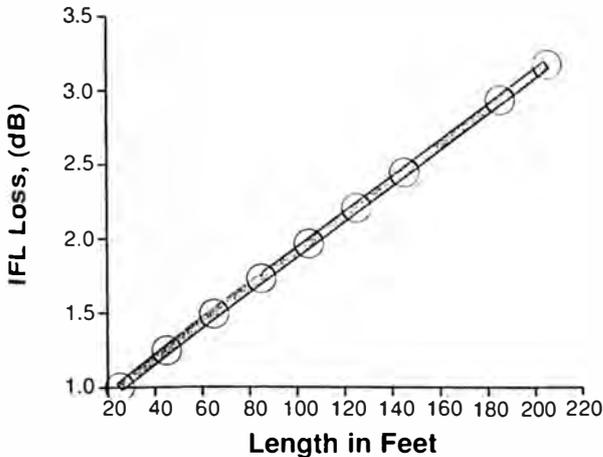
This antenna provides guaranteed pattern and gain performance **without the need for reflector alignment**. The antenna axes can be motorized with low-/medium-speed motor drives for both elevation and azimuth, and the bearing mounted feed can be motorized for polarization rotation. These motor drive kits are optimized for convenient repointing to alternative satellites in the medium-speed mode. The low-speed drive is optimized for steptack/program-track usage.

The ES76HS Series antenna is equipped like the ES76 Series antennas, except for the elevation and azimuth jackscrews. These antennas are equipped with high-speed jackscrews and must be motorized with a high-speed (HS) motor drive system for the elevation and azimuth axes. The polarization axis may also be motorized (optional), since a bearing mounted feed is incorporated on the ES76HS Series antennas. The high-speed motor drive kits are optimized for rapid (within 60 seconds) repointing to any alternative satellites within the pointing range of the antenna. These motor drives have dual-speed motors with brakes, providing precision repointing and high-speed movement of the antenna.

Anchor bolts, shear caps and other mounting accessories are available and ordered separately.

C-Band IFL Loss

Based on EW132 and WR75 Waveguide



Electrical

Operating Frequency Band (GHz)*	
C-Band Receive	3.625-4.2 GHz
C-Band Transmit	5.850-6.425 GHz

Gain*, at circular w/g flange of feed. (dBi. ± 0.2 dB)			
Rx Frequency	Rx Gain	Tx Frequency	Tx Gain
@ 3.625 GHz	48.1	@ 5.850 GHz	52.2
@ 4.000 GHz	49.0	@ 6.175 GHz	52.7
@ 4.200 GHz	49.4	@ 6.425 GHz	53.0

NOTE: See combiner options for applicable net gain and noise temperature specifications of antenna with combiner.

Polarization*	
Linearly- or Circularly-Polarized	

Polarization Discrimination. (Linearly-Polarized):	
>35 dB across 1 dB beamwidth	

Voltage Axial Ratio. (Circularly-Polarized):	
<1.06:1 dB across 1 dB beamwidth	

Beamwidth, mid-band, degrees		
	Receive	Transmit
3 dB	0.58	0.39
15 dB	1.18	0.75

Antenna Noise Temperature* - under clear sky conditions, at 68 F (20 C) at the circular waveguide flange of the feed.		
Elevation	Kelvin	
10	28	
30	19	
50	15	

Antenna VSWR*	$\leq 1.3:1$
---------------	--------------

Pattern Envelope*		
Frequency	Polarization	PE Number
3.625-4.200 GHz	Linear	PE5851
3.625-4.200 GHz	Circular	PE5851C
5.850-6.425 GHz	Linear	PE5852
5.850-6.425 GHz	Circular	PE5852C

*Actual antenna specifications are amended by the selection of combiner options.

The 7.6-meter antenna can be equipped with a dual-/medium-speed motor drive system, or in the case of the ES76HS series antenna, a dual high-speed motor drive system. The drive speed characteristics of these motor drive systems are summarized below:

Motor Drive Speed Summary

For antenna series: ES76HS- equipped with MK9HS- series high-(dual) speed motor drive systems.

Nominal Speed, (degrees/second)	
Elevation, Low (High)	0.15 (1.5)
Azimuth, Low (High)	0.2 (2.0)
Polarization,	2.5

For antenna series: ES76- equipped with MK7MS- series low-/medium- (dual) speed motor drive systems.

Nominal Speed, (degrees/second)	
Elevation, Low (High)	0.025 (0.1')
Azimuth, Low (High)	0.025 (0.1')
Polarization,	2.5

Mechanical

Feed Type	Shaped Dual-Reflector, Gregorian
Reflector Material	Precision Formed Aluminum
Reflector Segments	16
Mount Type	Tripod

Antenna Pointing Range. Coarse:(Continuous)	
Elevation:	5-90 (85)
Azimuth:	180 (120)
Polarization:	180 (180)

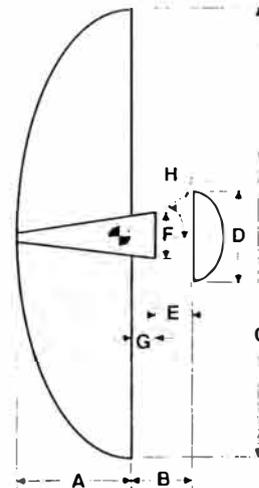
Hub/Enclosure Dimensions	
Diameter	52 in. (1.32 m)
Depth	46 in. (1.17 m)

Typical Operating Conditions

Pointing Accuracy (Degrees RMS)		
Guaranteed:	Winds to 30 mph (48 km/h)	0.0173
	Gusting to 45 mph (72 km/h)	
Typical:	Winds to 30 mph (48 km/h)	0.0051
	Gain Degrades (@ 4 GHz)	<0.01 dB
	Winds to 45 mph (72 km/h)	0.0173
	Gain Degrades (@ 4 GHz)	<0.04 dB
	Winds to 65 mph (105 km/h)	0.0383
	Gain Degrades (@ 4 GHz)	<0.14 dB

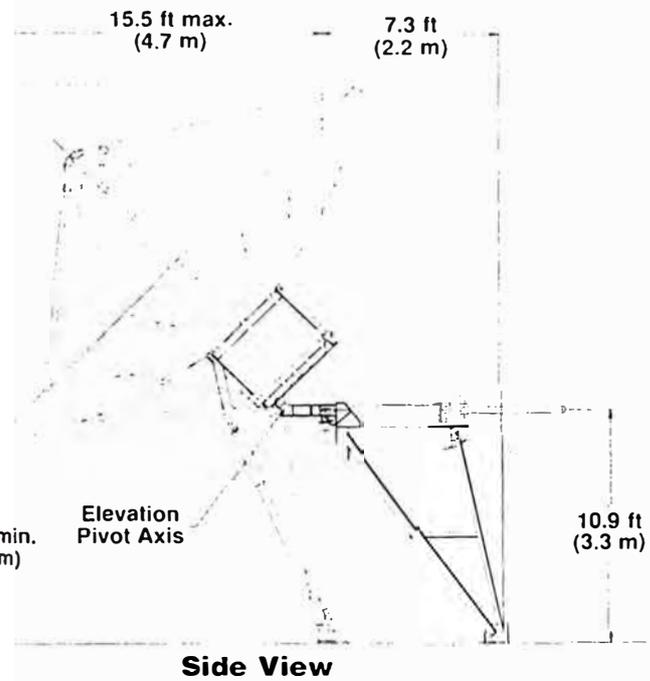
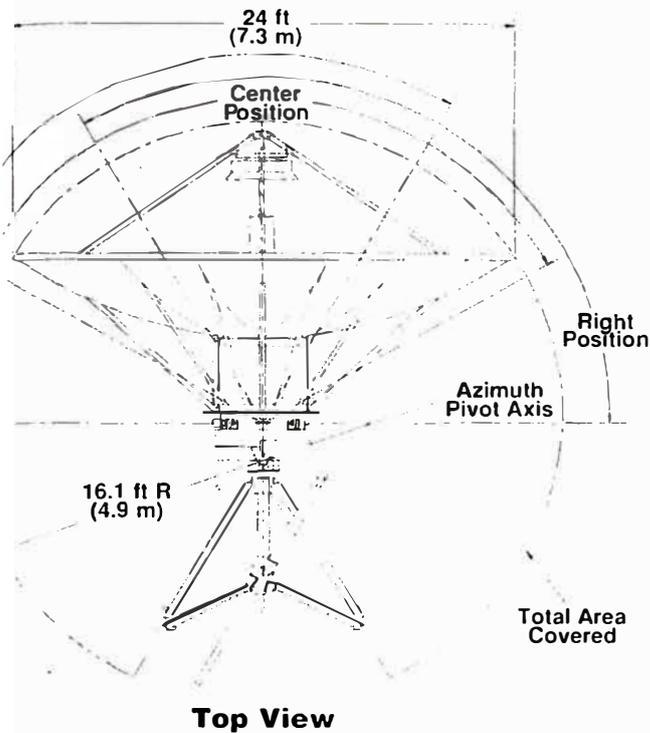
Wind Loading. Survival	
125 mph (200 km/h) in any position of operation	

Wind Loading. Operational	
(motor drives)	45 mph (72 km/h), gusting to 65 mph (105 km/h)



Energy Density Calculations

A = Vertex to Aperture plane	3.95 ft. (1.2 m)
B = Aperture plane of reflector, to aperture plane of subreflector	4.77 ft. (1.45 m)
C = Diameter of Reflector	25 ft. (7.62 m)
D = Diameter of Subreflector	4.5 ft. (1.4 m)
E = Distance from Feed aperture to aperture plane of Subreflector	2.5 ft. (0.75 m)
F = Diameter of Feed Horn	1.6 ft. (0.5 m)
F' = Area of Feed Horn window	1.1 in ² (0.1 m ²)
G = Distance from Feed Horn aperture to aperture plane of reflector	0.9 ft. (0.26 m)
H = Angle from phase center to the edge of Subreflector - 30	



Design Standards

Material/Finish Reflector	Aluminum. Chromate Converted per MIL-C-5541C, and painted with highly diffusive white paint
Ground Mount	Hot-Dipped Galvanized Steel, per ASTM-A123, for structural steel.
Hardware	Sizes $\leq 3/8"$ (9.5 mm), Stainless Steel, Passivated per MIL-F-14072-E300. Sizes $\geq 3/8"$ (9.5 mm), Hot-Dipped Galvanized Steel per ASTM-A123.

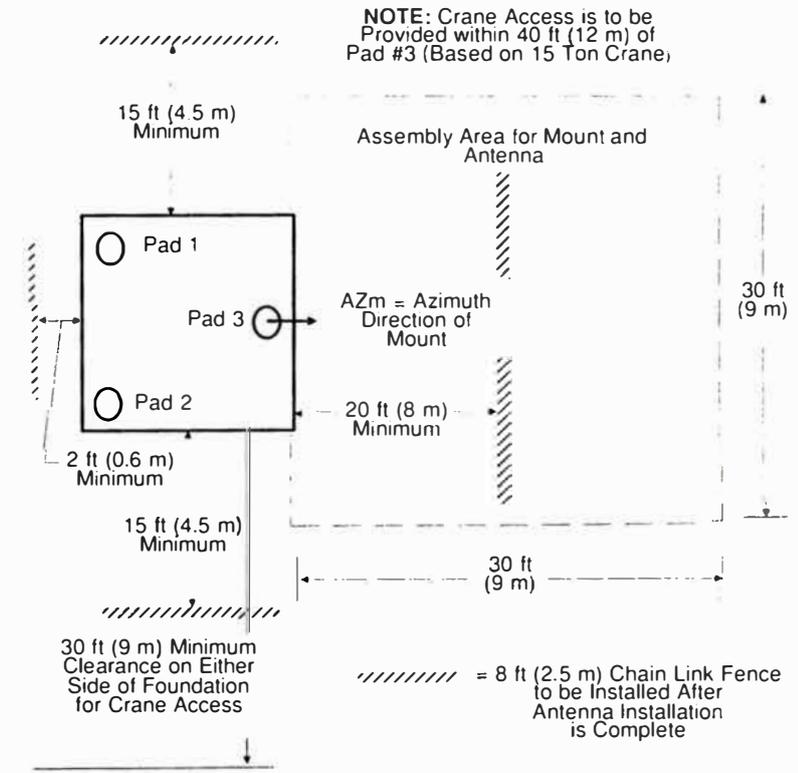
Environmental Conditions

Operating Temperature	-40° to 125°F (-40 to 52°C)
Seismic (Earthquake)	1 G Vertical and Horizontal acceleration. Equivalent to a Richter Magnitude 8.3, and Grade 11 on the modified Mercalli Scale.
Rain	4 in (102 mm) per hour.
Solar Radiation	360 BTU/hr/ft ² (1135 Watts/m ²)
Relative Humidity	100%
Shock and Vibration	As encountered by commercial Air, Rail and Truck shipment.
Atmospheric Conditions	As encountered in corrosive coastal and industrial areas.

Foundation, Typical Slab

Soil Bearing Capacity.	3000 lb/ft ² (14,646 kg/m ²)
Reinforcing Steel.	1308 lbs (593 kg)
Concrete Compressive Strength.	3000 PSI (211 kg/cm ²)
Foundation Size	
Length	15 ft (4.5m)
Width	15 ft. (4.5m)
Depth	1.5 ft. (0.5m)
Concrete Volume	12.5 yd ³ (9.6m ³)

Note: Other typical foundation designs are available



Combiners

C-Band, 2-Port Linearly-Polarized Combiners

Type Numbers	2LPCR-76	2LPC-76	2CLPC-76
Combiner Operation	Rx-only	Rx Tx	Rx/Tx
Polarization	Linear	Linear, X-Pol.	Linear, Co-Pol.
Frequency, GHz			
Receive	3.7-4.2	3.7-4.2	3.7-4.2
Transmit	—	5.925-6.425	5.925-6.425
Insertion Loss Rx(Tx), dB	0.1	0.3(0.1)	0.3(0.2)
Noise Temperature, K	5	17	17
Port-to-Port Isolation, dB			
Tx to Rx	—	85	85
Rx to Rx	40	—	—
VSWR, Max. in antenna	1.3:1	1.3:1	1.3:1
Interface Flange			
Tx port	—	CPR137G	CPR137G
Rx port	CPR229G	CPR229G	CPR229G
Flange Material Rx(Tx)	Aluminum	Alum. (Brass)	Brass**(Brass)
Polarization Discrimination, dB	35	35	35
Gain, at combiner output flange (dBi ±0.2 dB)			
@ 3.700 GHz	48.2	48.0	48.0
@ 4.000 GHz	48.9	48.7	48.7
@ 4.200 GHz	49.3	49.1	49.1
@ 5.925 GHz	—	52.2	52.1
@ 6.175 GHz	—	52.6	52.5
@ 6.425 GHz	—	52.9	52.8
Antenna noise temperature, with combiner, ±4K			
Elevation	Kelvin	Kelvin	Kelvin
10°	33	45	45
30°	24	36	36
50°	20	32	32
Tx Power Capacity, W	—	5000	3000

C-Band, 2-Port Circularly-Polarized Combiners

Type Numbers	2CPCR-76-109	2CPC-76-230	2CPC-76-109
Combiner Operation	Rx-only	Rx Tx	Rx/Tx
Polarization	Circular	Circular*	Circular*
Frequency, GHz			
Receive	3.625-4.2	3.625-4.2	3.625-4.2
Transmit	—	5.850-6.425	5.850-6.425
Insertion Loss Rx(Tx), dB	0.2	0.3(0.2)	0.3(0.2)
Noise Temperature, K	10	17	17
Port-to-Port Isolation, dB			
Tx to Rx	—	85	85
Rx to Rx	20	—	—
VSWR, Max. in antenna	1.3:1	1.3:1	1.3:1
Interface Flange			
Tx port	—	CPR137G	CPR137G
Rx port	CPR229G	CPR229G	CPR229G
Flange Material Rx(Tx)	Aluminum	Alum. (Alum.)	Brass**(Brass)
Voltage Axial Ratio Rx(Tx)	≤1.09:1	1.3:1(1.3:1)	1.2:1(1.09:1)
Gain, at combiner output flange (dBi ±0.2 dB)			
@ 3.625 GHz	48.1	48.0	48.0
@ 4.000 GHz	48.8	48.7	48.7
@ 4.200 GHz	49.2	49.1	49.1
@ 5.850 GHz	—	52.1	52.1
@ 6.175 GHz	—	52.5	52.5
@ 6.425 GHz	—	52.8	52.8
Antenna noise temperature, with combiner, ±4K			
Elevation	Kelvin	Kelvin	Kelvin
10°	38	45	45
30°	29	36	36
50°	25	32	32
Tx Power Capacity, W	—	500	500

* Switchable to linear cross-polarized in the field. **Plated brass.

C-Band, 4-Port Linearly-Polarized Combiners

Type Number	4LPCM-76	4LPRC-76
Combiner Operation	Rx/Tx	Rx:Tx
Polarization	Linear	Linear
Frequency, GHz		
Receive	3.7-4.2	3.7-4.2
Transmit	5.925-6.425	5.925-6.425
Insertion Loss Rx(Tx), dB	0.3(0.25)	0.2(0.15)
Noise Temperature, Kelvin	17	13
Port-to-Port Isolation, dB		
Tx to Rx	85	85
Rx to Rx	40	40
VSWR, Maximum in antenna	≤1.3:1	≤1.3:1
Interface Flange		
Tx port	CPR137G	CPR137G
Rx port	CPR229G	CPR229G
Flange Material Rx(Tx)	Brass**(Brass)	Brass (Brass)
Polarization Discrimination, dB	35	35
Tx Polarization Orientation with Reference to Rx Polarization Orientation	Fixed	Variable
Gain, at combiner output flange (dBi ±0.2 dB)		
@ 3.700 GHz	48.0	48.1
@ 4.000 GHz	48.7	48.8
@ 4.200 GHz	49.1	49.2
@ 5.925 GHz	52.0	52.1
@ 6.175 GHz	52.4	52.5
@ 6.425 GHz	52.7	52.8
Antenna noise temperature with combiner		
Elevation	Kelvin	Kelvin
10°	45	41
30°	36	32
50°	32	28
Tx Power Capacity, W	2500	5000

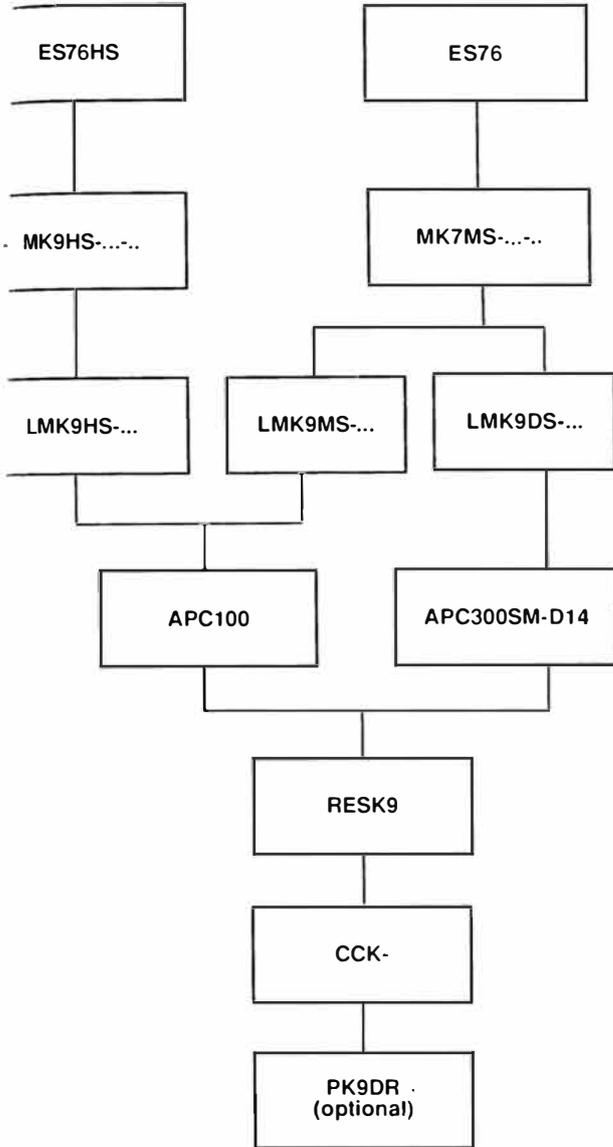
C-Band, 4-Port Circularly-Polarized Combiners

Type Number	4CPCM-76-206	4CPC-76-206
Combiner Operation	Rx Tx	Rx Tx
Polarization	Circular	Circular
Frequency, GHz		
Receive	3.625-4.2	3.625-4.2
Transmit	5.850-6.425	5.850-6.425
Insertion Loss Rx(Tx), dB	0.3(0.25)	0.2(0.15)
Noise Temperature, Kelvin	17	13
Port-to-Port Isolation, dB		
Tx to Rx	85	85
Rx to Rx	20	20
VSWR, Maximum in antenna	1.3:1	1.3:1
Interface Flange		
Tx port	CPR137G	CPR137G
Rx port	CPR229G	CPR229G
Flange Material Rx(Tx)	Brass**(Brass)	Brass (Brass)
Voltage Axial Ratio Rx(Tx)	≤1.06:1(≤1.06:1)	≤1.06:1(≤1.06:1)
Gain, at combiner output flange (dBi ±0.2 dB)		
@ 3.625 GHz	47.8	47.9
@ 4.000 GHz	48.7	48.8
@ 4.200 GHz	49.1	49.2
@ 5.850 GHz	51.9	52.0
@ 6.175 GHz	52.4	52.5
@ 6.425 GHz	52.7	52.8
Antenna noise temperature with combiner		
Elevation	Kelvin	Kelvin
10°	45	41
30°	36	32
50°	32	28
Tx Power Capacity, W	1500	5000

**Plated brass.

Motor Drive

Motorizing the ES76 and ES76HS Series Antennas



Motorization Kits *cont'd*

Type No.

Low/Medium-Speed Motor Drive Components for 7.6M ESA

Low/Medium-Speed El/Az Motor Kit 187-228VAC, 3PH/60Hz*	MK7MS-208-60
Low/Medium-Speed El/Az Motor Kit 180-220VAC, 3PH/50Hz*	MK7MS-200-50
Low/Medium-Speed El/Az Motor Kit 360-440VAC, 3PH/50Hz*	MK7MS-380-50
Medium-Speed Local Motor Control Kit 187-228VAC, 3PH/50-60Hz*	LMK9MS-208
Medium-Speed Local Motor Control Kit 360-440VAC, 3PH/50-60Hz*	LMK9MS-380
Dual-(Low/Med) Speed Local Control Kit 187-228VAC, 3PH/50-60Hz*	LMK9DS-208
Dual-(Low/Med) Speed Local Control Kit 360-440VAC, 3PH/50-60Hz*	LMK9DS-380

Polarization Drives, Resolvers and Remote Control Options

Polarization Motor Drive Kit 187-228VAC, 3PH, 60Hz* 180-220VAC, 3PH, 50Hz* 360-440VAC, 3PH, 50Hz*	PK9DR
Synchro-Digital Resolver	RESK9
Remote Control Cable (# specify length in feet)	CCK-#
Programmable Remote Antenna Controller 85-265VAC, 1PH/50-60Hz	APC100
Step Track Controller with Smartrack® three-axis, dual-speed capability with 14 A/D converter 85-265VAC, 1PH/50-60Hz	APC300SM-D14

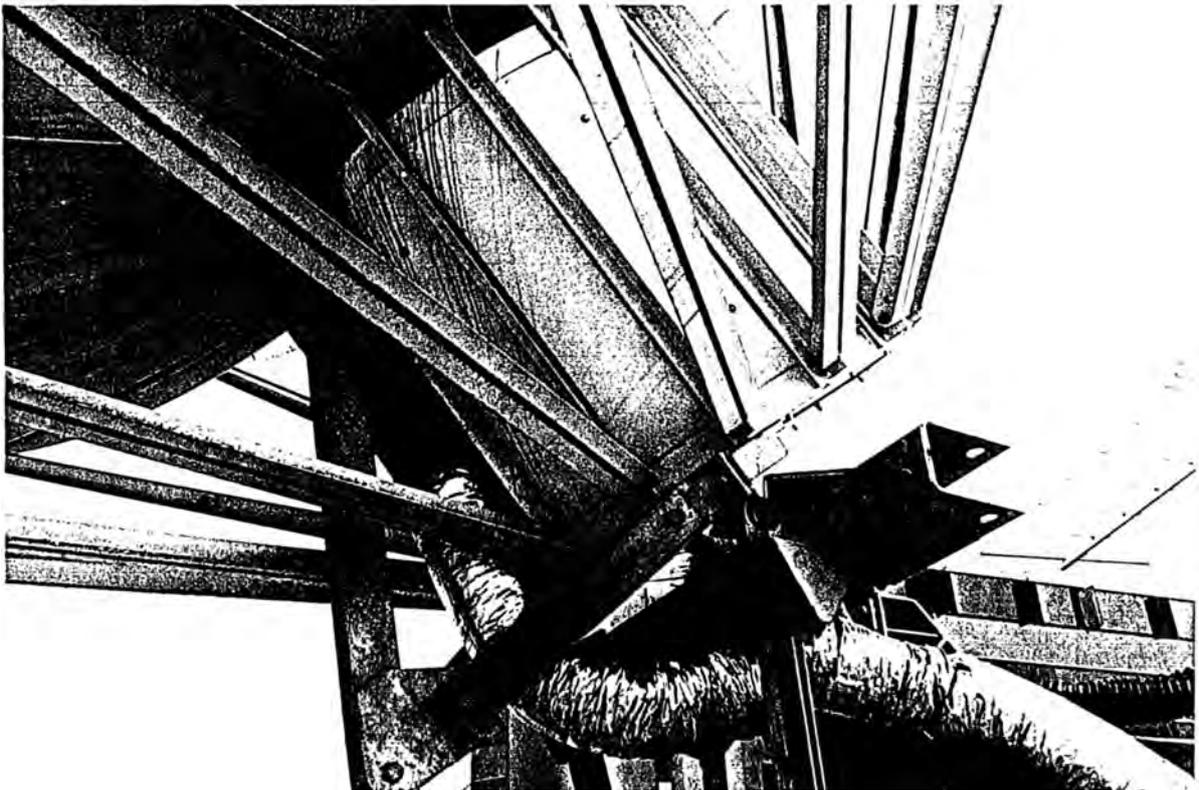
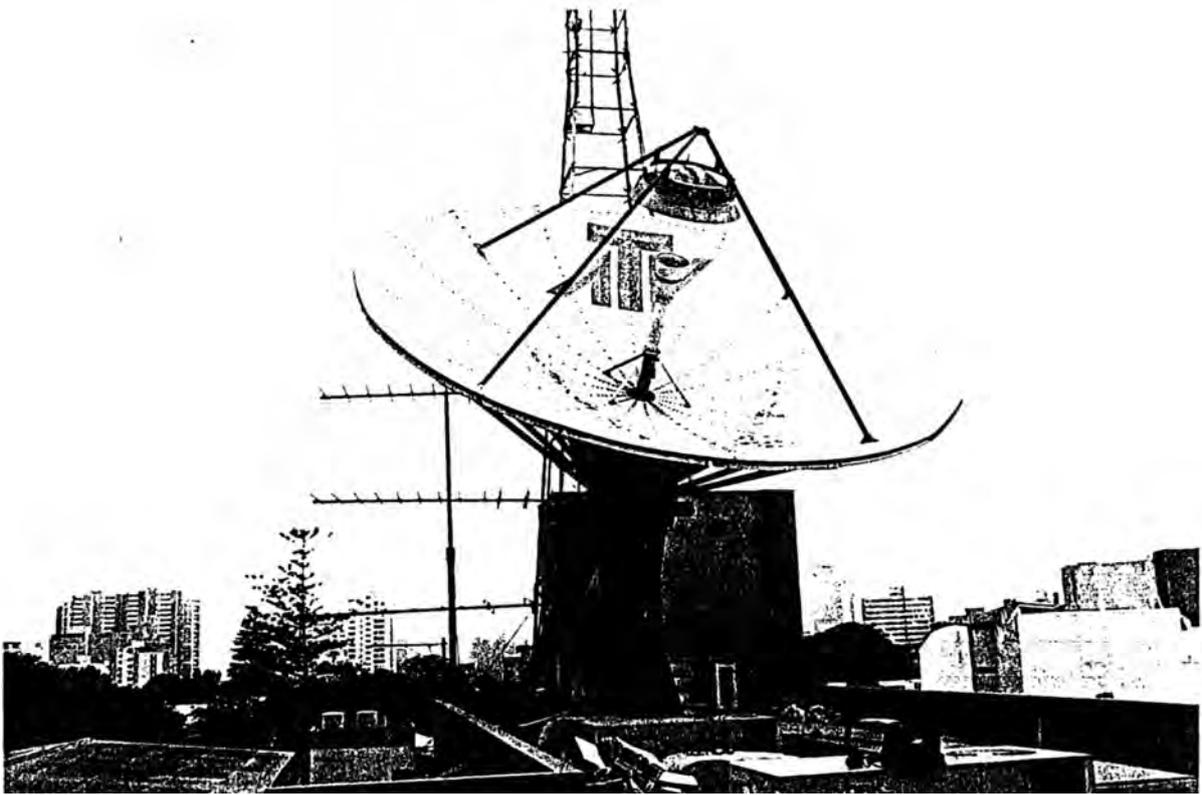
*Three (3) phase motor drive systems will operate with either three (3) wire (DELTA) or four (4) wire (Wye or STAR) primary power.

Motorization Kits

Type No.

High-Speed Motor Drive Components for 7.6M ESA

High-Speed El and Az Motor Drive Kit 187-228VAC, 3PH/60Hz*	MK9HS-208-60
High-Speed El and Az Motor Drive Kit 360-440VAC, 3PH/50Hz*	MK9HS-380-50
High-Speed Local Motor Control Kit 187-228VAC, 3PH/50-60Hz*	LMK9HS-208
High-Speed Local Motor Control Kit 360-440VAC, 3PH/50-60Hz*	LMK9HS-380



PRODELIN ANTENNA SYSTEM



4.5M C-Band Receive Only Axisymmetric Antenna System Series 1451



ELECTRICAL

Effective Aperture	4.5M 180 in
Operating Frequency	3.7 - 4.2 GHz
Midband Gain (± 5 dB)	43.5
Polarization	Linear, Dual
3 dB Beamwidth	1.2°
First Sidelobe (Typical)	-20 dB
Cross-Pol Isolation	>30 dB min (on axis)
VSWR	1.3:1 Max
Feed Interface	CPR 229
Antenna Noise Temperature	
10° Elevation	31.0° K
20° Elevation	24.5° K
30° Elevation	22.0° K
40° Elevation	21.4° K

MECHANICAL

Reflector Material	Glass Fiber Reinforced Polyester SMC
Antenna Optics	8 Piece Axisymmetric, Prime Focus
Mount Type	Elevation over Azimuth
Elevation Adjustment Range	5° to 90° Continuous Fine Adjustment
Azimuth Adjustment Range	360° Continuous
Mast Pipe Size (included)	10" SCH 40 Pipe (10.75" OD) 27.30 CM

ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

Wind Loading	Operational	45 mph 72 km/h
	Survival	125 mph 201 km/h
Temperature	Operational	-40° to 140° F -40° to 60° C
	Survival	-50° to 160° F -46° to 71° C
Atmospheric Conditions		Salt, Pollutants and Contaminants as Encountered in Coastal and Industrial Areas
Solar Radiation		360 BTU/h/ft ²
Shipping Specifications		Weight 950 lb 428 kg



3.7M C and Ku-Band Receive Only Axisymmetric Antenna System Series 1374 - 1375



ELECTRICAL

	C-Band	Ku-Band
Effective Aperture	3.7M	12.11
Operating Frequency	3.7 - 4.2 GHz	10.95 - 12.75 GHz
Midband Gain (± 2dB)	41.5 dBi	50.7 dBi
3 dB Beamwidth	1.5°	51°
Antenna Noise Temperature		
20° elevation	25° K	23° K
30° elevation	23° K	22° K
Feed Interface	CPR 229	WR 75
2° Discrimination at C-Band (Typical)		-21dB
First Sidelobe (Typical)		-20 dB
Cross-Pol Isolation		>30 dB (on axis)
VSWR		1.31 Max

MECHANICAL

Reflector Material	Eight Segment Glass Fiber Reinforced Polyester SMC
Antenna Optics	Prime Focus, Axisymmetric
F/D Ratio/Feed Support	.37/Quad Feed Support
Mount Types	Elevation over Azimuth or Declination Corrected Polar
Elevation Adjustments (Latitude)	10° to 70°, Continuous Fine Adjustment (90° optional)
Azimuth Adjustment Range	360° Continuous/Polar Mount covers any 90° Segment of Arc
Mast Pipe Size	6" SCH 80 Pipe (6.62" OD) 16.83 CM

ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

Wind Loading	Operational	45 mph 72 km/h
	Survival	125 mph 201 km/h
Temperature	Operational	-40° to 140° F -40° to 60° C
	Survival	-50° to 160° F -46° to 71° C
Atmospheric Conditions		Salt, Pollutants and Contaminants as Encountered in Coastal and Industrial Areas
Solar Radiation		360 BTU/h/ft ²
Shipping Specifications		Weight 575 lbs 259 kg

TITAN GAMMA SATCOM

TGS-7100 SERIES

HIGH DATA RATE
C-BAND VSAT/SET
MICROWAVE
TRANSCEIVER
C-BAND

*Voice, video and data up to
multiple T-1 carriers.*

*Modular expansion and
upgradeability.*

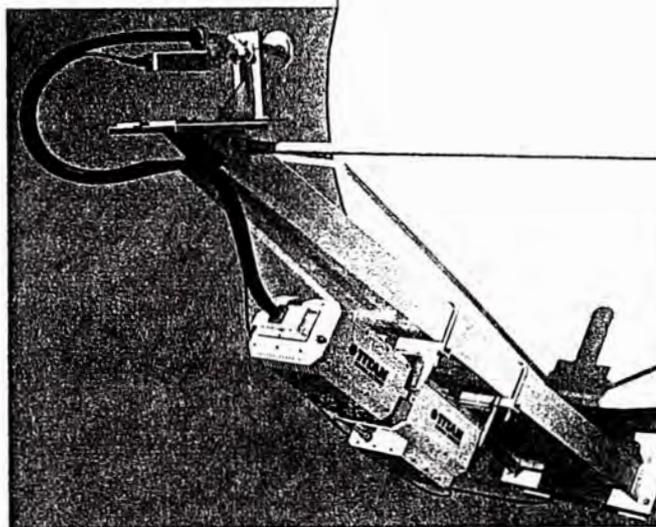
*Single cable IFL and semi-
automated set up for
minimum installation cost.*

TITAN Gamma Satcom's TGS-7100 Series C-Band, High Data Rate, VSAT/SET Transceiver is part of our family of next-generation microwave transmitter/receivers designed for medium sized voice, data and video Small Earth Terminal networks.

The TGS-7100 Series all solid-state transceiver consists of an Indoor Control Unit (IDU) and a modular antenna mountable Outdoor Unit (ODU).

The ODU consists of two environmentally sealed plug-together modules; the Radio Module and the Power Amplifier Module. The Radio Module contains the RF up/down converters; a remotely controllable low phase noise microphonics-free frequency synthesizer; a complete set of monitor and control functions extendable via RS232/485 links; and a high performance de-de power supply.

Indoor Control
Panel (IDU)



The Power Amplifier Module contains a high-stability solid-state GaAs-FET amplifier, a high-efficiency de-de power supply and the attendant heat exchanger and cooling system. Titan Gamma Satcom's "building-block" transceiver concept of plug-on 5W, 10W, 20W and 150W Power Amplifier Modules gives the end user a simple, field-expandable method of providing higher RF transmit power as needed to support future increased network demands.

UPLINK FEATURES AND BENEFITS

- ▶ Supports data rates from 19.2 kbps to multiple T-1 carrier operation.
- ▶ Family of modular plug-on, high linearity, 5/10/20 watt solid-state and 150 watt TWT power amplifiers.
- ▶ The uplink IF, 10 MHz crystal reference, low voltage system DC power and M&C signals are all multiplexed onto a single uplink IFL coax cable.
- ▶ No need for extra pads, power meters or spectrum analyzers for installation.
- ▶ IF cable loss compensation, transmit power level and frequency selection are all available to the installer from the IDU keypad and LCD display.

DOWNLINK FEATURES AND BENEFITS

- ▶ ODU includes a 45°K LNA with a separate, frequency synthesized, double downconverter module.
- ▶ Second RF port is available for the addition of a low noise block converter (LNB) to support combined data and video downlink applications.

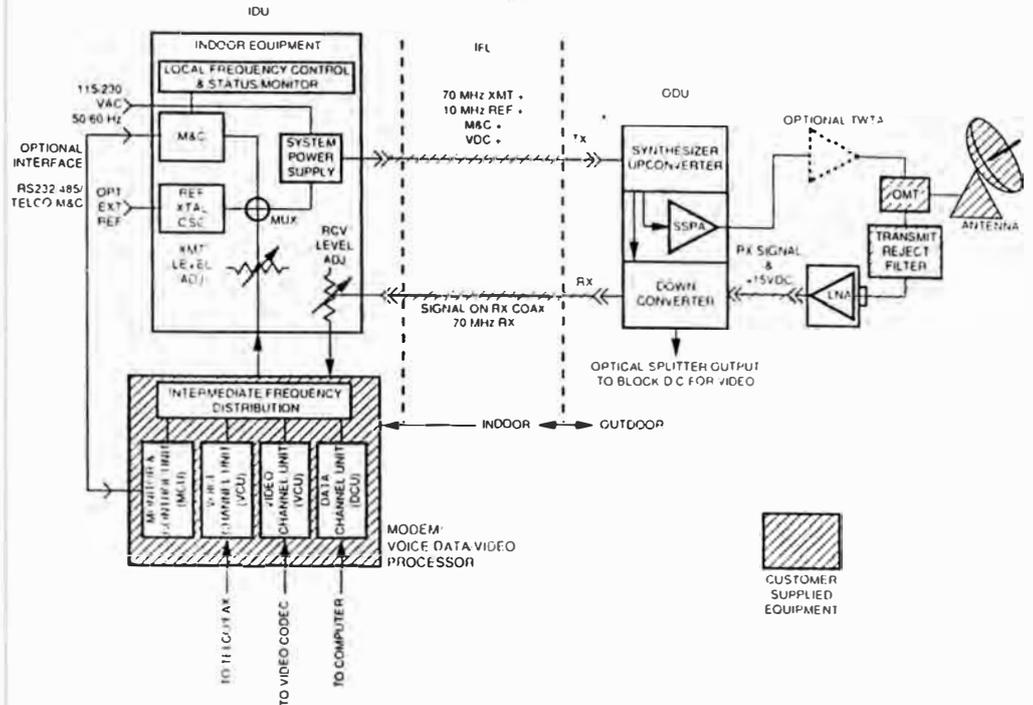
SYSTEM FEATURES

- ▶ Synthesized frequency selection from the IDU via the optional RS232/485 extended remote M&C.
- ▶ Up to 600 foot separation between indoor and outdoor equipment.
- ▶ "Traveller" system power supply in IDU can be relocated outdoors or anywhere convenient on the IFL path.
- ▶ Single uplink standard coax IFL cable with multiplexed 70 MHz transmit signal, Monitor & Control Signals, 10 MHz crystal reference and 58 VDC power.
- ▶ No need for AC main power outdoors for minimum installation costs; no electricians or electrical permits needed.
- ▶ Redundant operation option with input/output/LNA switch and controller.
- ▶ Optional Transmit Reject Filter, antenna mounting kits, and other integration hardware as required.

Outdoor
upconverter/
downconverter and
solid state power
amplifier (ODU)

TGS-7100 SERIES

HIGH DATA RATE
X-BAND VSAT/SET
MICROWAVE
TRANSCIVER
X-BAND



COMPLETE EARTH STATION WITH TITAN GAMMA SATCOM EQUIPMENT

SPECIFICATIONS

FREQUENCY BAND	5925-6425 GHz TRANSMIT 3742 GHz RECEIVE
— STANDARD	
— EXTENDED	5850-6425 GHz TRANSMIT 3625-42 GHz RECEIVE
TRANSMIT RATED POWER	5/10/20/150 WATTS AT THE OUTPUT FLANGE
TX GAIN FLATNESS	1 dB PK/PK OVER THE CENTER 10 MHz; 3 DB PK/PK OVER THE CENTER 36 MHz
TX GAIN STABILITY	3 DB PK/PK OVER ANY 40°C
— STANDARD	5 DB PK/PK FROM -40°C TO +60°C
HIGH STABILITY OPTION	1 DB PK/PK OVER ANY 40°C 2 DB PK/PK FROM -40°C TO +60°C
SPURIOUS OUTPUTS	-60 DBC AT RATED OUTPUT
3RD ORDER IM	-20 dBc FOR 3dB TOTAL POWER OBO FROM RATED OUTPUT POWER
TX OUTPUT CONNECTOR/VSWR	WAVEGUIDE CPR-137/150 1 MAX
FREQUENCY SYNTHESIZER	ELECTRONICALLY TUNEABLE VIA IDU KEYPAD OR REMOTELY VIA OPTIONAL RS232/485 INTERFACE. 2.5 MHz STEP SIZE STANDARD. 1 MHz STEP SIZE OPTIONAL
REFERENCE OSC STABILITY	$\pm 5 \times 10^{-8}$ OVER +5 TO +40°C. HIGHER STABILITY $\pm 5 \times 10^{-9}$ OPTION
RECEIVE GAIN	IDU FRONT PANEL ADJUSTABLE FROM 100 dB TO 85 dB INCLUDING 50 dB GAIN LNA
RECEIVE IMAGE REJECTION	50 dB INCLUDING THE LNA TRANSMIT REJECT FILTER SELECTIVITY
LNA INPUT/VSWR	WAVEGUIDE CPR-229/150 1 MAX WITH ISOLATOR. 30 1 WITHOUT ISOLATOR
DOWN CONVERTER INPUT/VSWR	50 OHM TYPE N/150 1 MAX

MONITOR & CONTROL	VIA ASK DIRECTORY TONE SIGNALING UNDER MICROPROCESSOR CONTROL RS232 OR RS485 REMOTE INTERFACE OPTION
MONITOR POINTS	TX POWER PA TEMP TX FREQ SYNTHESIZER PLL LOCK COM LINK VALID
CONTROL POINTS	SELECT EXTERNAL MODEM BACKOFF SET
IF DRIVE FOR RATED OUTPUT	10 dBm
IF BANDWIDTH	36 MHz MIN
70 MHz IF MODEM INTERFACE	75 OHM TYPE BNC 50 OHM OPTIONAL
70 MHz IFL INTERFACE	50 OHM TYPE N
IFL CABLE COMPENSATION	COMPENSATES FOR UP TO 15 dB IF CABLE LOSS FROM IDU TO ODU
IFL CABLE LOOP RESISTANCE	4 OHMS MAX FOR 150 WATT 2 OHMS DC MAX FOR 150 WATT
AC MAINS POWER (AT IDU)	115/230 VAC, 15/30 AMP, 250 TO 1000 VA
OPERATING TEMPERATURE	IDU: +5°C TO +40°C (OPTIONAL -40°C TO +60°C)

TITAN GAMMA SATCOM
5451 Patrick Henry Drive
Santa Clara, CA 95054
(408) 988-4100
FAX: (408) 970-0863

TITAN
GAMMA SATCOM

TITAN SATCOM

4.0 TGS 7100 Transceiver Specification Summary

<u>Parameter</u>	<u>Value</u>
Transmit Frequency Band	Standard: 5.925-6.425 GHz Extended Option: 5.850 to 6.425 GHz
Receive Frequency Band	Standard: 3.7-4.2 GHz Extended: 3.625 to 4.2 GHz
Transmit IF Input	70 MHz±18 MHz
Receive IF Output	70 MHz ±18 MHz
Transmit Rated Power	5w/10w/20w solid state/150w TWTA
Transmit and receive IF cable compensation	Adjustable from the IDU front panel over a 15 dB range
Transmit IF input level for rated power out	-10 dBm AT IDU interface
Transmit gain flatness vs frequency	1dB pk/pk over any 10 MHz 3 dB pk/pk over 36 MHz
Transmit gain stability vs temperature	Standard : 4 dB pk/pk, -40C to + 60C Hi-stability: 2 dB pk/pk, -40C to +60C
Spurious Outputs	-60 dBc at rated output
3rd Order Intermodulation Products	-20 dBc relative to each carrier for 3dB TOBO from rated power (-6 dB/carrier) -30 dBc relative to each carrier for 7 dB TOBO from rated power (-10 dB/carrier)
Synthesized Local Oscillator	Tunable locally via IDU keypad or remotely via M&C
Receive Transfer Gain	Standard: 100 dB, max, including 50 dB gain LNA Optional: 110 dB, max, including 60 dB gain LNA
Receive Image Rejection	50 dB. min.
Monitor and control	Via ASK directional tone signalling under microprocessor control. Remotely accessible via RS232/RS485 interface in the IDU.

TITAN SATCOM

Displayed Status Information	Transmit power Power amplifier temperature Selected Transmit/Receive frequency Synthesized LO phase lock indication Comm Link Valid to Outdoor Unit
Transceiver commands	Select new channel Mute transmitter output Output power level set
Reference Frequency temperature stability	Std: $\pm 5 \times 10^{-8}$ over +5 to +40 C; Option: $\pm 5 \times 10^{-9}$ over +5 to +40 C
IF Cable Compensation	Up to 15 dB at 88 MHz
Maximum separation of Traveler Power Supply (TPS) from ODU	DC loop resistance 4 ohms, max for 5/10 watt P/A and 2 ohms, max for 20 watt P/A
70 MHz TX /RX Connector/VSWR	STD: 75 Ohms/Type BNC/ 1.50:1. Optional: 50 Ohms/Type N
Downconverter RF Connector/VSWR	50 Ohms/Type N /1.50:1, max.
6 GHz Transmit Output/VSWR	CPR-137/1.50:1, max.
4 GHz LNA Input/VSWR	CPR-159/1.50:1, max
Accessory RF Sample Output	50 Ohms/Type N /1.50:1, max.
AC Prime Power at the IDU	115/230 VAC $\pm 15\%$ 47/63 Hz 150-400VA
Outdoor Unit Operating Temperature Range:	-40 deg C to +60 deg C ambient with full sun load; derated for elevation above 6000 feet by 2 degrees per 1000 feet.
Indoor Unit Operating Temperature Range	+5 deg C to +50 deg C
Storage Temperature:	-50 deg C to +85 deg C
Humidity:	100% relative
Max. Altitude:	Operational: 15,000 feet above sea level. Survival: 50,000 feet above sea level

TITAN SATCOM

IGS 7100 Monitor Points

RF Power:	Readout in dBc relative to rated power.
Communications Link Integrity	Faults when link fails for any reason unless "Com Fault Detect" function is disabled
Phase Lock on Synthesizer	Reports fault condition and inhibits transmit upon fault detection.
Synthesizer Channel Select	Reads operating channel back
Power Amplifier Temperature	Measures baseplate temperature; used to compensate gain and control fans; alarms when max operating temperature Tmax is exceeded; automatic shutdown of PA occurs when Tmax is exceeded by fans going on when Tpa > 45°C. If on, fans go off when Tpa < 30°C. Tmax preset to 80°C.
Line Voltage	Monitors 58 volt DC line; fault indicated when voltage drops below 42 volts.
Upconverter Temperature	Measures temperature of upconverter; used to compensate gain; alarms when max operating temperature, Tmax, occurs.

IGS 7100 Controls

	All controls are located indoors, but with optional "hand-held" M&C, can be done remotely or outdoors.
IF Cable Loss Compensation	Continuously adjustable for 0 to +15 dB with readout in 0.1 dB steps
Synthesizer Channel Select	Via command from M&C system; input from keypad indoors or from remote location via modem
Transmit Output Power Backoff:	Continuously adjustable 0-20 dB attenuation from rated power with readout in 0.1 dB steps
Interface to Customer Equipment:	Options; RS232/485 plug-in module (customer selectable), or telco modem. Custom software for remote control available.
Power Amplifier On/Off	Via command thru M&C system to power supply

TITAN SATCOM

TGS 7100 Size and Weight

Outdoor Unit

Mounting	The ODU assembly comes with two brackets that can be fitted to either a mast or a plate
Weight	Radio Module : 19 pounds Power Amplifier Module: 20 pounds
Size	Radio Module: 8"x8.5"x14" Power Amplifier Module: 6"x8.5"x14"
Surface Finish	White

Indoor Unit

Size	5.25"x13"x19"
Weight	40 pounds

**SM2900 70/140 MHz
Satellite Modem
Installation and Operation Manual
005975 Rev A02**

© COPYRIGHT, 1992

This publication is proprietary, and is intended solely for the customer's use only.

This publication may not be reproduced or distributed for any other purpose without the written permission of the manufacturer.

NOTICE

Fairchild Data Corporation does not assume any liability arising out of the application or use of any products, circuits, or software described herein. Neither does it convey any license under its patent rights nor the patent rights of others.

Fairchild Data Corporation further reserves the right to make any changes in any products described herein without notice. This document is subject to change without notice.

SPECIAL CONFIGURATIONS

Consult the manufacturer for customer requirements other than those specified in this document.



SECTION 1 - GENERAL DESCRIPTION

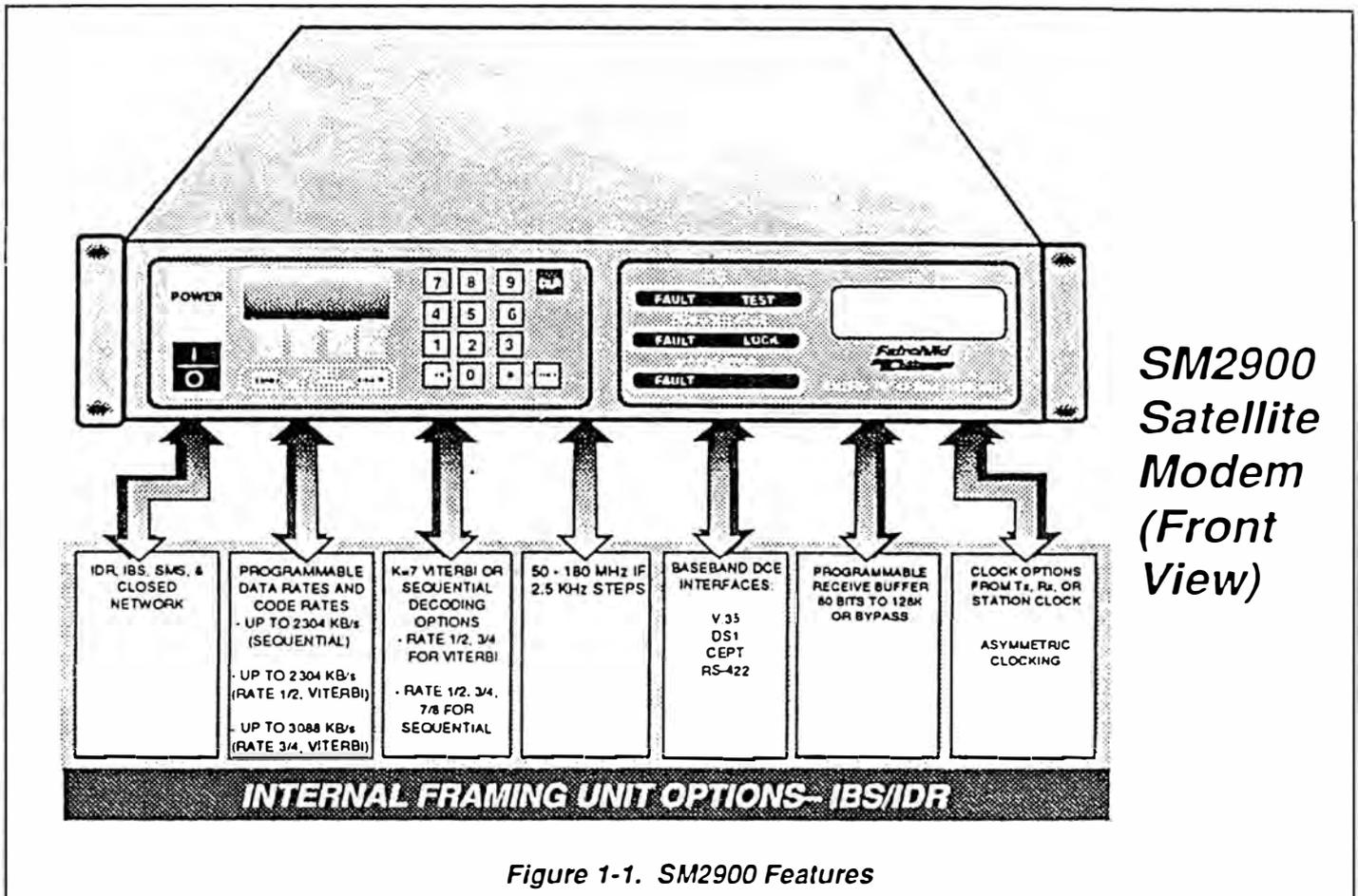
1.1 INTRODUCTION

The Fairchild Data Corporation SM2900 Satellite Modem expands the capabilities of the industry leading SM290 by adding an Internal Framing Unit (IFU) that provides IBS, IDR and Eutelsat ECS/SMS capability in a 2 U high chassis. The unit is compliant with IESS-308 and IESS-309 Specifications with the Viterbi decoding option. It also operates with existing FDC products, including the SM290/240/220/200 when the sequential decoding option is used. The SM2900 also provides continuous 50 to 180 MHz programmable IF in 2.5 KHz steps ensuring proper operation in either 70 or 140 MHz systems.

The SM2900 provides the standard IBS, IDR and ECS/SMS open network data rates as well as 1 bit-per-second programmable increments for any data rate in closed network applications. The unit is configured with either a K=7 Viterbi decoder providing rate 1/2 or 3/4 coding or it may be fitted with a sequential decoder providing rate 1/2, 3/4 or 7/8 coding.

SM2900 70/140 MHz Satellite Modem Features

- Internal Framing Unit; IBS/IDR
- Programmable Data Rates and Code Rates for Symbol Rates up to 2304 Kbps
- Data Rates in One Bps Increments
- Programmable Receive Buffering
- QPSK Modulation with Sequential or K=7 Viterbi Decoding
- Full Remote Control with Non-Volatile Configuration
- 3-1/2 Inches (2U) High
- Universal 110/220 AC Power Supply



1.2 MONITOR AND CONTROL (M&C)

The SM2900 M&C provides command and status of the unit and permits either local or remote control. Local control of the SM2900 is executed via a front panel LCD and keypad. This includes function keys that indicate the available selections and guide the operator through the unit's settings. An RS485 bus is supplied for the remote control of the SM2900 which provides full monitoring and control capability.

Additionally, the SM2900 has a receive buffer programmable in 8-bit increments to cover all standard open network framing requirements and to provide flexible buffer settings for any type of network.

1.4 INTERNAL FRAMING UNIT (IFU) AND ENGINEERING SERVICE CHANNEL (ESC)

The IFU provides the overhead framing required for IBS, IDR and ECS/SMS framing. When the companion ESC module is added to the SM2900, it provides access to the 96 Kb IDR overhead which includes the voice channels, data channel and backward alarms.

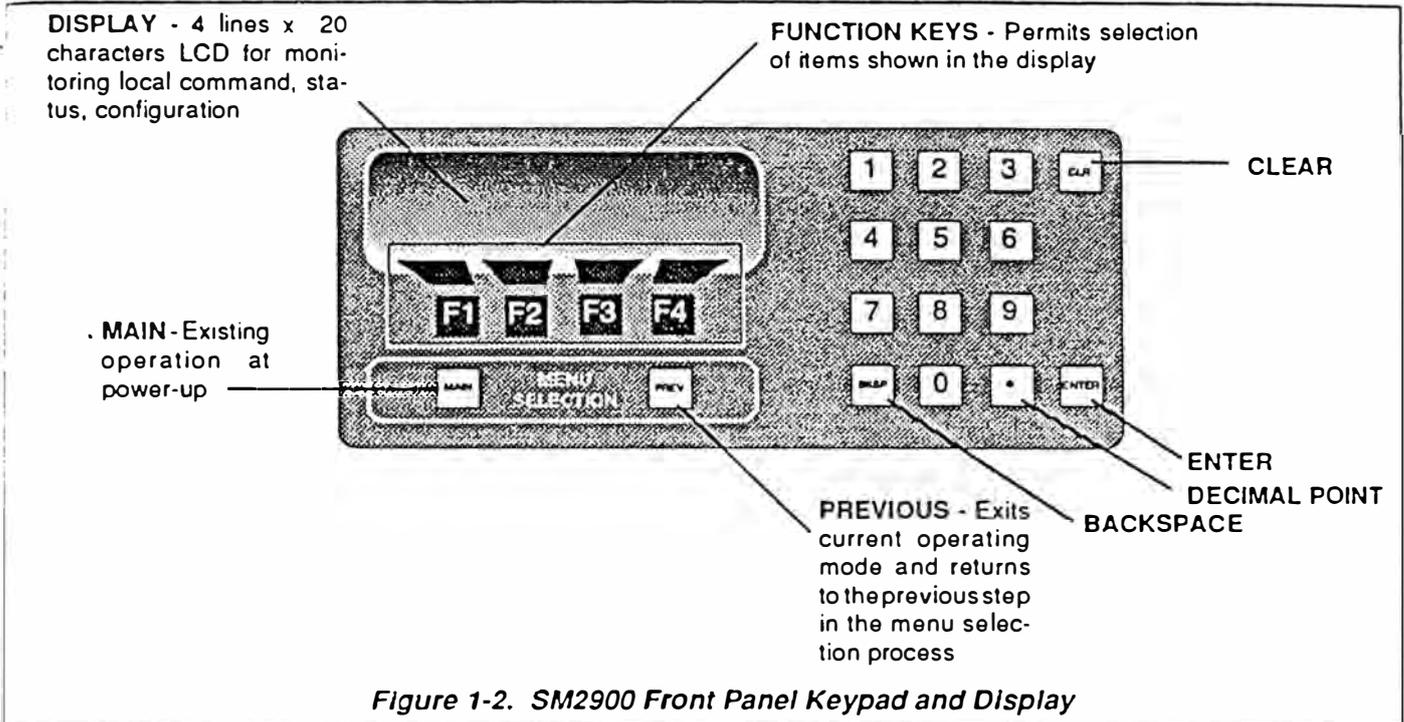


Figure 1-2. SM2900 Front Panel Keypad and Display

1.3 CLOCKING OPTIONS

The SM2900 provides the most flexible set of clocking options in the industry. This includes independent clocking operation of the Tx and Rx sections or using the Tx clock; Rx clock or a station clock as the reference for the SM2900. In addition, asymmetric clocking and referencing in one bit-per-second increments is possible with the SM2900. For example, the Tx clock can be used as the reference for the unit at 64 Kbps and the Rx clock may be locked to the Tx rate and operate at 200.001 Kbps.

1.5 KEYPAD AND DISPLAY

The Liquid Crystal Display (LCD) and keypad are located on the SM2900 front panel and provide the local control and status of the modem. LEDs on each module indicate summary fault and test conditions of the modem. The control of the modem is accomplished using a 'soft' key menu for ease of operation.

OPERATING CHARACTERISTICS

Communication Modes	Full-duplex or simplex; independent transmit and receive
Modulation	QPSK
Compatibility	IESS 308, 309, BS7-40E (Viterbi) SM290/240/220/200 (Sequential)
Carrier Spacing	1.4 times the Symbol Rate, except 55 KHz, minimum
Program Control	Via RS-485 (remote) or front panel keypad (local)
Data Rate and Code Rate (Unframed)	Programmable with one bit/second resolution over the following ranges:

<u>Decoding Type</u>	<u>Code Rate</u>	<u>Data Rate (Kbps)</u>
Viterbi (K=7)	1/2	32 to 2304
Viterbi (K=7)	3/4	48 to 3088
Sequential	1/2	32 to 2304
Sequential	3/4	48 to 2304
Sequential	7/8	56 to 2304

INTERNAL FRAMING UNIT (IFU) /ESC

IDR Data Rates	1544 and 2048 Kbps per IESS-308 (Rev. 6) 512 and 1024 Kbps with IBS overhead per IESS-308 (Rev. 6). Coding per IESS-308 is rate 3/4 only but is usable with K=7 rate 1/2 or 3/4 coding or sequential rate 1/2, 3/4, or 7/8 coding
IBS Data Rates	n x 64, up to 2048 Kbps per IESS-309 (Rev. 3). Coding per IESS-309 is rate 1/2 only but usable with K=7 rate 1/2 or 3/4 coding or sequential rate 1/2, 3/4, or 7/8 coding
Framing Overhead	
IDR	Data rate plus 96 Kbps, except 512 and 1024 Kbps, which uses IBS overhead
IBS	16/15 times data rate per IESS-309 (Rev. 3) (Rev.2) except for 1544 Kbps & G.732 1544 Kbps per IESS-309 (Rev. 3).
Bypass	Pass data to and from the modem without framing
ESC (IDR)	
ESC Data	One 8 Kbps full-duplex channel with octet Transmit data must be 8 KHz internal SCT Clock Electrical: RS422
Backward Alarm	4 alarms
Audio Channels	Audio - 2 full duplex channels. Balanced 600 Ohm, 4-wire, 300 to 3400 Hz Input Range -5 dBm ± 10 dB Output Range - 5 dBm ± 10 dB Audio Gain 0 dB
ESC (IBS)	
Backward Alarm	Transmit - Via the M&C: Receive - Via M&C and Form-C relay contact closure, Open collector output.

CLOCK OPTIONS

Tx Clock	Normal or inverted
Reference Clocks	Tx & Rx independent Tx = Reference for Rx Rx = Reference for Tx (loop timing) Station Clock = Ref for Tx, Rx = independent = Ref for Rx, Tx = independent = Ref for both Tx and Rx
Station Clock	Tx and Rx data rates settable in: 1 bit/sec, STACLK = 0.032 - 4.096 Mbps 2 bit/sec, STACLK = 4.096 - 10.0 Mbps Inputs: RS422: Hi Z or 120 Ohms BNC: Hi z or 75 Ohms
Asymmetric Clocks	Tx or Rx are locked to each other, or Station Clock, in 1 or 2 bit/sec increments. ie: Tx = 64.000 and Rx = 200.001 Kbps is Ok with the Rx buffer enabled

RECEIVE BUFFERING

Rx Buffer Size	Bypass: buffer= 0 bits Buffer On: 80 min. to 128 Kbit, (131, 072) Max.
Rx Programming	Bits or milliseconds
Buffer Sllp	Frame boundaries

MODULATOR

Output Power Range Accuracy Stability	-5 to -25 dBm in 0.1 dB steps ±0.5 dB ±0.25 dB over time and temperature
Output Frequency Range Step Size Accuracy/Stability Spurious Output	50-180 MHz 2.5 KHz 1 ppm (over full operating temperature range) -55 dBc/4 KHz (maximum, carrier modulated) -40 dBc (maximum, carrier unmodulated)
Scrambling	IESS 308 (V.35) Fairchild or Linkbit Compatible
Filtering	9-Pole Nyquist, compatible with IESS 308, 309
Output Impedance	75 Ohms
Output Return Loss	20 dB min. (50-90 MHz); 18 dB min. (100-180 MHz)

DEMODULATOR/DECODER

Input Power Range	-35 to -55 dBm
Input Frequency	50-90 MHz or 100-180 MHz
Acquisition Range	±25 KHz (Min.) from nominal input frequency
Maximum Composite Input Level	30 dB greater than desired carrier
Input Impedance	75 Ohms
Input Return Loss	20 dB Min. (50-90 MHz); 18 dB Min. (100-180 MHz)
Descrambling	IESS 308 (V.35) Fairchild or Linkbit compatible

DEMODULATOR/DECODER (CONTINUED)

All BER performance is in the presence of two like-modulated carriers spaced at 1.4 times the symbol rate each 14 dB higher in power. Total interfering power in the range of 98-102 MHz must be no more than 7dB greater than the desired signal.

SEQUENTIAL (With V.35 Scrambler)				
Data Rate (Kbps)	Maximum BER	Eb/No (dB)		
		R=7/8	R=3/4	R=1/2
56	10 ⁻⁵	6.9	5.8	4.9
	10 ⁻⁶	7.6	6.3	5.4
	10 ⁻⁷	8.3	6.7	5.8
1544	10 ⁻⁵	7.2	6.4	5.9
	10 ⁻⁶	7.8	6.9	6.3
	10 ⁻⁷	8.3	7.3	6.7
2048	10 ⁻⁵	7.3	6.6	6.2
	10 ⁻⁶	7.8	7.1	6.6
	10 ⁻⁷	8.3	7.6	7.0

VITERBI			
	Maximum BER	Eb/No (dB)	
		R=3/4	R=1/2
All Data Rates		V.35 Scrambler	No Scrambler
	10 ⁻³	5.3	4.2
	10 ⁻⁴	6.1	4.7
	10 ⁻⁵	6.9	5.4
	10 ⁻⁶	7.6	6.1
	10 ⁻⁷	8.3	6.7
	10 ⁻⁸	8.8	7.2

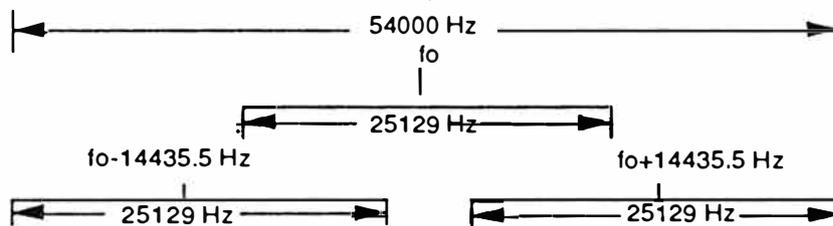
ACQUISITION DESCRIPTION

The SM2900 sweeps three windows for acquisition as shown below. The sweep starts at the center of each window on power-up, or after loss of lock. (After M&C reset, the sweep does not necessarily start at the center of the windows.) The time to sweep each window is:

T = 2²⁰/Symbol Rate, 1/2 Viterbi, 3/4 and 7/8 sequential, and 1/2 sequential if data rate ≥ 64 Kbps

T = 2²¹/Symbol Rate, 3/4 Viterbi and 128 Kbps ≤ data rate < 768 Kbps, and 1/2 rate sequential if data rate < 64 Kbps

T = 2²²/Symbol Rate if 3/4 Viterbi and data rate < 128 Kbps



TERRESTRIAL DATA INTERFACES

Baseband V.35, supporting CCITT circuits 101, 102, 103, 104, 113, 114, 115
RS422/RS449
G.703 T1 (1544 Kbps), BNC or 15-pin D
G.703 E1 (2048 Kbps), BNC or 15-pin D

Line Codes T1: AMI, B8ZS
E1: AMI, HDB3

Letter T1: Bell Pub. 41451 (Jan.1983)
E1: CCITT Rec. G.823

MONITOR AND CONTROL

Bus Hierarchy Master/Slave. Modems are Slaves. Up to 32 Slaves per Bus
Baud Rates 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 and 19200 Baud
Protocol Asynchronous, RS-485

CONTROL
Transmit On/Off
Output Power
Transmit Frequency
Receive Frequency
Baseband Loopback
Data Rate (Tx/Rx)
Code Rate and Type (Tx/Rx)
Scrambler On/Off, Descrambler On/Off
Scrambler Type
Receive Buffer On/Off (Bypass)
Pure Carrier
Differential Encoder On/Off
Differential Decoder On/Off
Transmit Carrier Default at Power-Up
Rx Buffer Size
Framing, IBS, IDR
Clock Options
Line Length

STATUS
Modulator Fault
Demodulator Fault
BER (Raw and Corrected), Eb/No
Summary Fault (Go/No Go)
Buffer Status (Underflow/Overflow)
Software Version
M&C/Interface Fault
Format Fault
Checksum Fault
Loss of Data Clock
Transmit Synthesizers Locked
Receiver Locked
Receive Synthesizer Locked
Interface in Use
Backward Alarm(s)
Loss of Tx input clock or data
Loss of reference clock (when applicable)
Loss of internal Tx clock
Loss of Rx output clock
Loss of frame sync
Loss of multiframe sync
BER > 10 ⁻⁹

CHASSIS /POWER

Size 3.5" high x 19" wide x 22" deep

Weight 15 pounds

Power Supply Auto-Ranging, 90 to 250 Vac at 47-63 Hz;
-48 Vdc optional

Power Consumption 110 watts

ENVIRONMENTAL

Temperature +10 to + 40° C Operating
-25 to + 85° C Storage

Relative Humidity 5% to 95% Non-condensing

Altitude 10,000 Feet



Fairchild Data Corporation

350 N. Hayden Rd. • Scottsdale, AZ 85257-4692 • (602) 949-1155, or call 1-(800)-247-9489 • FAX: (602) 941-0023 • TWX: 910-950-0085
© Copyright 1991 • Specifications Subject to Change Without Notice • Nov., 1991

SM2900 VCCTO SYSTEM
TEST DATA SHEET

Tested By (S2/BP/00) Date 1-8-93 S/O 92351

Serial Numbers:

Modem S/N 123 M&C S/N 189
Chassis S/N 880 Modulator S/N 202

Ref. Para.

4.1 PRE-ATP
4.1.2 Auto BER, Power, PWR, and M&C tests completed ✓ (✓)

4.1.7 Software Version 1.03

4.1.14 Modulator Board I.D. Complete ✓ (✓)

4.2 BURN-IN

4.2.2 Time IN Chamber: 9:38A.M Date 1-8-93
Time OUT: 12:14 P.M Date 1-11-93

Total Time In Chamber: 74.6 Hours

4.3 ACCEPTANCE TEST

4.3.1 POWER SUPPLY 110 Vac ✓ (✓) 220 Vac N/A (✓) 48 Vdc N/A (✓)

4.3.2 POWER SUPPLY

4.3.2.2 +5 Vdc (TP2) 5.36 (✓) (+5.30 to +5.40 Vdc)

4.3.2.3 +15 Vdc (TP3) +15.14 (✓) (+14.25 to +15.75 Vdc)

4.3.2.4 -15 Vdc (TP4) -15.09 (✓) (-14.25 to -15.75 Vdc)

4.3.6 OUTPUT RETURN LOSS

4.3.6.5 50 - 90 MHz Range ✓ (✓) ≤ 20 dB
100 - 180 MHz Range ✓ (✓) ≤ 18 dB

4.3.8 TRANSMIT ISOLATION ✓ (✓) ≤ 60 dB

4.3.9 DYNAMIC RANGE -45 dBm N/A (✓) 6 Vdc $\pm .1$ Vdc

4.3.12 PURE CARRIER

4.3.12.1 Spectrum Okay ✓ (✓)

4.3.12.2 Yellow LED (M&C Module) ON ✓ (✓)

HYPOT TEST

4.3.3.2 Ground Continuity Test ✓ (✓)

4.3.4.9 Dielectric Strength Test ✓ (✓)

***** SM-2900 EB/No Performance Test *****

Date Tested; 01/14/93

Start Time; 06:59:35

System Serial Number; 123

Modulator S/N; 202 M&C S/N; 189

Run Number; 1

Data Rate Bps	Acq. Time Seconds	Code Type	EB/No	Estimated EB/No	Margin	Act Ber	Status
2900000		1/2 Viterbi	4.5dB.	4.90 dB	0.62	1.42E- 5	PASS
2900000		1/2 Viterbi	4.2dB.	4.60 dB	0.71	3.73E- 5	PASS
3300000		1/2 Viterbi	4.5dB.	4.90 dB	0.64	1.30E- 5	PASS
3300000		1/2 Viterbi	4.2dB.	4.60 dB	0.74	3.35E- 5	PASS
6600000		1/2 Viterbi	4.5dB.	4.70 dB	0.52	2.25E- 5	PASS
6600000		1/2 Viterbi	4.2dB.	4.50 dB	0.61	5.93E- 5	PASS
8544000		1/2 Viterbi	4.5dB.	4.70 dB	0.53	2.19E- 5	PASS
8544000		1/2 Viterbi	4.2dB.	4.50 dB	0.64	5.33E- 5	PASS

Ber Final Test Status; Pass

Time finished;07:37:36

SPECTRUM SAVER SYSTEM

CHAPTER 2

SYSTEM OVERVIEW

This Chapter explains the basic function of the SpectrumSaver Encoder. It also describes the performance of the individual Printed Circuit Board (PCB) modules.

A complete listing of the Encoder Technical Specifications is also included (Section 2.4).

2.1 SpectrumSaver System Description

The SpectrumSaver satellite transmission system uses data compression and digital transmission to transmit video channels over a single satellite transponder. The major components of the system are shown in the following illustrations.

Figure 2-1: SpectrumSaver™ Satellite Application

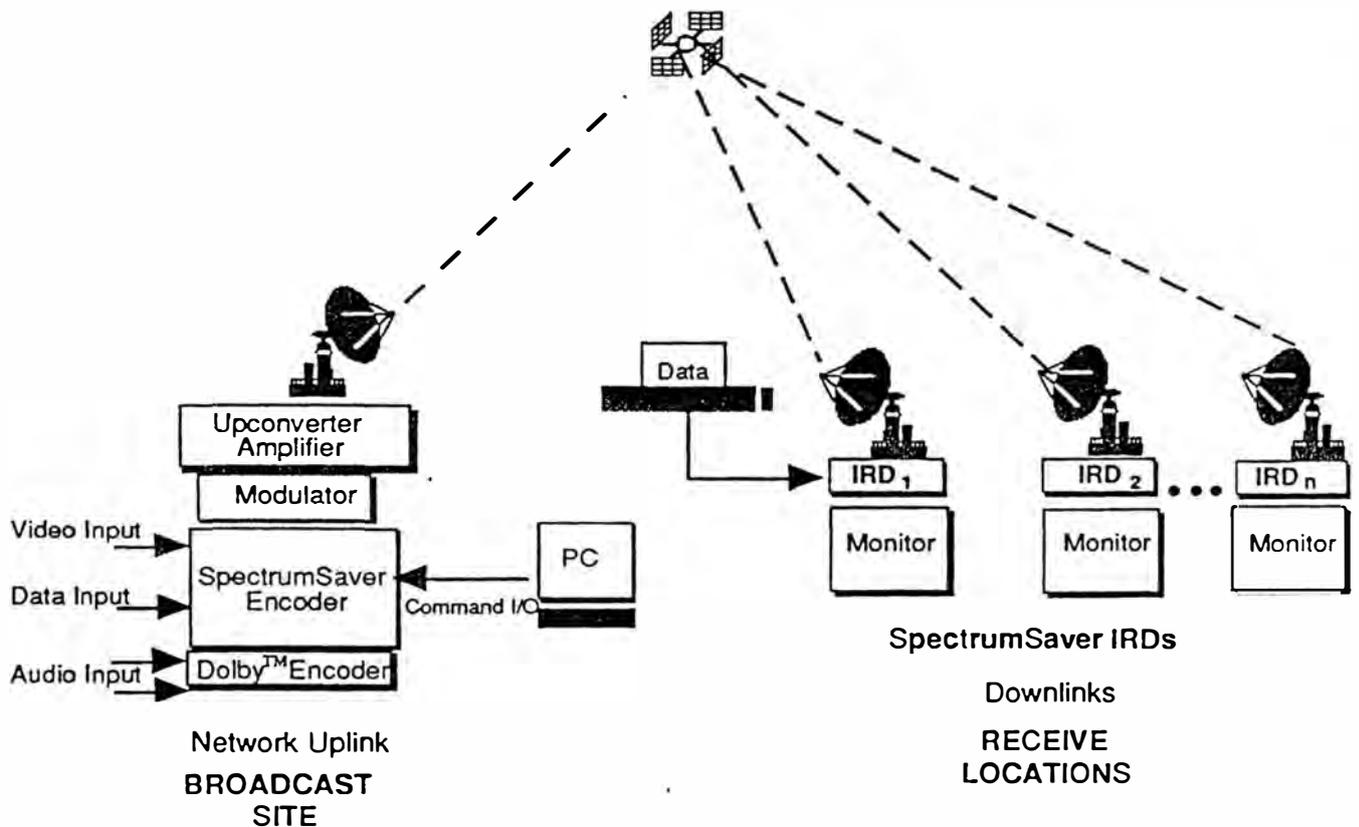
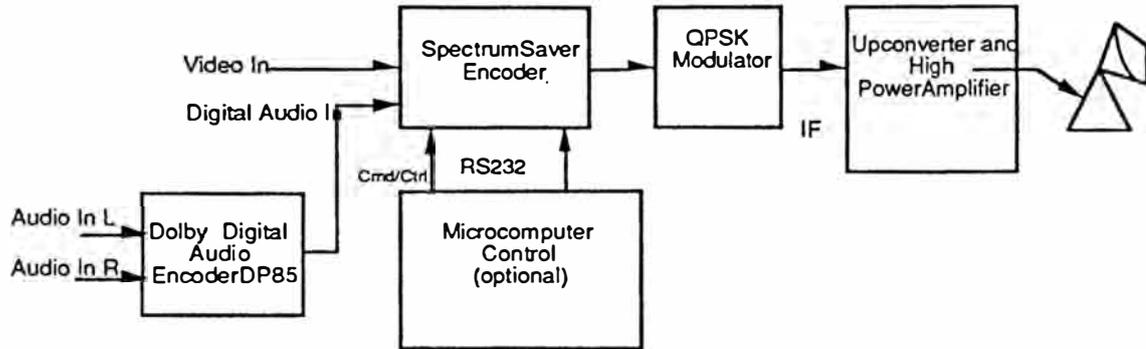
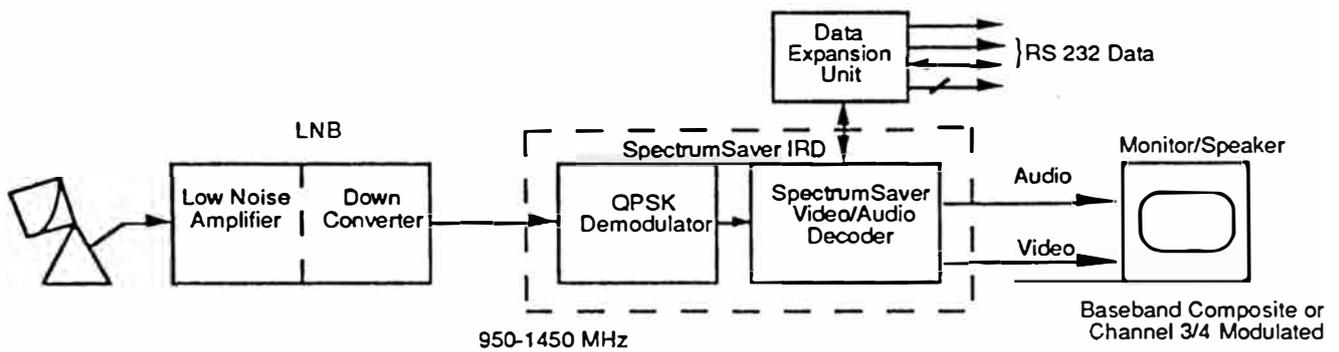


Figure 2-2: SpectrumSaver™ System Block Diagram



(a) Transmitter



(b) Receiver

2.1.1 Network Uplink/Encoder

The SpectrumSaver Compressed Digital Video (CDV) broadcast system consists of a SpectrumSaver Encoder and a Dolby™ Audio Encoder at the broadcast site (Network Uplink). The SpectrumSaver Encoder first digitizes and compresses the video input to a rate between 1.72 and 4.0 Mbps. It then multiplexes the digital signals into a composite data channel at 2.9, 3.3, or 6.6 Mbps. Rate selection is under user control.

Table 2-1: Input Signals Multiplexed by the Encoder

Channels	Signal Type	Multiplexed Output Rate ¹
1	Compressed Video	1.73 Mbps 1.95 Mbps 4.36 Mbps
2	Compressed Audio Dolby™ ADM (Adaptive Delta Modulation)	Approximately 200 Kbps/channel
1	Command and Control Data	Up to 19.2 Kbps
3	Data (other)	Up to 19.2 Kbps per channel
Total Output Data Rate (w/ith FEC):		2.9 Mbps 3.3 Mbps 6.6 Mbps

2.1.2 Modulator

At the Uplink site, the Encoder multiplexer formats the data into fixed length communications frames. Forward Error Correction (FEC) is applied to each frame, and the frames are then output through an RS-422 data port to the customer's satellite Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) modulator. With FEC, the total data rate output is 2.9, 3.3, or 6.6 Mbps. (See Table 2-1.)

The modulator receives the multiplexed data stream from the Encoder and digitally modulates a carrier to an Intermediate Frequency (IF) range (52-88 MHz).² The IF signal is then up-converted to the desired satellite transponder band, typically in the 11.7-12.2 GHz frequency range.

Carrier frequency selection within the transponder band is made under computer control or through the front panel switches of the modulator. The transponder band is selected at the up-converter. Multiple channels may be transmitted in a single transponder, with the exact number depending upon link budget parameters, such as receiver antenna size, data rate, and transponder power.

2.1.3 Network Downlink/Decoder

At the receiving (downlink) locations, each SpectrumSaver Integrated Receiver/Decoder (IRD) demodulates and decompresses the digital bitstream, then converts it to an NTSC video signal, two channels of audio, and a simplex data channel. To accomplish this, the downlink uses a conventional satellite antenna and Low Noise Block (LNB) converter to acquire the satellite signal, amplify it, and convert it from the C- or Ku-Band frequency range to the L-Band (950-1450 MHz).

Each IRD contains both a satellite QPSK demodulator and a video/audio decoder. The demodulator is tuned to a specific channel in the 500 MHz-wide L-Band. The demodulator synthesizer operates in steps of 125 KHz for fine-tuning of 4000 individual channels. The output of the QPSK demodulator is a multiplexed bitstream of compressed video/audio, data, and control bits that is input directly to the video/audio decoder in the IRD.

The video/audio decoder error-corrects the bitstream from the demodulator and demultiplexes the command, video, audio, and data information. The video is decompressed, converted to baseband composite video, and output to a monitor. Also included is a channel 3 or 4 RF modulator output to

¹ Video and/or audio bits may also be replaced with data to yield data rates up to 2.2 Mbps.

² Each transponder frequency bandwidth can be divided to carry several Encoder/Modulator combinations.



an ordinary television set. The compressed Dolby™ ADM (Adaptive Delta Modulation) audio is first decoded and then converted into two analog signals for output to a stereo audio amplifier.³

2.1.4 Encoder Controller Channel

A serial RS-232 port (J7) allows external control of the encoder from a computer terminal at 19.2 kbps. (See section 5.1)

2.1.5 IRD Control

Each IRD can be addressed individually via satellite through the CPU A (J19) port. Commands can be sent to tune the IRD, load encryption keys (option), enable receipt of programming, change service options and display teletext information. (See sections 5.2 and 5.3)

2.1.6 Data Channels

Three serial data channels are available to send to the IRD at rates up to 19.2 kbps. The connectors for these channels are J20 (M1), J21 (M2), and J22 (M3).

A variety of user interfaces can be created with the use of the optional Data Expansion Unit (DEU). The DEU includes ports for an RS-232 serial connection, VCR control, auxiliary audio and data. The opportunistic data interface can download data or send text in ASCII format to the receiving sites.

2.2 Video Data Compression

The following overview of video data compression will help you to understand the video encoding function of the SpectrumSaver Encoder.

2.2.1 Video Format Terminology

A television picture is two-dimensional. The image is constructed from hundreds of horizontal lines scanned parallel to each other to create the vertical dimension. The video format determines the number of lines (e.g., 480 for NTSC) from top to bottom on the monitor's display screen.

Each horizontal line is converted into an electrical signal with variations in amplitude. These signals represent variations in shades of gray. Pulses are inserted into the signal to synchronize equipment displaying the image, but these pulses are not visible to the viewer. The portion of the signal that is visible to the viewer is referred to as the *active video*.

2.2.2 Luminance, Chrominance, and Pixels

Video signals are analog waves that carry *luminance* (brightness of each point to create picture detail) and *chrominance* (color) information. Luminance is represented by the wave *amplitude*.

The chrominance portion of the video signal is a *phase-modulated* subcarrier superimposed over the *amplitude-modulated* waveform. Synchronization signals establish the phase reference of the chrominance information.⁴ For each horizontal line there is a short burst of the color subcarrier known as the *color burst*. The *phase angle* of the color subcarrier represents the *hue*, or color, and the amplitude represents the *saturation* (intensity).

³ Both left and right channels are summed to provide monaural audio.

⁴ For NTSC formatted video signals, the color subcarrier has a frequency of 3.58 MHz.

CHAPTER 1 FUNCTIONAL OVERVIEW

1.0 Functional Overview (Figures 1 and 2)

The SpectrumSaver™ satellite transmission system uses data compression and digital transmission to transmit video channels over a single satellite transponder. Major components of the system are described below.

1.1. Network Uplink/Encoder

The SpectrumSaver Compressed Digital Video (CDV) broadcast system consists of a SpectrumSaver Encoder and a Dolby™ Audio Encoder at the broadcast site (Network Uplink). The SpectrumSaver Encoder digitizes and compresses the video signal. It multiplexes all of the digital signals into a composite data channel, which operates at 2.9, 3.3, or 6.6 Mbps, then formats the data into fixed-length communications frames. Forward Error Correction (FEC) is applied to each frame, and the frames are then output through an RS-422 data port to a satellite Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) modulator.

1.2. Modulator

The QPSK modulator receives the multiplexed data stream from the Encoder and digitally modulates a carrier to an Intermediate Frequency (IF) range, which is typically 70 MHz. The IF signal is then up-converted to the desired satellite transponder band.

1.3. Network Downlink/Decoder

At receive locations (Downlinks), SpectrumSaver Integrated Receiver/Decoders (IRDs) decompress the digital bit stream and convert it to an NTSC video signal, two channels of audio, and a simplex data channel. To accomplish this, the receive site uses conventional dish antennas and Low Noise Block (LNB) converters to acquire a signal from a satellite, amplify it, and down-convert it from the satellite frequency range to L-Band (950-1450 MHz).

The QPSK demodulator inside each IRD selects a given channel within the 500 MHz L-band. The demodulator synthesizer operates in 125 KHz steps, and permits fine-tuning to 4000 possible channel frequencies within the L-Band. The output of the QPSK demodulator is a multiplexed bitstream, which contains compressed video/audio, data, control bits, synchronization and error correction codes. This multiplexed bitstream is input directly to the video/audio decoder within the IRD.

The video/audio decoder corrects the data frame and de-multiplexes the command, video, audio, and data information. The video is decompressed, converted to baseband composite video, and is then output to a monitor. A channel 3 or 4 RF modulator output to an ordinary television set is also included.

The compressed Dolby™ Adaptive Delta Modulation (ADM) audio is first decoded, then converted into Left and Right analog signals for output to an audio amplifier. The ADM audio is also combined and provided as a monaural signal on the channel 3, 4 RF output.

1.4. Data Channels

A serial data channel is also available to communicate from the uplink to the IRD. A variety of user interfaces can be created with the use of the optional Data Expansion Unit (DEU). The DEU includes ports for RS-232 serial, VCR control, auxiliary audio, and opportunistic data. Users can take advantage of these facilities to send information to receiving sites.



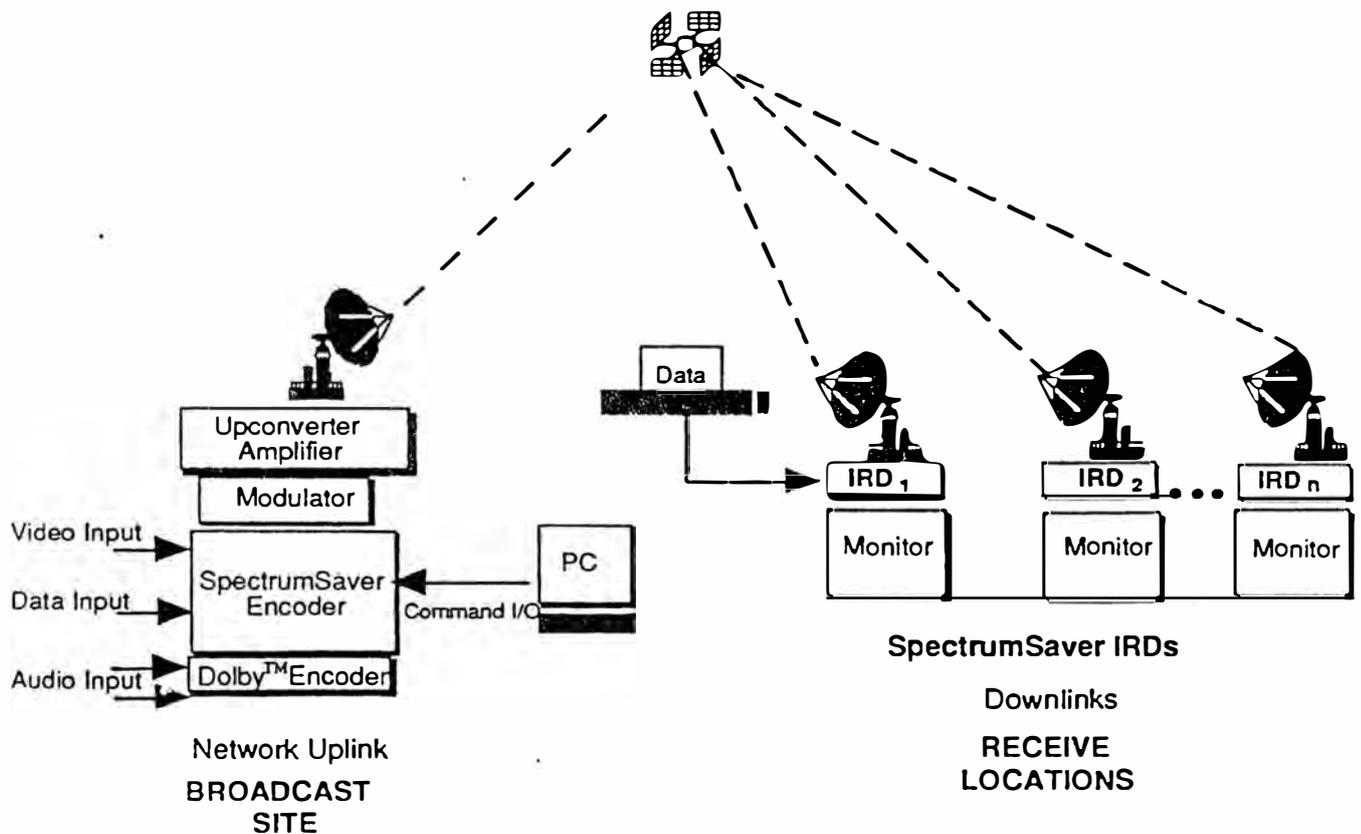
1.5. Channel Data Rates

The SpectrumSaver System can operate at any of the following rates:

- 6.6 and 3.3/2.93568 Mbps

The SpectrumSaver IRD will operate at 6.6 Mbps, its "Rate High" setting, or at either 3.3 or 2.93568 Mbps, its "Rate Low" setting. The SpectrumSaver IRD will automatically rate-adapt between its Rate High setting (6.6 Mbps) and its Rate Low setting (3.3/2.93568 Mbps). The Rate Low setting from CLI's factory is at 3.3 Mbps. Users can use the switches on the IRD front panel or the (optional) Remote Control to choose between rate setting configurations.¹

Figure 1-1 SpectrumSaver™ Satellite Application



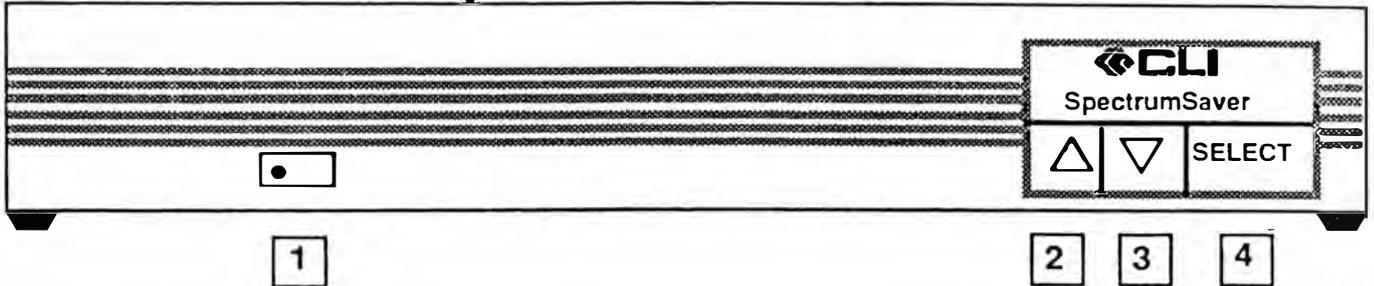
¹For further details on changing data rates, see Section 4.3.5, System Menu.

CHAPTER 2
PHYSICAL DESCRIPTION

2.0 Physical Description

Figures 2-1 through 2-4 below show different views of the IRD unit and (optional) Remote Control Keypad. Functionality is summarized under the "Use" column in the Tables that accompany each Figure.

Figure 2-1 IRD Front Panel



[Shown on IRD Front Panel]

Item	Label	Most Common Use
1	—	Indicator LED and IR Remote Control receiver
2	▲	Move up through the menu.
3	▼	Move down through the menu.
4	SELECT	Enable menu display. Select highlighted menu item.

[Shown on IRD Right Side]

5	Bar Code, Serial Number	Security Module
---	----------------------------	-----------------

Figure 2-2 IRD Right Side

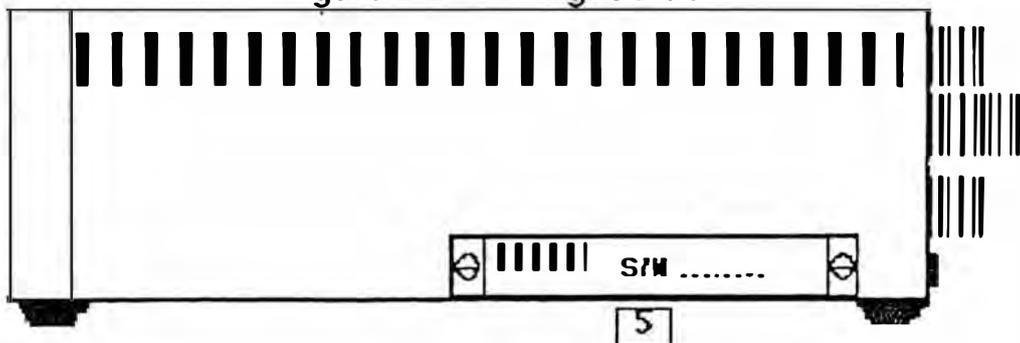
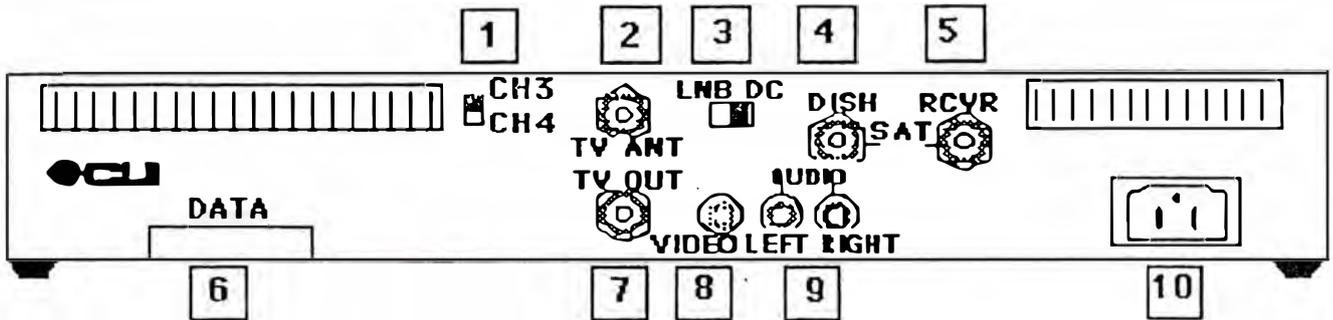




Figure 2-3 IRD Rear Panel



Item	Label	Use	Connector
1	CH3-CH4	Select channel 3 or channel 4.	_____
2	TV ANT	Coax input from TV antenna, cable, or satellite receiver.	Type F
3	LNB DC	Selects whether 22V DC power is supplied to the LNB.	_____
4	DISH	Coax input from satellite receiving antenna.	Type F
5	RCVR	Coax output to optional satellite receiver.	Type F
6	DATA	Used to connect the IRD to the Data Expansion Unit (DEU).	20-Pin
7	TV OUT	Output to television antenna input.	Type F
8	VIDEO	Video output for monitor (no tuner).	RCA
9	AUDIO: LEFT and RIGHT	Stereo audio output.	RCA
10	_____	AC power.	Power cord provided

**APPENDIX A
SYSTEM SPECIFICATIONS**

7.0 System Specifications

Video

Interface (Encoder input and IRD output)	NTSC composite (RS-170) baseband or RGB component
Vertical Resolution	Display = 480 lines
Horizontal Resolution	Display = 368 pixels
Compression Type	Discrete Cosine Transformation (DCT) with motion compensation using proprietary CLI technology
Video Data Compression Rate	1.73/1.95/4.36 Mbps
Channel Data Rate	2.93568/3.3/6.6 Mbps

Audio

Interface (outputs)	Stereo Monaural (RF Channel 3, 4)
Compression Data Rate	Dolby™ digital audio at 200 Kbps/channel (nominal)
Dynamic Range	>70 dB
Distortion	<.3%
Frequency Response	±3 dB, 20 Hz to 15 KHz
Channel Separation	40 dB

Data

Interface	RS-232
Serial Data	Up to 19.2 Kbps
Substitute for Audio	400 Kbps (nominal)
Substitute for Video (when video source is removed)	0 to 4.36 Mbps

Transmission Interface

Error Correction	Any combination of 16 bit errors in a 1056-bit block
------------------	--



RF QPSK Demodulator

Input Frequency Range	950-1450 MHz
Input Signal Dynamic Range	-75 dBm to -30 dBm
Total Input Power	-10 dBm maximum
Input Impedance	75 ohms
Input Return Loss	>8 dB
Carrier Tuning	125 KHz Frequency Step Size
E_b/N_o , Required Energy	7.0 dB @ 3.3/6.6 Mbps Channel Data Rate 7.2 dB @ 2.93568 Mbps Channel Data Rate (20 hrs mean time between uncorrectable error events)

Power Requirements

Input Voltage	90-132 VAC
Frequency	47-63 Hz
Current	.33 amps
Consumption	35 Watts

Environmental

Operating Temperature	10° to 40° C
Humidity	15% to 95%, non-condensing
Heat Dissipation	125 BTU/hour

Mechanical

Size	2.25 in.(H) x 14.75 in. (W) x 6.85 in. (D)
Weight	5 lbs.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-COMPRESSED DIGITAL VIDEO (CDV) : A TECHNOLOGY OVERVIEW
White Paper. Compression Labs, Incorporated CLI
- 2.-COMUNICACIONES VIA SATELITE
Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones.
INICTEL
- 3.-HANDBOOK SATELLITE COMMUNICATIONS. FIXED SATELLITE SERVICE
International Telecommunications Union. Geneva, 1988.
- 4.-INTERFERENCE ANALYSIS
James H. Cook. Jr. Satellite Communications Symposium '82
- 5.-SATELLITE COMMUNICATIONS
Timothy Pratt, Charles W. Bostian.
- 6.-SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR SATÉLITE
Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones.
INICTEL
- 7.-PAS-1. TECHNICAL PERFORMANCE HANDBOOK
Alpha Lyracom, PanAmSat. December 1988
- 8.-OPERATIONS AND INSTALLATION MANUAL
7.6 mts. Andrew Antenna
TGS-7100 Series C Band Transceiver
SM-2900 Satellite Módem
CLI Spectrum Saver Encoder
CLI Spectrum Saver Integrated Receiver Decoder
- 9.-Accesos INTERNET :
www.clix.com
www.andrew.com/products/catalog
www.sset.com/fastacq.html
www.titan.com/products
www.prodelin.com