

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

**DIMENSIONAMIENTO Y CRITERIOS PARA LA
IMPLEMENTACION DE UNA RED SATELITAL
DAMA PARA UNA CORPORACION**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO
DE INGENIERO EN ELECTRONICA
Y TELECOMUNICACIONES**

FABRICIO ENRIQUE BETANCOURT MORA

QUITO, MARZO DEL 2000

AGRADECIMIENTO

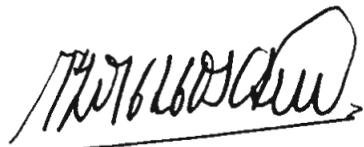
Agradezco a mis padres, hermanas, familiares por su constante apoyo durante mi carrera y a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo.

Mi agradecimiento especial al Ing. Pablo Hidalgo por su valioso apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIA

A mis padres, hermanas.
familiares, enamorada y amigos.

Certifico que la presente tesis ha sido elaborada en su totalidad por el señor Fabricio Enrique Betancourt Mora.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pablo Hidalgo Lascano', written over a horizontal line.

Ing. Pablo Hidalgo Lascano
DIRECTOR DE TESIS

INDICE

Introducción

| | |
|--|----|
| 1. SATELITES DE TELECOMUNICACIONES | 1 |
| 1.1 La historia de los satélites | 1 |
| 1.2 Segmento espacial en un sistema satelital | 3 |
| 1.2.1 Frecuencias en un satélite de comunicaciones | 3 |
| 1.2.2 <i>Transponder</i> satelital | 5 |
| 1.2.2.1 Potencia del <i>transponder</i> | 7 |
| 1.2.2.2 Utilización de un <i>transponder</i> | 8 |
| 1.2.3 Orbitas Geosíncronas | 8 |
| 1.2.4 Interferencia orbital | 10 |
| 1.2.5 Movimiento de los satélites | 11 |
| 1.2.6 <i>Footprint</i> del satélite | 12 |
| 1.2.7 Principales efectos solares | 14 |
| 1.2.7.1 Eclipse | 14 |
| 1.2.7.2 Interferencia solar | 14 |
| 1.2.8 Efectos atmosféricos | 15 |
| 1.3 Segmento terrestre en un sistema satelital | 16 |
| 1.3.1 Antenas | 16 |
| 1.3.2 Amplificadores de bajo ruido | 18 |
| 1.3.3 Transceptores | 19 |
| 1.3.4 Módem satelital | 20 |
| 1.4 Características básicas de la comunicación satelital | 20 |
| 1.4.1 Retardo de señal | 20 |
| 1.4.2 Calidad del canal satelital | 21 |
| 1.4.3 Ventajas de un sistema satelital | 23 |
| 1.5 Topologías de redes satelitales | 23 |
| 1.5.1 Punto-Punto | 24 |
| 1.5.2 Estrella | 24 |
| 1.5.3 Malla (Conexión cualquiera con cualquiera) | 26 |
| 1.6 Servicio en Latinoamérica | 27 |
| 2. TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE SATELITAL | 29 |
| 2.1 Acceso múltiple al satélite | 29 |
| 2.2 Clasificación de las técnicas de acceso múltiple satelital | 29 |
| 2.2.1 Según la atribución del canal satelital | 29 |
| 2.2.1.1 Acceso múltiple con asignación previa | 30 |
| 2.2.1.2 Acceso Múltiple con Asignación por Demanda (DAMA) | 30 |
| a) Modo de operación del esquema DAMA..... | 31 |
| b) Asignación fija (previa) vs. dinámica (por demanda) | 32 |
| b.1) Asignación fija | 32 |
| b.2) Asignación dinámica | 33 |

| | |
|--|----|
| 2.2.2 Según la forma de compartir el transponder | 33 |
| 2.2.2.1 Acceso Múltiple por división de frecuencia (FDMA) | 35 |
| a) Sistema de un solo canal por portadora (SCPC) | 37 |
| a.1) Asignación por Demanda | 40 |
| a.2) Sistema SPADE | 42 |
| a.3) Ejemplo de un sistema SPADE | 45 |
| b) Sistema multicanal por portadora (MCPC) | 46 |
| 2.2.2.2 Acceso Múltiple por División de tiempo (TDMA) | 46 |
| • Ventajas de TDMA sobre FDMA | 50 |
| 2.2.2.3 Acceso Múltiple por Distribución en el Tiempo con Conmutación a bordo del Satélite (SSTDMA) | 51 |
| 2.2.2.4 Acceso Múltiple por distribución de frecuencia y distribución en el tiempo | 52 |
| 2.2.2.5 Acceso Múltiple por División de Tiempo ALOHA | 52 |
| 2.2.2.6 TDMA DAMA | 54 |
| 2.2.2.7 Acceso Múltiple por División de Código (Acceso Múltiple del espectro Disperso) | 54 |
| • Salto de Frecuencia | 57 |
| 2.3 Aplicaciones de redes satelitales con acceso múltiple | 58 |
| 2.3.1 Redes DAMA SCPC para aplicaciones de voz | 60 |
| 2.3.2 TDMA para redes de voz | 63 |
| 2.3.3 TDMA multiportadora para circuitos de voz | 63 |
| 2.4 Técnicas adicionales en redes satelitales | 66 |
| | |
| 3 LA TECNOLOGIA ABCS DE NORTEL DASA | 68 |
| 3.1 Introducción | 68 |
| 3.2 Descripción del sistema | 73 |
| 3.2.1 Configuraciones de Red ABCS | 73 |
| 3.2.2 La estación ABCS | 74 |
| 3.2.2.1 Unidad exterior | 75 |
| 3.2.2.2 Unidad interior | 76 |
| • Módulos de la unidad interior y su función | 80 |
| • Módem | 80 |
| • SNEC | 82 |
| • Interfaces ABCS | 84 |
| • Kit de Interfaz serial de línea SLIK | 86 |
| 3.2.3 Administración de la red | 87 |
| 3.2.4 Segmento espacial para una red ABCS | 88 |
| 3.2.5 Dispositivos de Acceso Frame Relay (FRADS) | 90 |
| 3.2.6 Multiplexor Frame Relay | 93 |
| 3.3 Acceso al canal satelital | 94 |
| 3.3.1 Protocolo SPOTNET | 95 |
| 3.3.2 Introducción a SPOTNET | 96 |
| 3.3.3 Esquema general de trabajo de SPOTNET | 97 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.3.4 | Bloques constituyentes: slots, tramas y supertramas | 98 |
| 3.3.5 | Proceso de reservación | 102 |
| 3.3.6 | Procesamiento central de los pedidos de transmisión | 104 |
| 3.3.7 | Transmisión del Plan de Trama | 105 |
| 3.3.8 | Robustez | 107 |
| 3.4 | Definición de grupos | 107 |
| 3.5 | Procesamiento del tráfico LAN en la red ABCS | 110 |
| 3.6 | Procesamiento del tráfico Frame Relay en la red ABCS | 113 |
| 3.7 | Voz y fax a través de ABCS | 116 |
| 3.8 | Procesos de operación y administración de la red | 117 |
| 4 | DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED CORPORATIVA DE TELECOMUNICACIONES | 124 |
| 4.1 | Estructura de una red corporativa tipo y sus requerimientos | 124 |
| 4.1.1 | Requerimientos de la red corporativa | 125 |
| 4.1.2 | Sistema de comunicaciones corporativo | 127 |
| 4.1.2.1 | Datos | 128 |
| 4.1.2.2 | Voz | 129 |
| 4.1.2.3 | Red satelital | 132 |
| 4.2 | Alternativas de solución | 135 |
| 4.2.1 | Una red en malla completa con enlaces SCPC | 135 |
| 4.2.1.1 | Modelo de un enlace entre dos puntos | 136 |
| 4.2.1.2 | Requerimientos de estación terrena | 138 |
| 4.2.1.3 | Requerimientos de recurso satelital | 140 |
| 4.2.2 | Una red TDMA DAMA con topología malla completa utilizando la tecnología ABCS de Nortel Dasa | 141 |
| a) | Dimensionamiento de tráfico | 144 |
| a.1) | Tráfico de voz | 144 |
| a.2) | Tráfico de datos | 147 |
| b) | Cálculo del enlace | 149 |
| c) | Dimensionamiento de la trama | 153 |
| 4.3 | Pruebas cursando tráfico de datos | 155 |
| a) | Un salto satelital | 157 |
| b) | Doble salto satelital | 157 |
| c) | Red satelital DAMA ABCS | 158 |
| 4.4 | Criterios para la implementación de la red | 161 |
| 4.4.1 | Instalación de equipos | 161 |
| 4.4.2 | Configuración del software | 163 |
| 4.5 | Análisis de costos | 167 |
| 4.5.1 | Costos referenciales Red DAMA ABCS Nortel DASA | 167 |
| 4.5.2 | Costos referenciales Red SCPC en malla completa | 174 |
| 5 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 177 |

ANEXOS

- ANEXO A. Tablas de Erlang
- ANEXO B. Características INTELSAT 805 (Zoom)
- ANEXO C. Cálculo satelital para 64 Kbps y 1024 Kbps
- ANEXO D. Configuración de las estaciones ABCS de la red corporativa

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

| | |
|---|----|
| Figura 1-1. El <i>transponder</i> retransmite la información a una frecuencia menor que la recibida | 2 |
| Figura 1-2. Plan de frecuencias típico de un satélite en banda Ku | 7 |
| Figura 1-3. Duración de la órbita en función de la altura | 9 |
| Figura 1-4. Separación espacial de satélites | 10 |
| Figura 1-5. Movimiento aparente de los satélites | 12 |
| Figura 1-6. <i>Footprint</i> de un satélite | 13 |
| Figura 1-7. Antena parabólica de una estación satelital | 17 |
| Figura 1-8. Configuraciones de red | 24 |
| Figura 1-9. Conexión remota a remota utilizando sistemas VSAT con <i>HUB</i> | 25 |

CAPITULO 2

| | |
|--|----|
| Figura 2-1. Esquemas de acceso múltiple según la forma de compartir el <i>transponder</i> : (a)FDMA; (b) TDMA; (c) CDMA | 34 |
| Figura 2-2. Transmisión FDMA | 35 |
| Figura 2-3. Plan de frecuencias SCPC típico para la explotación de un <i>transponder</i> completo | 38 |
| Figura 2-4. Sistema SCPC punto – punto | 39 |
| Figura 2-5. Portadoras en un enlace SCPC punto-punto | 40 |
| Figura 2-6. Asignaciones de frecuencias de la portadora para el equipo de asignación de acuerdo a la demanda con acceso múltiple, PCM de canal sencillo por portadora de <i>Intelsat</i> (SPADE) | 44 |
| Figura 2-7. Canal de señalización común (CSC) SPADE con FDMA | 44 |

| | |
|--|----|
| Figura 2-8. Diagrama del ejemplo de sistema SPADE | 45 |
| Figura 2-9. Transmisión TDMA | 47 |
| Figura 2-10. Trama básica para acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) | 48 |
| Figura 2-11. Correlacionador de palabra única | 49 |
| Figura 2-12. Transmisión ALOHA | 53 |
| Figura 2-13. Salto de frecuencia; a) matriz de salto de frecuencia; b) transmisor de salto de frecuencia | 58 |
| Figura 2-14. Red de comunicaciones por satélite usando SCPC DAMA | 61 |
| Figura 2-15. Costo de equipamiento de la red, excluyendo instalación y servicios | 65 |

CAPITULO 3

| | |
|---|-----|
| Figura 3-1. Ejemplo de una red corporativa satelital | 69 |
| Figura 3-2-a. Unidad exterior de una estación ABCS | 77 |
| Figura 3-2-b. Unidad interior de una estación ABCS | 77 |
| Figura 3-3. Vista posterior de la unidad interior ABCS | 78 |
| Figura 3-4. Ejemplo de una estación ABCS | 79 |
| Figura 3-5. El Sistema de Administración de Red es una estación de trabajo que puede conectarse a cualquiera de las estaciones ABCS | 88 |
| Figura 3-6. Vista posterior de un multiplexor ACT Netperformer SDM-9400 | 94 |
| Figura 3-7. Estructura de la trama <i>SPOTNET</i> | 99 |
| Figura 3-8. Supertrama <i>SPOTNET</i> para una red de 13 estaciones | 100 |
| Figura 3-9. Los elementos principales de <i>SPOTNET</i> | 101 |
| Figura 3-10. Ejemplo de Plan de Trama para una red ABCS de 13 estaciones | 106 |
| Figura 3-11. Ejemplo de definición de grupos ABCS | 108 |
| Figura 3-12. Red LAN ABCS | 109 |

CAPITULO 4

| | |
|---|-----|
| Figura 4-1. Característica de tráfico WAN de una empresa tipo utilizando aplicación <i>Baan</i> y correo electrónico | 128 |
| Figura 4-2. En el mapa se muestra el área dentro de la cual se encuentran ubicadas las ciudades a enlazar | 133 |
| Figura 4-3. Mapa de Cobertura del INTELSAT 805 | 135 |
| Figura 4-4. Enlace SCPC entre puntos A y B | 136 |
| Figura 4-5. Modelo de red con topología malla completa para 10 estaciones | 137 |
| Figura 4-6. Red de voz corporativa | 146 |
| Figura 4-7. Trama Frame Relay | 150 |
| Figura 4-8. Transferencia de datos con simple y doble salto satelital | 156 |
| Figura 4-9. Tiempo de ping vs tamaño de datagrama transferido, para uno, dos saltos satelitales y a través de una red DAMA ABCS | 158 |
| Figura 4-10. Conexión de redes LAN mediante una red satelital DAMA ABCS | 159 |
| Figura 4-11. Secuencia de instalación del hardware de la estación ABCS | 162 |
| Figura 4-12. Secuencia para puesta en marcha | 163 |

PREFACIO



PREFACIO

La expansión global de las entidades corporativas e instituciones en general han permitido el desarrollo de las redes de telecomunicaciones satelitales. Su amplia cobertura lo convierten en el medio de transmisión escogido cuando se requiere interconectar sitios lejanos para realizar transferencia de información. Esta tesis presenta un estudio de una forma de optimizar la utilización del ancho de banda satelital al asignarlo en forma dinámica, según la demanda de las estaciones que formen una red. Se hace una introducción a lo que constituyen las comunicaciones satelitales en general a fin de facilitar el entendimiento de los términos manejados en este trabajo.

OBJETIVO

Se espera que esta tesis, pueda servir como herramienta de consulta y trabajo para quienes estén interesados en conocer sobre comunicaciones vía satélite y las formas de utilizar eficientemente un recurso costoso como es el ancho de banda satelital.

ENFOQUE

El enfoque de esta tesis se orienta hacia un análisis sobre las técnicas de acceso múltiple al satélite y esquemas de asignación de ancho de banda satelital bajo demanda, para formar redes corporativas para la transferencia de voz y datos.

ORGANIZACION

Esta tesis está dividida en cinco capítulos. En los primeros dos capítulos se hace una revisión de los elementos básicos de un sistema de comunicaciones satelitales y la forma de acceder al ancho de banda disponible en los satélites. En el tercero y cuarto capítulo, se analiza la tecnología ofrecida por un fabricante de equipos de red satelital DAMA, aplicándola luego como solución para una entidad corporativa. En el quinto capítulo se presentan los comentarios y conclusiones de este trabajo.

- Capítulo 1. “Satélites de telecomunicaciones”, presenta conceptos básicos sobre los elementos que intervienen en un enlace de comunicaciones por satélite, las ventajas que ofrece y aplicaciones que podría dárseles.
- Capítulo 2. “Técnicas de acceso múltiple satelital”, muestra la clasificación que se ha hecho de las formas en que varias estaciones puedan compartir el ancho de banda disponible en los satélites y describe las más utilizadas.
- Capítulo 3. “La tecnología ABCS de Nortel Dasa”, presenta las características del *hardware* y los principios de funcionamiento de la tecnología ABCS del fabricante Nortel Dasa, equipos que utilizan el esquema TDMA-DAMA para la asignación dinámica del ancho de banda satelital.
- Capítulo 4. “Dimensionamiento de una red corporativa de Telecomunicaciones”, presenta las necesidades de telecomunicaciones de una entidad corporativa y desarrolla una solución con una red utilizando la tecnología ABCS. Compara con los requerimientos de ancho de banda satelital generados por una red de asignación fija, y presenta los costos de cada alternativa.
- Capítulo 5. “Conclusiones y recomendaciones”
- Anexos
- Bibliografía

CAPITULO 1



1. SATELITES DE TELECOMUNICACIONES

Un satélite de telecomunicaciones es considerado como un gran repetidor de microondas en el cielo. Recibe señales de microonda a una frecuencia dada (*uplink*) y las retransmite a otra frecuencia (*downlink*), tal como se observa en la figura 1-1.

Un satélite debe usar una frecuencia diferente para la retransmisión en el enlace de bajada puesto que podría interferir con un débil enlace de subida. El equipo en el satélite, encargado de recibir la señal, amplificarla, cambiar su frecuencia y retransmitirla se llama *transponder*. [2]

1.1 LA HISTORIA DE LOS SATELITES [1]

El tipo más sencillo de satélite es el reflector pasivo, un dispositivo que simplemente "rebota" una señal de un lugar a otro. La luna es un satélite natural de la tierra y, como consecuencia, a finales de la década de 1940 y principios de la década de 1950, se convirtió en el primer satélite pasivo. El servicio estaba limitado por la disponibilidad de la Luna.

En 1957, Rusia lanzó el *Sputnik I*, el primer satélite terrestre activo. Un satélite activo es capaz de recibir, amplificar y retransmitir información de y hacia las estaciones terrestres. *Sputnik I*, transmitió información telemétrica por 21 días.

En 1958, la *NASA*¹ lanzó el *Score*, un satélite con forma cónica de 150 libras. *Score* fue el primer satélite artificial usado para retransmitir las comunicaciones terrestres. *Score* fue un satélite repetidor con retardo, ya que recibía transmisiones de las estaciones terrestres, las almacenaba en cinta magnética y las emitía a las estaciones terrestres más adelante durante su órbita.

¹ *NASA: National Aeronautic and Space Administration*, organismo coordinador y director de las investigaciones espaciales y aeronáuticas estadounidenses.

En 1960, la *NASA* en conjunto con los *Bell Telephone Laboratories* y el *Jet Propulsion Laboratory*, lanzaron el *Echo*, un globo de plástico de 100 pies de diámetro, con una capa de aluminio, el cual reflejaba pasivamente las señales de radio provenientes desde una gran antena terrestre. *Echo* era sencillo y confiable, pero requería de transmisiones de extremadamente alta potencia desde las estaciones terrestres. La primera transmisión trasatlántica por satélite se logró usando *Echo*. Después, en 1960, el Departamento de Defensa lanzó a *Courier*. *Courier* transmitió 3 W de potencia y duró solo 17 días.

En 1962, *AT&T* lanzó *Telstar I*, el primer satélite que recibía y transmitía simultáneamente. El equipo electrónico, en *Telstar I*, fue dañado por la radiación, por lo que duró sólo unas cuantas semanas. *Telstar II* era, electrónicamente idéntico a *Telstar I*, pero estaba hecho más resistente a la radiación. *Telstar II* fue lanzado en forma exitosa en 1963. Fue usado para transmisiones de teléfono, televisión, facsímiles y datos. La primera transmisión trasatlántica exitosa de video se logró utilizando el *Telstar II*.

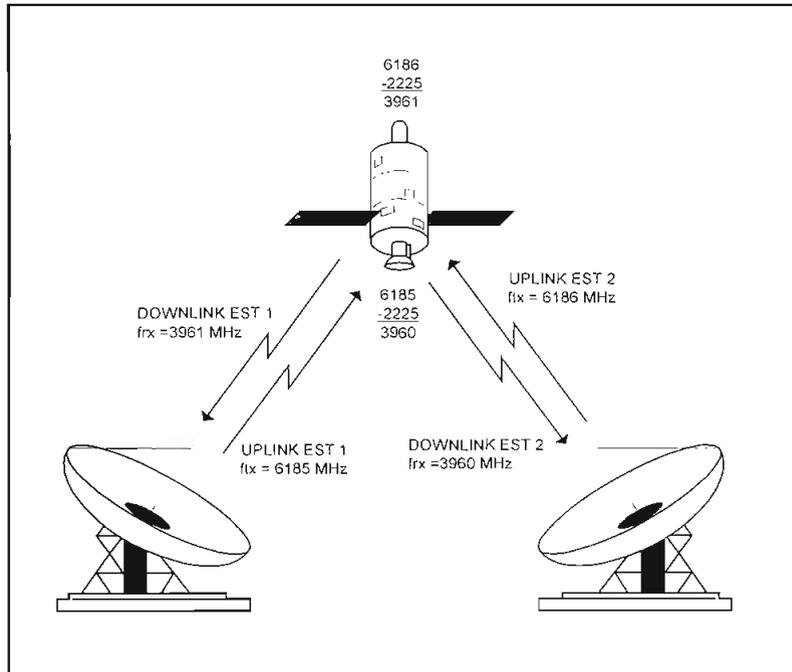


Figura 1-1. El transponder retransmite la información a una frecuencia menor que la recibida

Los satélites pueden ser de tipo pasivo o activo. Un satélite pasivo es el que simplemente refleja una señal de regreso a la Tierra: no hay dispositivos de ganancia a bordo que amplifiquen o repitan la señal. Un satélite activo es el que de manera electrónica, repite una señal a la Tierra (recibe, amplifica y retransmite la señal). Una ventaja de los satélites pasivos es que no requieren de equipo electrónico sofisticado a bordo, aunque no necesariamente carecen de fuente de energía. Algunos satélites pasivos requieren de un transmisor guía para propósitos de rastreo. Una desventaja de los satélites pasivos es el uso ineficiente de la potencia transmitida. Con *Echo*, por ejemplo, sólo una parte en cada 10^{18} de la potencia transmitida por la estación origen era captada por la antena de la estación satelital de recepción.

En 1964, se estableció una red global de satélites comerciales conocida como *Intelsat* (Organización Satelital para Telecomunicaciones Internacionales). *Intelsat* es propiedad y operada por un consorcio de más de 100 países, siendo manejada por las entidades de comunicaciones designadas en sus países respectivos. El primer satélite *Intelsat* fue *Early Bird I*, el cual fue lanzado en 1965, con el que comenzó la era de los satélites de comunicaciones comerciales. De 1966 a 1987, se lanzaron una serie de satélites designados como *Intelsat II, III, IV, V* y *VI*. *Early Bird* ofrecía 240 circuitos o un canal de TV, con cobertura sobre Europa y Norteamérica. Seis años más tarde, en 1971, se inició la serie *IV* de *Intelsat*, con 4000 circuitos y dos canales de TV, siendo la primera vez que se ofrecía cobertura sobre Latinoamérica. Desde entonces otras generaciones y nuevos sistemas de satélites se han incorporado a la región atlántica, desde donde ofrecen comunicaciones entre los continentes Europeo y Americano. [5]

1.2 SEGMENTO ESPACIAL EN UN SISTEMA SATELITAL

1.2.1 FRECUENCIAS EN UN SATELITE DE COMUNICACIONES

Algunos satélites de comunicaciones comerciales, operan en la banda C, usando 6 GHz para transmisión *uplink* y 4 GHz para *downlink*. Esta banda de frecuencia es compartida con algunos sistemas de microondas analógicos y digitales de "línea de vista"; por lo

tanto, se dificulta el encontrar un lugar libre de interferencia cercano a un área metropolitana, para una estación terrena que use esta banda de frecuencias. Por esto, para algunos sistemas de comunicaciones satelitales se prefiere utilizar la banda Ku de frecuencias.

En la tabla 1-1, se listan las bandas y los rangos de frecuencias utilizados en cada una de ellas. Adicionalmente a éstas, se tienen frecuencias asignadas para tareas de telemetría, *tracking* y comando.

| BANDA | FRECUENCIA DOWNLINK | FRECUENCIA UPLINK |
|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Banda C | 4 GHz | 6 GHz |
| Banda X (Militar) [2] | 7.250 - 7.750 GHz | 7.900 - 8.400 GHz |
| Banda Ku | 12 GHz | 14 GHz |
| Banda Ka | 20 GHz | 30GHz |

Tabla 1-1. Asignación de frecuencias para comunicaciones satelitales

La banda Ku (14 GHz para transmisiones de *uplink* y 11 GHz de *downlink*) se reserva para comunicaciones satelitales domésticas e internacionales. Esto asegura a los usuarios de los satélites que sus comunicaciones estarán libres de interferencias de los sistemas de microonda terrestre. En la tabla 1-2, se observan los problemas que afectan a las tres bandas de frecuencias comúnmente utilizadas.

| | Problemas |
|----------|-------------------------------|
| Banda C | Interferencia terrestre |
| Banda Ku | Lluvia |
| Banda Ka | Lluvia; costo de equipamiento |

Tabla 1-2. Problemas de las bandas de frecuencias utilizadas para enlaces satelitales [4]

La mayoría de los sistemas de satélites han optado hasta el momento por la utilización de la banda C (4-6 GHz), por ser la tecnología más fiable en su momento, ya que viene

siendo utilizada desde los años 60 con los primeros satélites, y debido a que los enlaces en esta banda ofrecen una mayor robustez ante la atenuación por lluvia, que llega a ser muy severa en un elevado número de regiones latinoamericanas, especialmente Centroamérica, Caribe y Región Amazónica. Como desventajas, esta banda requiere estaciones de mayor tamaño y potencias más elevadas, además de los problemas debidos a la interferencia terrestre.

La utilización de la banda Ku permite la utilización de antenas terrenas y amplificadores de tamaños menores, con el consiguiente ahorro de costos y comodidad de instalación y mantenimiento. Esto ha facilitado la mayor penetración y popularización de redes VSAT² de TV directa en casa (DTH), al poder instalar estaciones directamente en hogares y oficinas sin requisitos especiales que lo dificulten, y evitando así el costo adicional de las líneas dedicadas desde telepuertos (enlaces de última milla), además de incrementar la disponibilidad y comodidad de las comunicaciones. Las atenuaciones por lluvia de las señales son el principal obstáculo para el servicio en banda Ku, pero los amplificadores a bordo del satélite han alcanzado un nivel de potencia suficiente para compensar ese efecto. Además, en las estaciones terrenas la tecnología en banda Ku también ha alcanzado el grado de fiabilidad necesario en la última década y una amplia oferta de equipos que cubre cualquier requisito de comunicaciones. Tecnologías más actuales se desarrollan en la banda Ka, con proyectos de la NASA.

1.2.2 TRANSPONDER SATELITAL

Un *transponder* es un segmento de los 500 MHz que tiene un satélite (en una polarización); está asociado a una cadena de convertidores y amplificadores. Cada satélite de comunicaciones tiene al menos un *transponder*. El *transponder* es considerado el componente activo en un satélite de comunicaciones, debido a las varias funciones que cumple en un enlace de comunicaciones. El *transponder* recibe, amplifica, cambia y retransmite cada señal dentro de un ancho de banda dado.

² *Very Small Aperture Terminals*: Red Satelital utilizando antenas de diámetros pequeños.

Los *transponders* modernos, manejan un ancho de banda de frecuencia entre 36, 52 ó 72 MHz. La cobertura puede ser de haz extendido, cubriendo una amplia extensión sobre la tierra, o de haz estrecho, cubriendo un área de unos pocos cientos de kilómetros de radio.

Las zonas de cobertura pueden ser de tipo de haz: global, hemisférico, zonal o puntual. Estará determinado por el lóbulo de radiación de la antena del satélite. El uso de un ancho de banda determinado, está dado por el equipamiento de la estación terrena. Se puede arrendar al operador de Satélite, uno o varios *transponders* o capacidad en MHz de uno o varios *transponders*.

Las principales funciones de un *transponder* en un satélite son:

- Permitir bajos niveles de señal de la antena de recepción y amplificarlos con una aceptable adición de ruido; la amplificación está en el orden de los 100 dB a los 120 dB.
- Cambiar las frecuencias del enlace de subida (*uplink*) a las frecuencias del enlace de bajada (*downlink*).
- Amplificación de potencia de las señales para el enlace descendente, con un aceptable grado de distorsión y envío a la antena transmisora satelital.

Los *transponders* pueden clasificarse en:

- Transparentes (sin procesamiento a bordo), cuando los repetidores únicamente cambian de frecuencia de portadora.
- Con procesamiento a bordo, cuando las señales del enlace de subida son cambiados realizando demodulación, es decir la señal se procesa en banda base (procesamiento digital o analógico).

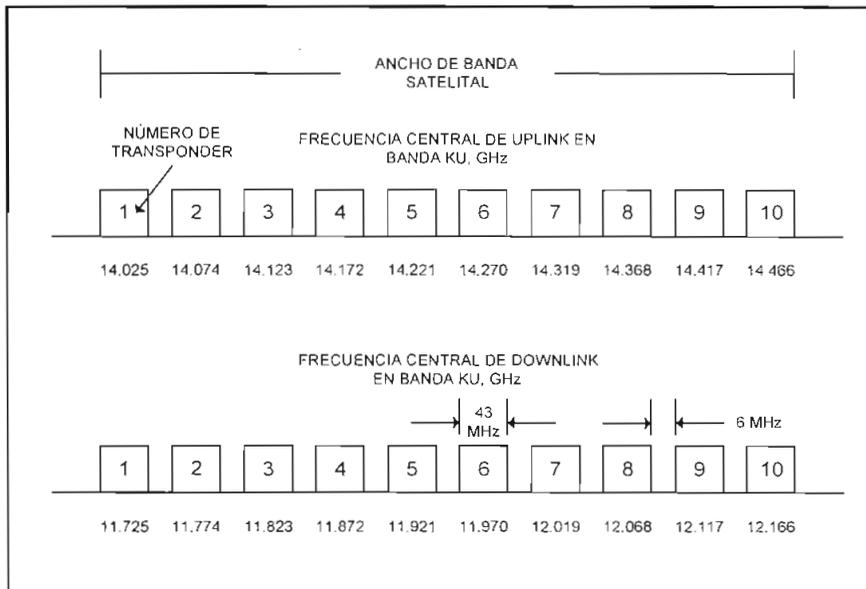


Figura 1-2. Plan de frecuencias típico de un satélite en banda Ku [2]

Típicamente el nivel de entrada es de alrededor de -80 dBm y el nivel de salida es de +40 dBm, con lo que la ganancia (amplificación) total del repetidor es de aproximadamente 120 dB. En la figura 1-2 se muestra las frecuencias de los enlaces de subida y bajada asociadas con los *transponders* en un satélite.

1.2.2.1 POTENCIA DEL *TRANSPONDER*

Un *transponder* satelital usa un Amplificador de *Tubo de Onda Viajera* (*Travelling Wave Tube Amplifier - TWTA*) para amplificar la señal del enlace de bajada (*downlink*). El *TWTA* tiene un monto limitado de potencia de transmisión a su disposición.

La potencia de salida (transmisión) de un *transponder* está relacionada directamente con la potencia de entrada (recepción) que llega desde una estación terrena. Por consiguiente, si una señal recibida (*uplink*) en una banda de frecuencia tiene demasiada potencia, el *transponder* incrementará la potencia de la señal transmitida en la banda de frecuencias correspondiente (*downlink*). La potencia de la señal transmitida corresponderá a la potencia de la señal recibida a expensas de las otras bandas de frecuencia. Esto podría afectar seriamente la calidad de la señal del enlace de bajada a la

estación terrena dada, así como interferir con otras estaciones terrenas que utilicen el mismo *transponder*. Las señales de una estación terrena con baja potencia son las primeras en perderse cuando la potencia de otra estación terrena se incrementa. Este fenómeno es conocido como supresión de señales pequeñas y para evitarlo, se requiere que la potencia de cada señal transmitida por una estación terrena sea correctamente fijada a fin de no interferir con otras estaciones.

1.2.2.2 UTILIZACION DE UN *TRANSPONDER*

Un *transponder* satelital típico puede usarse para transportar: Información de voz o datos de baja velocidad, datos de velocidades moderadas ó de alta velocidad con redes dedicadas; Video Conferencia, señales de voz digital y video análogo; *broadcast* de televisión, canales de televisión a color y múltiples subportadoras de audio; radio difusión, señales analógicas y digitales.etc.

1.2.3 ORBITAS GEOSINCRONAS

Los primeros satélites de comunicaciones utilizaron una órbita elíptica de entre 600 y 1200 millas sobre la superficie de la tierra. Estos completaban una vuelta alrededor de la tierra en unas pocas horas; de ahí las desventajas que presentaban para las telecomunicaciones. Estos satélites podían ser seguidos por el sistema de rastreo de las estaciones, únicamente durante un corto período de tiempo.

En la figura 1-3, se grafica el tiempo que le toma a un satélite en viajar alrededor de la tierra en función de su altura. La órbita de 22300 millas (36000 Km aproximadamente) tiene la particularidad de que a un satélite, en esa órbita en especial, le toma exactamente 24 horas el viajar alrededor de la tierra (el tiempo de rotación de la tierra). Si además orbita directamente sobre el ecuador y viaja en la misma dirección que la rotación terrestre, el satélite se muestra estacionario con respecto a un punto en la tierra. Este tipo de órbita se conoce como órbita geosíncrona y es la que permite que los

satélites estén disponibles para todas las estaciones terrestres, dentro de su sombra (*footprint*), 100% del tiempo.

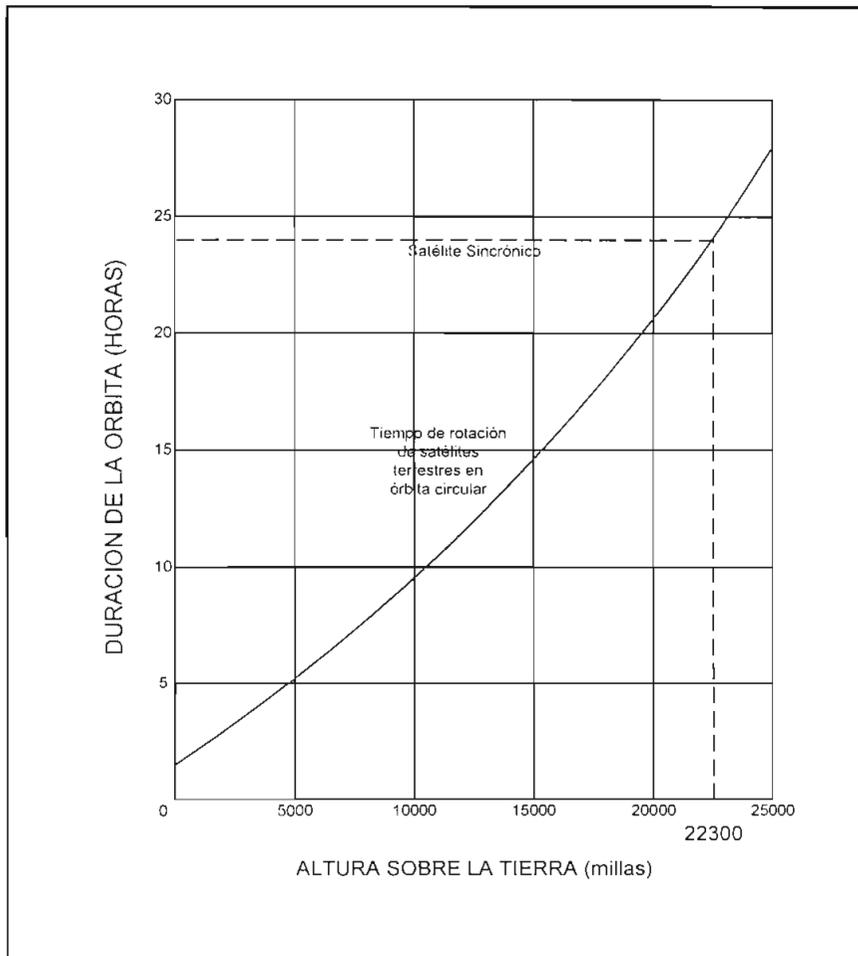


Figura 1-3. Duración de la órbita satelital en función de la altura [2]

La sombra de un satélite incluye a todas las estaciones de la Tierra que tienen línea de vista hacia él y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite.

Este satélite aparentemente estacionario se conoce como satélite geosíncrono o geostacionario y gira en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la Tierra. Una desventaja, es que a bordo requiere de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en su órbita.

1.2.4 INTERFERENCIA ORBITAL

En una órbita geosincrónica, existe un número limitado de satélites que pueden ser ubicados sobre el ecuador, debido al número de posiciones en un círculo de 360°. Si los satélites se ubican demasiado cercanos, existe una posibilidad de interferencia entre la señales de dos satélites adyacentes que están en una órbita geosincrónica. Por lo tanto, los satélites deben tener la suficiente separación angular para impedir dicha interferencia.

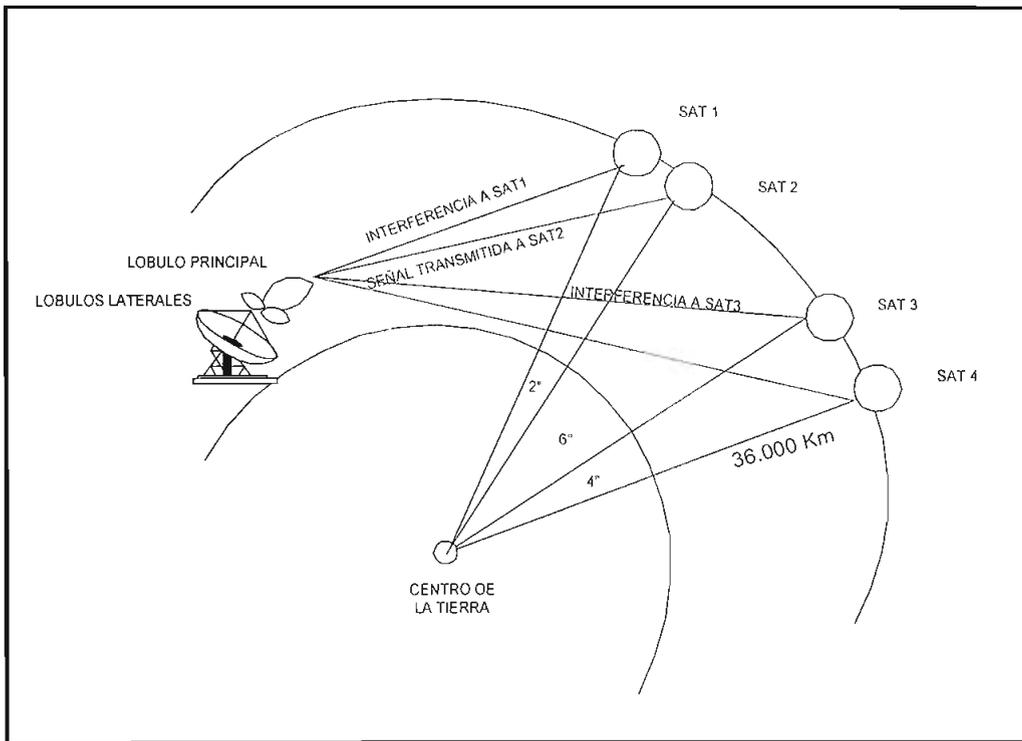


Figura 1-4. Separación espacial de satélites [2]

En la figura 1-4, la estación terrena transmite una señal al satélite 2 (SAT2). Sin embargo, debido a que el haz de la antena de la estación terrena diverge, una cierta porción de la señal alcanzará también a los satélites SAT1 Y SAT3. Este tipo de interferencia requiere que la separación angular entre satélites (medido tomando como referencia el centro de la tierra) sea de entre 2° y 6° como se muestra en la figura 1-4.

Con un espaciamiento de 2° , pueden existir máximo 180 satélites de comunicaciones geoestacionarios a la vez.

Para reducir las limitaciones en cuanto a frecuencias disponibles, se hace reutilización de frecuencias, discriminando a cada señal, con dos procedimientos mutuamente compatibles: mediante la reutilización de frecuencias por separación de haces, que consiste en que las mismas bandas de frecuencias son transmitidas por las antenas del satélite utilizando diferentes *transponders*, por medio de haces direccionales y con separación espacial; ó, mediante la discriminación por polarización (denominada también polarización ortogonal), que es cuando las mismas bandas de frecuencias son transmitidas por las antenas del satélite a través de distintos *transponders*, utilizando dos polarizaciones ortogonales.

1.2.5 MOVIMIENTO DE LOS SATELITES

Un satélite no puede mantener la órbita circular exacta requerida para una órbita geosincrónica absoluta. Además, la órbita no puede ser mantenida exactamente en el plano del ecuador. Estas irregularidades causan pequeños movimientos aparentes que son evidentes durante el período de un día (figura 1-5).

La falta de circularidad hace que el satélite algunas veces tenga su órbita más cercana y otras veces más alejada de la superficie terrestre. Estos cambios, ocasionan que los satélites orbiten más rápido o más despacio alrededor de la tierra. La apariencia desde la tierra es que el satélite se mueve al Este, luego hacia el Oeste, y regresa al Este nuevamente. Este movimiento está dentro del rango de aproximadamente $\pm 0.1^\circ$ Este y Oeste desde su posición nominal.

El hecho de que la órbita no está exactamente paralela al plano del ecuador causa que el satélite aparezca (desde la superficie terrestre) con movimientos al Norte, luego hacia el Sur y nuevamente hacia el Norte. Este movimiento es de aproximadamente $\pm 0.1^\circ$ Norte y Sur desde su posición nominal. El efecto combinado de estos dos movimientos es una

trayectoria con figura de un ocho alrededor de la posición nominal del satélite, como se muestra en la figura 1-5.

El satélite pasa por la posición nominal dos veces en un día, separadas aproximadamente 12 horas. Las antenas más grandes (9 metros), con el objeto de operar más eficientemente, siguen el movimiento del satélite, para mantener su haz estrecho centrado en la posición actual del satélite. Las antenas más pequeñas, tienen haces más anchos y no necesitan seguir esos movimientos angulares comparativamente pequeños.

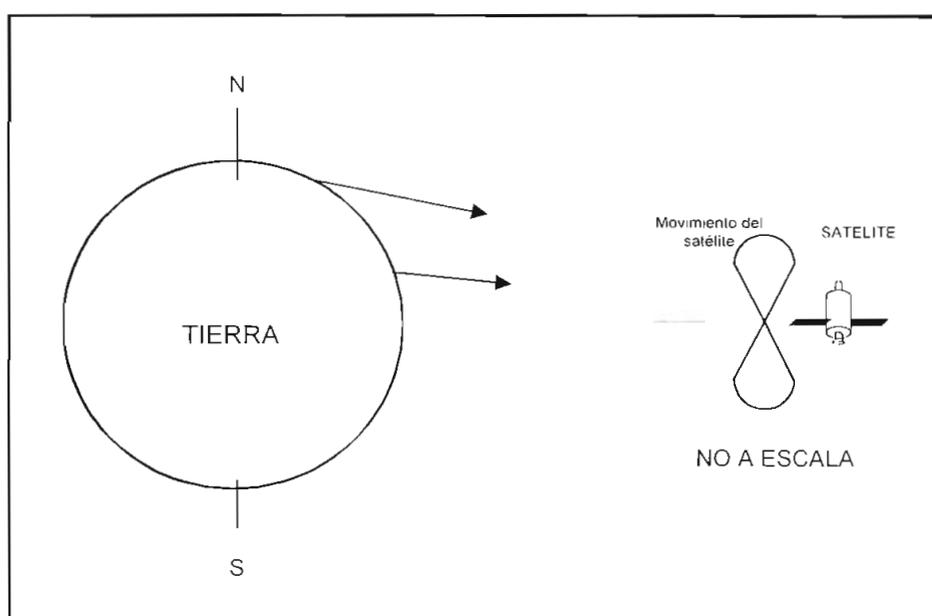


Figura 1-5. Movimiento aparente de los satélites

1.2.6 FOOTPRINT DEL SATELITE

El *footprint* o pisada es característico de cada satélite y haz, y ayuda a calcular el nivel (en dBW) con que se recibe la señal del satélite en cada punto geográfico del continente. La distribución angular de ganancia de recepción y potencia de transmisión de un satélite, no es uniforme, pero ha sido diseñada para proveer la máxima ganancia y potencia en aquellas áreas continentales que tienen la máxima densidad poblacional, y por lo tanto, las mayores necesidades de servicios satelitales. El área cubierta por la

señal de un satélite, es similar al área iluminada por una fuente de luz con la intensidad de iluminación no uniforme (ver figura 1-6).

El efecto más importante de la distribución de ganancia y potencia no uniforme es que las estaciones en una cierta área (que tiene cobertura de baja ganancia y potencia) tendrán márgenes climáticos más pequeños, lo que significa que las señales asociadas con estas estaciones serán más susceptibles a interferencias atmosféricas y pérdidas de señal, mientras que las estaciones con una ganancia de recepción y potencias de transmisión más altas, no serán afectadas por una pérdida de señal de igual magnitud.

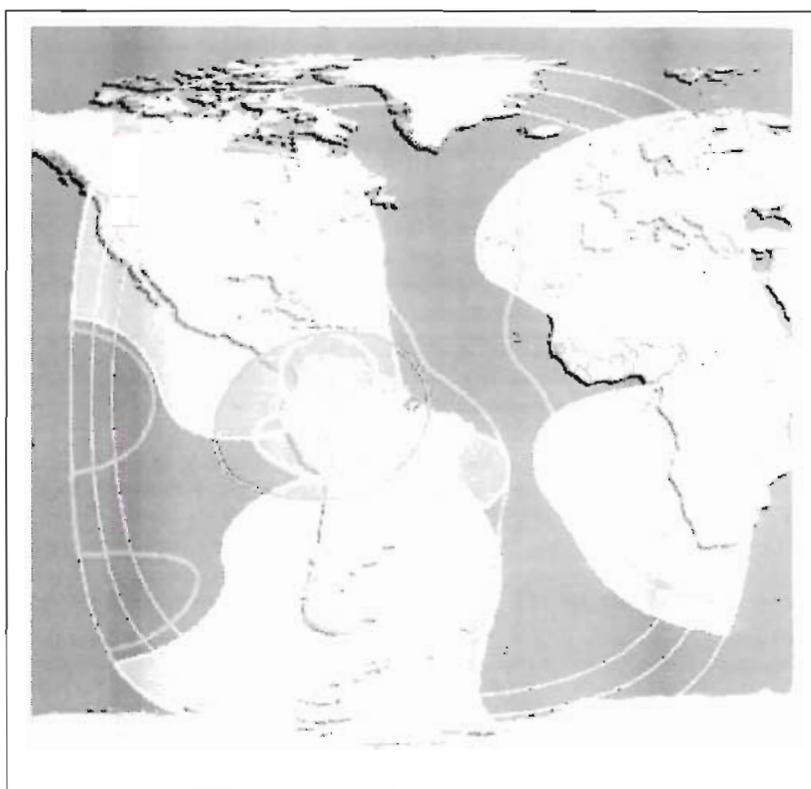


Figura 1-6. *Footprint* de un satélite [3]

Un tamaño de antena más grande en áreas de cobertura de más baja ganancia y potencia pueden servir para compensar a señales de baja intensidad y por lo tanto mejorar el servicio. Existen tres tipos de *footprint*: Haz SPOT. Haz Zonal y Haz Hemisférico.

según el área que cubra. En la figura 1-6 se muestra un ejemplo de *footprint* de un satélite, entregado por el operador.

1.2.7 PRINCIPALES EFECTOS SOLARES

Un satélite de comunicaciones debe contar con la potencia solar para desarrollar las varias funciones requeridas para telecomunicaciones. Por lo tanto, un satélite puede estar propenso a pérdidas de transmisión debido a un eclipse solar o interferencias solares.

1.2.7.1 ECLIPSE

Un satélite está propenso a dos tipos de eclipses. El eclipse más común para un satélite, es cuando el satélite (en una órbita geosincrónica) ocasionalmente cae en la sombra terrestre. Mientras está en la sombra de la tierra, se bloquea el paso de los rayos hacia los paneles solares del satélite. Durante este tiempo, las baterías de almacenamiento en el satélite se descargarán para entregar la potencia requerida para las cargas. Cuando termina el eclipse, las baterías se recargarán gracias al panel solar del satélite. Esta clase de eclipses, tienen lugar durante primavera y otoño y una duración de entre 10 a 72 minutos.

El tipo menos común de eclipse para un satélite, ocurre cuando la sombra de la luna pasa sobre el satélite, similar a un eclipse de sol en la superficie de la tierra. El servicio no se ve afectado por este evento.

1.2.7.2 INTERFERENCIA SOLAR

Una forma de *outage* o fuera de servicio temporal, ocurre cuando el sol pasa directamente detrás del satélite. El sol, debido a su alta temperatura, es una fuente extremadamente poderosa de ruido, que puede afectar las transmisiones satelitales. Este tipo de interferencia dura hasta 10 minutos por un período de 5 días consecutivos, dos

veces en un año, en días cercanos al equinoccio de otoño y primavera (21 de marzo y 21 de septiembre).

La geometría de esta situación implica que la fecha y hora en que ocurre el *outage* solar varíe con la localización geográfica de una estación terrena. Las estaciones terrenas que están más al Norte, experimentarán el *outage* unos pocos días antes que las que están más al Sur. Además, las estaciones terrenas más al Oeste, experimentarán el *outage* más temprano en el día, comparado con las estaciones más al Este.

Lo que ocurre es que la estación terrena, el satélite y el sol se encuentran dentro de una misma línea, de forma tal que la antena de la estación terrena, que mira al satélite, también ve directamente al sol. Cuando este eclipse sucede, la potencia de ruido adicional producida por el sol, incrementa el nivel de ruido del sistema de la estación terrena, causando que el demodulador opere por debajo de las condiciones nominales de funcionamiento (y a veces por debajo de los límites umbrales) degradando la calidad de comunicación y afectando al servicio. El cálculo de los días y horas exactos de este evento se realiza con los datos apropiados de coordenadas de la estación terrena, posición del satélite y diámetro de antena con lo que el usuario puede prevenir este contratiempo.

1.2.8 EFECTOS ATMOSFERICOS

La lluvia y las nubes afectan la transmisión y recepción entre el satélite y la estación terrena, decreciendo la intensidad de la señal. Por esto, al planificar y dimensionar un enlace satelital, se debe considerar una pérdida adicional ocasionada por lluvia que ocurra en el lugar donde se ubique la estación terrena.

Existen estaciones que automáticamente compensan esas atenuaciones en sus transmisiones, pero las estaciones pequeñas no lo hacen, pues tienen potencias de salida fijas.

1.3 SEGMENTO TERRESTRE EN UN SISTEMA SATELITAL

La estación terrestre, básicamente está formada por una antena, amplificadores de bajo nivel de ruido, transceptores (amplificadores de transmisión, convertidores de frecuencia), módem, equipos de multiplexación, demultiplexación y equipos para conexión a las redes terrestres. Estará dividida en una unidad interior y otra exterior conectadas a través de un cable.

1.3.1 ANTENAS

Las antenas forman uno de los eslabones más importantes en las comunicaciones. De nada sirve tener un transmisor de buen rendimiento y alta potencia, si el sistema irradiante no reúne las características para asegurar el más eficiente acoplamiento de la energía radioeléctrica desde el transmisor al espacio. Lo mismo puede decirse de la antena receptora, ya que el buen rendimiento de un receptor depende en alto grado de su sistema captador de señales.

Las antenas transmisoras y receptoras, junto con el medio de propagación entre ellas, cumplen la misma función que las líneas de transmisión en los sistemas de comunicaciones alámbricas. La atenuación de las ondas guiadas por alambres aumenta exponencialmente con la longitud del mismo, por lo que para distancias grandes, la atenuación en un alambre resulta ser mayor que la atenuación que sufren las ondas electromagnéticas al propagarse en el espacio tridimensional, surgiendo la necesidad de utilizar las comunicaciones inalámbricas y por ende, las antenas. Por reciprocidad, las características de una antena, son las mismas para transmisión y recepción. Sin embargo, debido a su aplicación particular, existen ciertas diferencias prácticas entre las antenas transmisoras y receptoras.

La función de la antena transmisora es irradiar la energía de radiofrecuencia generada por el transmisor y guiada por la línea de transmisión hasta la antena. En tal función, la antena actúa como un dispositivo que adapta la impedancia de la línea de transmisión a

la impedancia del espacio libre. Además, la antena transmisora debería dirigir la mayor parte de la energía en la dirección deseada y suprimir la irradiación en otras direcciones. En cambio, para la recepción, las condición es más bien, la obtención de una máxima relación señal-ruido³ en el destino.

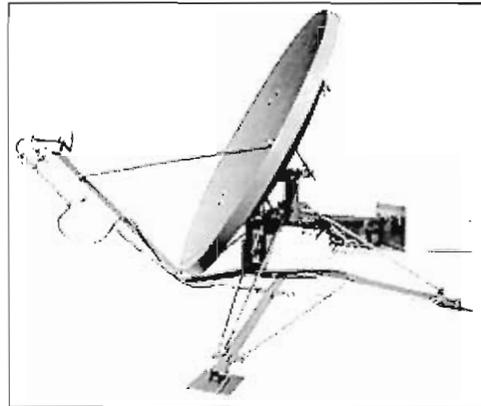


Figura 1-7 Antena parabólica de una estación satelital

Aunque un diagrama de irradiación que cumple con la primera condición, puede servir también para la segunda, éste no es siempre el caso. Por ejemplo, un lóbulo menor en el diagrama de una antena receptora puede captar una gran cantidad de ruido, si está apuntando hacia la fuente de ruido, lo que resulta en una baja relación señal-ruido. En el caso de la transmisión, la presencia de este lóbulo menor, no tendrá otros efectos perjudiciales que no sea la pérdida de una pequeña cantidad de potencia en la dirección deseada. Un aumento en la directividad de la antena transmisora resultará siempre en un aumento de la relación señal-ruido en el punto de recepción. El ancho del haz de una antena está inversamente relacionado con el tamaño de la antena. Un aumento de la directividad de una antena receptora también resultará en un aumento de la relación señal-ruido, a menos que el ruido provenga de la misma dirección que la señal.

Otro factor importante es que en la banda de frecuencias elevadas, el ruido atmosférico captado por la antena receptora es comúnmente mucho mayor que el ruido interno del

³ Relación señal-ruido: es la relación en la banda de base, entre la potencia de una señal y la potencia del ruido en un ancho de banda.

receptor. Por lo tanto resulta posible usar para la recepción una antena ineficiente y/o emplear un acoplamiento malo sin que ocurra aparentemente una disminución de la relación señal-ruido.

En muchas aplicaciones se usa la misma antena para transmisión y recepción; entonces la antena debe diseñarse para el mejor funcionamiento total, lo cual es controlado por los operadores de satélites, antes de dar el visto bueno para la operación de una estación.

1.3.2 AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO

Las señales recibidas por la antena son llevadas hacia el amplificador de bajo ruido, pasando previamente por un sistema de filtrado. Este dispositivo maneja señales extremadamente bajas, por lo tanto, su factor limitativo es el propio aporte de ruido en la amplificación. Al momento de definir el *LNA (Low Noise Amplifier)* para una estación, se deberá tener en cuenta que el precio del mismo se incrementa a medida que se requieran unidades con menor aporte de ruido térmico. La antena y el LNA son los elementos más importantes de una estación terrena receptora y juntos definen la calidad de su operación. Existen tres tipos principales de amplificadores de bajo ruido o receptores:

- *LNA (Low Noise Amplifier)*.- La banda de entrada es exactamente la misma que la banda de salida, su ganancia oscila entre los 50 o 60 dB dependiendo de la marca y modelo.
- *LNB (Low Noise Block)*.- Para cualquier banda de entrada este dispositivo siempre devuelve banda L (950 – 1450 MHz). Este tipo de receptor puede contar con un Oscilador Local externo o interno.
- *LNC (Low Noise Converter)*.- Para cualquier banda de entrada devuelve F.I. (50 – 90 MHz). El oscilador local que requiere este tipo de unidad para lograr la conversión tiene en la mayoría de los casos una referencia externa.

1.3.3 TRANCEPTORES

Estas unidades están compuestas básicamente por un transmisor, un amplificador de potencia y un receptor integrados en una misma caja. Existen transceptores de diferentes tipos, marcas, modelos, aunque básicamente todos aplican la misma filosofía.

Están conformados por las siguientes partes:

Up Converter, dedicado a la conversión de frecuencia de entrada (F.I.) a una frecuencia dada, determinada por la Banda de Operación del *transceptor*. El nivel de salida de esta etapa deberá ser suficiente para poder excitar apropiadamente al Amplificador de Alta Potencia (*High Power Amplifier – HPA*) y está condicionada por el nivel de entrada.

Down Converter, cuya función es la opuesta a las del *Up Converter*. La señal recibida del LNA es introducida al *transceptor*; luego es amplificada y la banda de operación convertida a F.I. La señal resultante se envía al módem a través de un cable apropiado.

Oscilador Local, que tiene la responsabilidad de proveer a el/los sintetizadores una señal de referencia que los mismos utilizarán para los procesos de conversión de Banda de las portadoras. El mal funcionamiento de este oscilador se puede traducir en inestabilidad de la frecuencia de trabajo.

HPA, módulo encargado de amplificar la señal provista por el *Up Converter* hasta un nivel que estará determinado por la ganancia del mismo. Los tipos de HPA más importantes son: SSPA (Amplificador de Potencia de Estado Sólido), TWT (Tubo de Ondas Progresivas) y *Klystron* (KPA).

Algunos fabricantes han diseñado el equipo de manera que todos los módulos se integran en una sola caja. Esto podría ser una ventaja, pero se convierte en problema cuando se daña uno de los módulos y se deba reemplazar todo el equipo.

1.3.4 MODEM SATELITAL

Es capaz de modular⁴ una portadora de alta frecuencia con la información del puerto de datos. Toda esta *data* modulada, es protegida además con un código corrector de errores. También posee la función de demodular, es decir recibir la señal satelital, corregir errores en recepción y recuperar la información original.

Finalmente se dispondrá de equipos de multiplexación y demultiplexación utilizados para la conexión de los equipos de los usuarios de la red, permitiendo que varias aplicaciones (datos, voz por ejemplo) compartan un mismo medio de transmisión.

Para obtener un enlace satelital de buena calidad, se deberá escoger el recurso adecuado en cada uno de los segmentos, tanto espacial como terrestre, para lo cual se dispone de información suministrada por el operador del satélite y por los fabricantes de los equipos.

1.4 CARACTERISTICAS BASICAS DE LA COMUNICACION SATELITAL

Las comunicaciones por satélite tienen algunas características como son las de brindar una alta y constante disponibilidad durante todo el año, instalación y puesta en servicio rápidas de nuevas estaciones terrenas, accesibilidad en sitios rurales y gran área de cobertura. A continuación se describirán algunas características importantes de la comunicación satelital.

1.4.1 RETARDO DE SEÑAL

Los satélites de comunicaciones geoestacionarios están situados a una altura de alrededor de 36000 km sobre la superficie terrestre. Esto trae como consecuencia una

⁴ Modular: Superponer una señal de inteligencia de frecuencia relativamente baja a una señal de frecuencia relativamente alta para la transmisión. La información de la fuente se llama señal de modulación; la señal de frecuencia alta se llama la portadora y la señal resultante se llama la onda modulada o señal[1]. En el lado remoto, se lleva a cabo el proceso inverso, demodulación.

desventaja de las transmisiones satelitales: se tiene un retardo de aproximadamente 270 milisegundos (varía con la localización de la estación terrena) cuando la señal viaja al satélite y luego llega a la estación terrena destino. El retardo o propagación de señal puede afectar el servicio provisto por el satélite y la estación terrena, pues éste causa un retardo en la transmisión de voz y datos que no se puede evitar. El usuario telefónico puede esperar por la respuesta de una persona en el otro lado del enlace por un tiempo de 540 milisegundos, si la llamada es vía satélite. Por este alto tiempo, resulta esencial la utilización de dispositivos de control de eco, para evitar una degradación inadmisible de la calidad de transmisión. Además, como el límite recomendado por el CCITT para el retardo unidireccional, se ha determinado en 400 ms. no se debería utilizar conexiones de voz con "doble salto satelital", es decir, las que atraviesan dos enlaces sucesivos antes de llegar a su destino, salvo en circunstancias excepcionales.

En transmisiones de datos vía satélite, el usuario experimentará un constante incremento en el tiempo de respuesta de cerca de 540 milisegundos. Si por una aplicación específica se debe utilizar dos saltos satelitales, esto incrementará al doble el retardo de la señal, disminuyendo más aún la calidad del servicio.

Para comparación, los enlaces de microonda terrestre tienen un retardo de propagación de 3 $\mu\text{seg}/\text{Km}$ y en cable coaxial o fibra óptica 5 $\mu\text{seg}/\text{km}$.

1.4.2 CALIDAD DEL CANAL SATELITAL

La transmisión de datos digitales sobre un enlace satelital de comunicaciones está sujeta al ruido y errores aleatorios inherentes a la porción espacial del sistema. La calidad de un enlace de comunicaciones digital se mide en términos de la "tasa promedio de bits errados" en la salida del sistema. Por esto, la tasa promedio de errores de bit puede ser considerada como una medida de la calidad extremo a extremo, incluyendo esquemas de corrección de errores relacionados con el sistema. La Relación de la Densidad de Energía de Bit a Ruido (E_b/N_0), es uno de los parámetros más importantes y usados al evaluar un sistema satelital. La relación E_b/N_0 es una manera conveniente de comparar

los sistemas digitales que utilizan diferentes tasas de transmisión, esquemas de modulación o técnicas de codificación.

Para corregir los errores en el canal satelital, se somete la secuencia de bits antes de su modulación y transmisión a una codificación mediante la cual se añaden nuevos dígitos para establecer en la secuencia binaria resultante determinadas relaciones que, conocidas y aplicadas en sentido inverso por el codificador de recepción, permiten detectar y corregir cierta proporción de errores. Este proceso digital de la señal permite rebajar la tasa de errores de la transmisión, gracias a la información redundante añadida.

Para conocer cuál es la mejora que supone introducir un determinado tipo de codificación, se suele utilizar gráficas que relacionan la tasa de errores en función del E_b/N_0 disponible, entregadas generalmente por el fabricante del equipo. El E_b es el valor resultante de dividir la potencia de la portadora recibida entre el número de bits de información por segundo, sin considerar los agregados por el proceso de codificación.

La tasa de bits errados se determina dividiendo el número de errores de bit en una muestra dada entre el número de bits de la muestra. Por ejemplo, si ocurren 40 errores de bit en un total de 10.000 bits, la tasa promedio de errores de bit es $40/10000$ o 4×10^{-3} . Este ejemplo de tasa de error de bit en particular, dependiendo de la velocidad de transmisión para el enlace del ejemplo, puede dar como resultado que este enlace no sea funcional.

La "probabilidad" de error de bit es una función de la velocidad de transmisión, la relación señal a ruido presente en la entrada del receptor de la estación terrena y la calidad del esquema de corrección de errores incluido en el sistema.

Por lo tanto, cuando la probabilidad de error de bit es alta (a velocidades de transmisión altas), se necesitará una mayor potencia de señal en el transmisor para lograr la misma tasa de error de bit en el receptor.

1.4.3 VENTAJAS DE UN SISTEMA SATELITAL

Las comunicaciones por satélite tienen algunas ventajas. La principal es la de ser un medio de transmisión de difusión. Esto hace que resulte igual enviar un mensaje a muchas estaciones que pertenecen a una red que a una sola, ya que el satélite permite la comunicación entre puntos cualesquiera en la superficie de la tierra, sin ninguna infraestructura intermedia. La condición que deben cumplir, es que las estaciones se encuentren en el área de cobertura (*footprint*) del satélite.

Los costos de transmisión de un mensaje, son independientes de la distancia, es decir que el costo va a ser igual si la transmisión se hace desde una oficina a otra ubicada al otro lado de la calle, que si se lo hiciera a una oficina que esté en otro país, aunque los costos que implican se justifican más para grandes distancias.

Un canal satelital tiene una buena tasa de error; además puede implementarse rápidamente, lo que facilita el crecimiento de una red de comunicaciones, tanto en número de estaciones como en ancho de banda requerido. Estos sistemas han sido muy útiles para aplicaciones militares. También, en lugares remotos o selváticos, llegan a ser la solución más apropiada, al no depender de enlaces terrestres aún no montados o difíciles y costosos de implementar.

El tráfico puede ser unidireccional o bidireccional, dirigido a una o varias estaciones remotas lo que permite formar varios tipos de topologías ó configuraciones de red, según la necesidad.

1.5 TOPOLOGIAS DE REDES SATELITALES

Por la característica de difusión de las comunicaciones satelitales. se pueden lograr varias configuraciones ó topologías, entre las que se nombran: punto-punto, estrella y malla, como se muestra en la figura 1-8. Adicionalmente se podrían conseguir, según la

aplicación y necesidad de comunicaciones específica, topologías que resultan de combinar las tres anteriores.

1.5.1 PUNTO - PUNTO

Es la conexión entre dos lugares únicamente. En una red, sea satelital ó terrestre, se dedica un canal o cable para cada conexión punto a punto.

1.5.2 ESTRELLA

En aplicaciones de redes satelitales convencionales, se utiliza la configuración en estrella. Estas redes son para aplicaciones de bajas velocidades de datos. El *HUB* (estación satelital central) está situado usualmente en el centro de cómputo de la compañía ó si se trata de una empresa que presta servicios de telecomunicaciones, será compartido por varios clientes y se ubicará en un Telepuerto o sitio central.

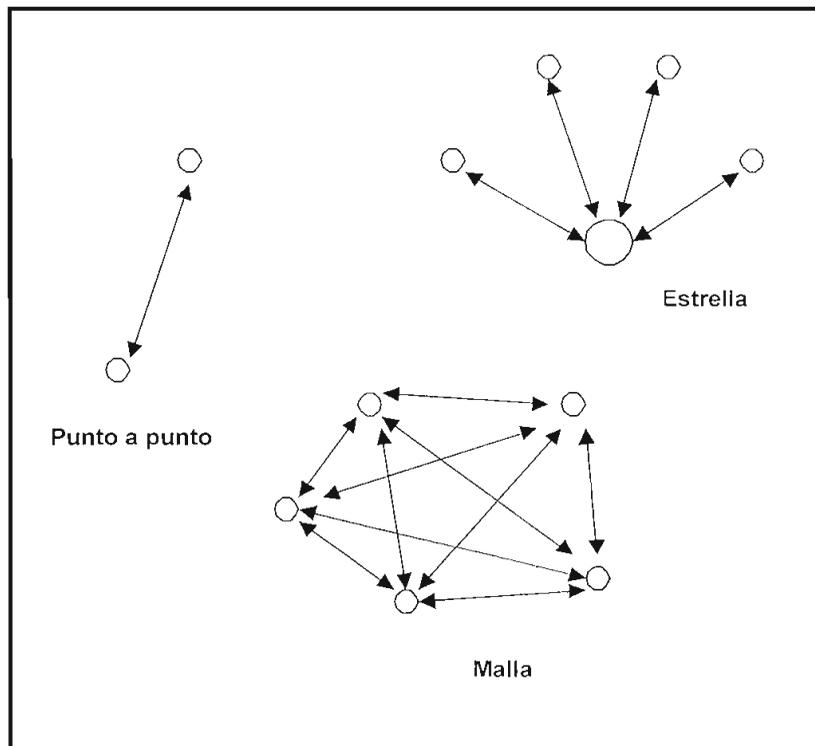


Figura I-8. Configuraciones de red

Si esta configuración se la hace por medio de una red terrestre, será necesario un enlace desde el punto central hasta cada punto remoto. También se puede lograr este tipo de topologías con enlaces satelitales dedicados punto a punto hasta formar la estrella, pero existirá un limitado número de remotas, hasta el cual resulte rentable la implementación de este tipo de red.

En los sistemas VSAT convencionales en estrella (figura 1-9), así como en las redes terrestres, las conexiones son siempre desde el sitio remoto al central y viceversa. Es imposible pasar tráfico en una conexión directa de remota a remota sino que deberá pasar por el *HUB* o punto central para llegar a su destino.

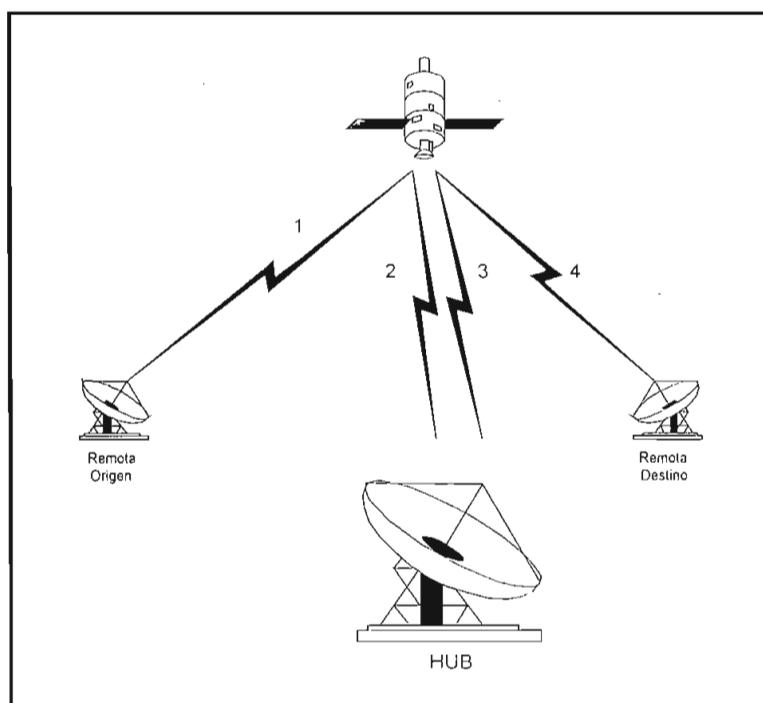


Figura 1-9 Conexión remota a remota utilizando sistemas VSAT con *HUB*

El sistema VSAT es un ejemplo claro de configuración satelital en estrella. Se trata de un sistema formado por estaciones pequeñas de bajo costo. En los puntos remotos, se tienen antenas parabólicas con alrededor de 1 metro de diámetro y salidas de 1 W de

potencia. En *uplink* trabajan bien a 19.2 kbps mientras que en *downlink*, es muy frecuente el utilizar 512 kbps [4]. Se utilizará un *HUB*, como punto central de la red.

En este sistema (como el mostrado en la figura 1-9), la comunicación entre dos remotas, implicará el tener que realizar un doble salto satelital; primero desde la estación remota hacia el *HUB*, y un segundo salto desde el *HUB* a la estación destino, con los tiempos de retardo que ello implica. Además, se tendrá que realizar una fuerte inversión en el *HUB*, antena parabólica grande y *HPA's* de gran potencia. Por último, la existencia de este punto central de la estrella introduce un punto crítico en la red, ya que una falla grave en el *HUB*, causaría el colapso total del sistema de comunicaciones.

1.5.3 MALLA (CONEXION CUALQUIERA CON CUALQUIERA)

Para proveer una conexión directa entre todas las estaciones, se requiere una red tipo malla. Esto, en muchos casos resulta imprescindible, cuando se quiere dar a un usuario, un servicio de alta calidad que cada día incrementa su aceptación.

En el caso de una red en malla terrestre, el número de canales requeridos crece mucho con el incremento de los sitios que se desee conectar. El costo total de la red depende principalmente de los costos de las conexiones y de la cantidad de enlaces requeridos. Así, las topologías en malla son rara vez utilizadas con una infraestructura terrestre.

Utilizando el carácter inherente de difusión de los satélites de comunicaciones, se puede lograr una infraestructura de comunicaciones completamente en malla. Proveedores de servicios internacionales cada vez más ofrecen servicios de paquete conmutado *Frame Relay*, que pueden ser en malla, con el objeto de cumplir con los requerimientos de los clientes. Sin embargo, los costos de estos tipos de servicio, aún son muy altos.

En el caso de empresas cuyas oficinas se encuentran dispersas en un área extensa o en sectores rurales que no cuentan con infraestructura de telecomunicaciones terrestre instaladas, la necesidad de interconectar estas oficinas implicará formar topologías tipo

mallá, ya que el utilizar topologías estrella desperdicia recursos de ancho de banda pues la comunicación entre dos puntos remotos de la red significa el paso de ese flujo de datos por el punto central y obligaría a utilizar doble salto satelital, que degrada la calidad del servicio.

1.6 SERVICIO EN LATINOAMERICA

A pesar de su rápido crecimiento, la oferta actual de satélites de comunicaciones para cubrir las necesidades en Latinoamérica es limitada en comparación con otras regiones del mundo de similar extensión y aportación demográfica. Así, en el continente asiático, la aparición en la última década de un considerable número de sistemas regionales, ha superado la oferta actual disponible en Latinoamérica [5].

Dadas las características geográficas de Latinoamérica, con difícil orografía en la costa oeste, amplias zonas selváticas y desérticas, con núcleos de población dispersos, o por el contrario grandes densidades de población en núcleos urbanos de la costa este, pero separados por grandes distancias unos de otros, parece evidente que la utilización de satélites para facilitar las comunicaciones en el continente es una solución muy adecuada.

Ultimamente, *Intelsat* ofrece un amplio abanico de servicios y coberturas en Latinoamérica, pero que en los últimos años ha sido completamente desbordada por el rápido crecimiento económico de estos países, demandando mayor capacidad de comunicación en la región.

Los sistemas globales en la Región del Océano Atlántico (ROA) son *Intelsat* y *Panamsat*, con cobertura y conectividad sobre Europa, Latinoamérica y Norteamérica. Hay tres regiones con cobertura destacada en el área latinoamericana. 1) La región de Mercosur, cubierta con haces dedicados por los sistemas *Intelsat*, *Panamsat*, *Brasilsat* y *Nahuelsat*, con canales en las bandas C y Ku. 2) La región del Pacto Andino cubierta por *Intelsat*, *Solidaridad* y *Panamsat* con haces dedicados y la mayoría de canales en

banda C y con algunos en banda Ku. 3) La región de Florida, cubierta con extensiones de sus haces por *Solidaridad* y *Panamsat* como nodo para las conexiones Norte Sur dentro del continente con canales en banda C y Ku.

Un aspecto de máximo interés es la conectividad entre regiones cubiertas por sistemas de satélites. El sistema *Intelsat* presenta una variedad de conexiones entre haces, haciendo posible la conexión entre Europa y América y entre áreas locales, a costa de una cobertura de prestaciones más pobres. Existe una destacada carencia de conexiones de Latinoamérica hacia Europa y viceversa, siendo *Intelsat* e *Hispasat* los que ofrecen esta conectividad mientras que las conexiones dentro del continente americano son atendidas por casi todos los sistemas restantes.

Intelsat, con sus series VII y VIII ha reforzado la atención a la región latinoamericana, incluyendo banda Ku. La operadora *Telecom* de México ha evolucionado desde un sistema doméstico en banda C con los satélites *Morelos* hacia una cobertura regional con distintas conectividades para todo el continente americano en el sistema *Solidaridad* en banda Ku.

La política comercial oscila en la actualidad considerablemente de unos sistemas a otros. Los precios más competitivos los ofrece *Intelsat*, siendo *Hispasat* y *Panamsat* los sistemas más caros, pero con la ventaja de ofrecer menor costo en el segmento terreno, al requerir equipos más reducidos. La alta ocupación de la capacidad espacial disponible en la actualidad ha fomentado el encarecimiento de la oferta como consecuencia del incremento de la demanda. [5]

Para un mismo enlace, podría ser suficiente una estación de 2.4 m y 2 W en ambos extremos en banda Ku, mientras en banda C, se necesitará antenas de 4.5 - 5 m y 4 W de potencia. La ventaja en banda Ku con la reducción de costos de instalación y precio de los equipos es evidente. La limitación está en el área cubierta por haces de banda Ku, que para ciertas aplicaciones no resulta suficiente.

CAPITULO 2



2. TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE SATELITAL

2.1 ACCESO MULTIPLE AL SATELITE

La necesidad de optimizar el uso de un recurso importante, como es el ancho de banda satelital y poder disminuir sus costos, hace necesaria la utilización de métodos para que varias estaciones accedan al satélite al mismo tiempo.

El acceso múltiple es la posibilidad proporcionada a varias estaciones terrenas de transmitir simultáneamente sus portadoras al mismo transpondedor de satélite.

Esta técnica permite que cualquier estación terrena situada en la zona de cobertura del satélite reciba portadoras originadas en varias estaciones terrenas a través de un solo *transponder* de satélite.

Inversamente, una portadora transmitida por una estación a un transpondedor determinado, puede ser recibida por cualquier estación terrena situada en la zona de cobertura correspondiente. De tal manera, una estación terrena transmisora puede agrupar a varias estaciones receptoras con una portadora multidesfino única.

2.2 CLASIFICACION DE LAS TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE SATELITAL

Existen dos formas de dividir el acceso múltiple: Según la atribución (asignación) del canal satelital, o, según el tipo de compartición del *transponder*. [1]

2.2.1 SEGÚN LA ATRIBUCION DEL CANAL SATELITAL

- Esta forma de clasificar las técnicas de Acceso Múltiple, distingue dos maneras de utilizar el recurso satelital, las mismas que pueden ser: Acceso Múltiple con Asignación Previa, o Acceso Múltiple con Asignación por Demanda (DAMA).

2.2.1.1 ACCESO MÚLTIPLE CON ASIGNACION PREVIA

El ancho de banda necesario para la comunicación entre dos estaciones terrenas es asignado en forma permanente y puede ser utilizado exclusivamente por dichas estaciones. Un ejemplo de esta técnica es el SCPC¹, en donde cada estación transmite en una determinada frecuencia, estando reservado ese ancho de banda siempre para esa estación, aunque no necesite transferir información en un determinado momento. Esta es una forma muy simple y económica de establecer un enlace entre dos puntos, pero no es eficiente ni flexible al crecer el número de estaciones que requieren alcanzarse, ya que se desperdicia, en muchas de las veces, un recurso importante y caro que es el ancho de banda satelital.

Tiene la ventaja de manejar equipamiento mucho más sencillo que el que se necesita para comunicaciones bajo esquema de asignación por demanda, pero no es flexible al momento de implementar topologías malla con un mayor número de estaciones.

2.2.1.2 ACCESO MULTIPLE CON ASIGNACION POR DEMANDA (DAMA)

En este método, los canales se asignan dinámicamente mediante un sistema de control. Un sistema DAMA (*Demand Assigned Multiple Access*) es típicamente una transmisión por satélite con único salto satelital, que permite comunicación directa entre dos nodos en la red mediante la distribución de un *pool* de espacio satelital entre varios usuarios. Esta habilidad de compartir circuitos de voz y datos se basa en la suposición de que no todos los usuarios requerirán un acceso simultáneo a los canales de comunicaciones.

En este método de acceso, la atribución de canales se modifica de conformidad con las utilidades que se le de. El canal se selecciona automáticamente y transparentemente y sólo permanece conectado mientras se mantiene la comunicación. Este sistema aumenta considerablemente la eficiencia de la utilización de los *transponders* de satélite y, en general, la eficiencia de todo el sistema de comunicaciones, con respecto a la que se obtiene con el acceso múltiple con asignación previa.

¹ *Single Channel per Carrier*: Canal único por portadora

DAMA soporta comunicaciones en malla completa, punto a punto o punto a multipunto -cualquier usuario puede conectarse directamente a cualquier otro usuario en la red- siendo especialmente importante cuando: se requiere implementar un variado tipo de topologías, el número de estaciones es grande y se tiene perspectivas de crecimiento de la red. La estructura en malla es adecuada para compañías con estructura descentralizada. El objetivo es que cada punto pueda comunicarse con cualquiera de los otros, usando conexiones directas de un sólo salto. El resultado es una distribución económica y flexible del ancho de banda con una mezcla de tráfico de voz, fax, video y datos.

a) MODO DE OPERACION DEL ESQUEMA DAMA

Los canales desocupados, se mantienen en un "pool". Cuando una estación participante en una red, necesita de capacidad para realizar una comunicación, se selecciona uno de los canales libres, y se asigna el ancho de banda requerido para que pueda ser utilizado por la estación solicitante. Se utiliza típicamente en un ambiente de conmutación de paquetes, cuando se debe transferir grandes cantidades de datos. Es una forma muy eficiente de adjudicar instantáneamente canales en un *transponder*, de acuerdo con la demanda de tráfico inmediata.

En el caso de aplicaciones de voz, al levantar el auricular para hacer una llamada desde una de las estaciones, se realiza un pedido al sistema de control de la red (*NCS: Network Control System*) sobre el canal de señalización DAMA. El *NCS* funciona como un conmutador en el cielo. El *NCS* determina si la llamada es válida y luego establece el canal entre el origen y el destino de la llamada. Luego de ser utilizado (cuando se cuelga el auricular), el canal es inmediatamente devuelto al *pool* central, para que sea reutilizado por otra estación. Utilizando DAMA, los usuarios se benefician, al ocupar solo una fracción de los recursos satelitales requeridos por las redes dedicadas punto a punto de canal único por portadora (SCPC).

Esta es una forma muy ventajosa de desarrollar redes en las que se integran las comunicaciones internacionales y de áreas rurales. Se lo logra combinando el alcance

que tienen las comunicaciones satelitales junto con la tecnología de acceso múltiple más flexible y costo-efectiva que es la asignación por demanda. Actualmente INTELSAT ha creado una red que permite que los usuarios accedan y paguen únicamente por la capacidad de transmisión que han utilizado; ésta es actualmente la solución para usuarios con bajos requerimientos de tráfico reemplazando a enlaces permanentes y que no eran explotados continuamente. En un principio se desarrolló básicamente para servicios de voz y fax, pero se ha mejorado, prestando ahora servicios de datos bajo demanda, o de mayores anchos de banda para aplicaciones multimedia (integración de voz, datos y video). Esto ha permitido aplicaciones como aprendizaje a distancia, telemedicina y acceso a internet. Los equipos del usuario final, pueden ser dimensionados de acuerdo con el tráfico proyectado y además incrementarse fácilmente a futuro.

b) ASIGNACION FIJA (PREVIA) vs. DINAMICA (POR DEMANDA)

b.1) ASIGNACION FIJA

- **Aspectos positivos:**

Al no necesitar control, es mucho más simple.

Por no existir bloqueo (del canal), la disponibilidad es absoluta: cada vez que se desee realizar una transmisión, se lo podrá hacer.

Es una solución barata y fácil de implementar para redes con un bajo número de estaciones y con topología estrella.

- **Aspectos negativos:**

Este tipo de asignación desperdicia ancho de banda lo que en comunicaciones por satélite implica un costo recurrente elevado.

b.2) ASIGNACION DINAMICA

▪ Aspectos positivos:

Optimiza la utilización del ancho de banda satelital.

Permite variado tipo de topologías y comunicaciones con un salto satelital.

▪ Aspectos negativos:

Aparece el concepto de bloqueo, pudiendo encontrarse una estación con información para enviar y no encontrar un canal libre para transmitir.

Se necesita un canal de control para las asignaciones, lo que se traduce en un aumento de la complejidad.

2.2.2 SEGUN LA FORMA DE COMPARTIR EL *TRANSPONDER*

Una consideración importante para cualquier satélite de comunicaciones es el ser capaz de soportar varias transmisiones simultáneamente con el mismo *transponder* satelital. Esto se deberá realizar sin que se produzcan confusiones en los intercambios de datos.

Los tres esquemas para acceso múltiple más comúnmente usados para conseguir este objetivo, según este segundo enfoque, son:

- Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA): que permite a múltiples usuarios compartir un *transponder* mediante la asignación de una banda de frecuencia particular a cada estación terrena tanto para el enlace de subida como para el de bajada; éstos se pueden preasignar o asignar de acuerdo con la demanda. Por consiguiente, las transmisiones provenientes de distintas estaciones terrenas están separadas en el dominio de frecuencias.

- Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA): que permite a múltiples usuarios compartir un *transponder* restringiendo a cada remota a transmitir en pequeños y periódicos *slots* (ranuras) de tiempo dentro de una trama TDMA. Las ráfagas deben estar sincronizadas, de tal manera que el *burst* de cada estación llegue al satélite en un tiempo diferente. En consecuencia las transmisiones provenientes de distintas estaciones terrenas están separadas en el dominio del tiempo.
- Acceso múltiple por división de códigos (CDMA): en el cual todas las estaciones terrenas transmiten dentro de la misma banda de frecuencias y, por razones prácticas, no tienen limitación de cuándo pueden transmitir o en qué frecuencia de portadora. La separación de las señales se realiza por medio de técnicas de encriptación / deencriptación.

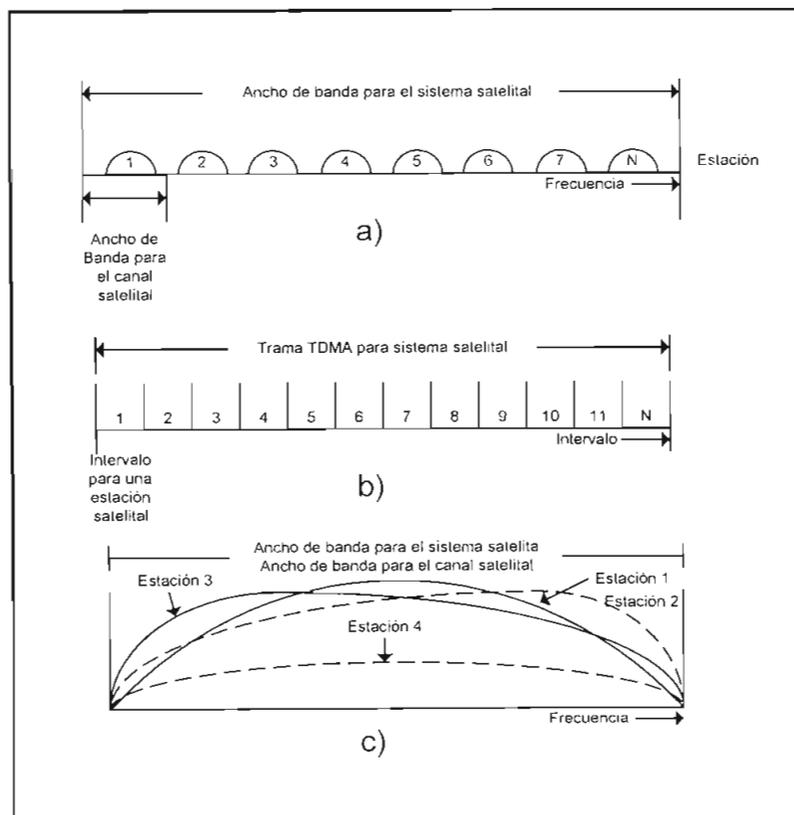


Figura 2-1. Esquemas de acceso múltiple según la forma de compartir el *transponder*:
(a)FDMA; (b) TDMA; (c) CDMA [7]

2.2.2.1 ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDMA)

FDMA es un método que utiliza multiplexación por división de frecuencia para hacer posible múltiples y simultáneas transmisiones utilizando un solo *transponder* satelital. En FDMA, el ancho de banda de canal RF disponible en un *transponder* se divide en bandas de frecuencia más pequeñas para cada canal; permite emplear los recursos que proporcionan los satélites mediante la asignación de frecuencias diferentes a las distintas estaciones terrenas.

Como se observa en la figura 2-2, a cada estación terrena se le asigna una frecuencia específica (con la anchura de banda necesaria) para la emisión de su portadora.

Dependiendo de la aplicación de la red satelital, FDMA podría ser un muy efectivo método de acceso al *transponder* satelital.

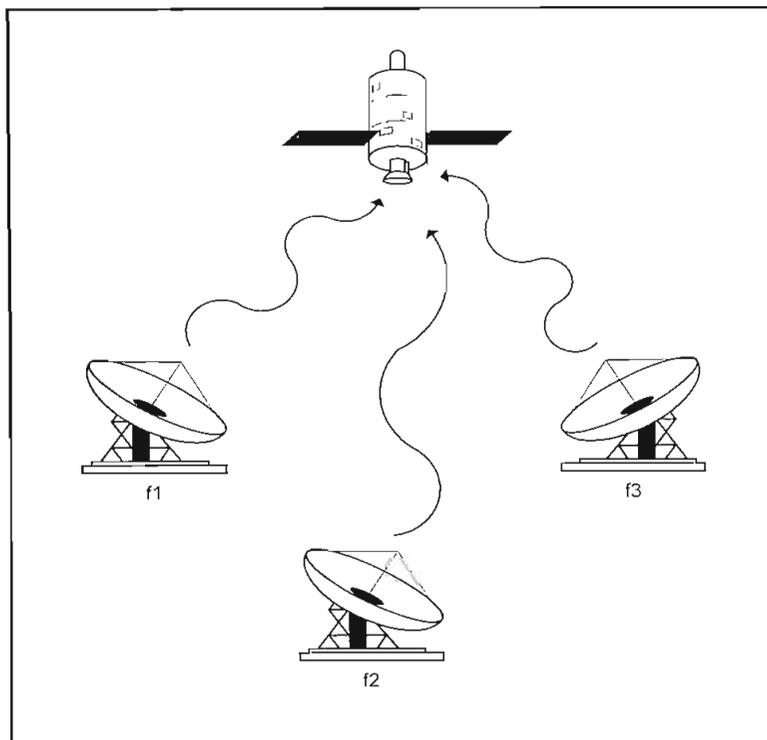


Figura 2-2. Transmisión FDMA

Se utiliza un mecanismo de control para asegurar que dos estaciones terrenas no transmitan, en la misma subdivisión, al mismo tiempo. Esencialmente, el mecanismo de control designa una estación receptora para cada una de las subdivisiones. La asignación de canales de transpondedor a las estaciones terrenas puede ser fija (sistema de asignación previa) o variable (sistema de asignación por demanda). En el primer caso (sistema de asignación previa), cada intervalo de canal del transpondedor está reservado al uso por una estación determinada. En el segundo caso (sistema de asignación por demanda) los intervalos de canal del transpondedor se asignan en distintos momentos a diferentes estaciones terrenas de acuerdo con sus necesidades instantáneas. La mayoría de los sistemas en explotación son del tipo de asignación previa; el sistema SPADE establecido en el marco de INTELSAT, es de asignación por demanda. En los sistemas de asignación por demanda, el mecanismo de control, también se utiliza para establecer o terminar los enlaces entre las estaciones terrenas, fuente y destino. En consecuencia, cualquiera de las subdivisiones puede ser utilizada por cualquiera de las estaciones terrenas que están participando, en algún momento determinado. Típicamente, cada subdivisión se utiliza para llevar un solo canal de datos, pero en ocasiones a los grupos maestros se les puede asignar una subdivisión más grande.

Una desventaja de FDMA es el paso simultáneo de muchas señales por el *transponder* del satélite, lo que origina ruido de interferencia debido a la intermodulación entre las señales, causada por la no linealidad del *transponder*. Esto se puede atenuar un poco, apagando las subportadoras de IF, en todos los canales que estén sin utilizar. Para evitar esta interferencia, es aconsejable mantener la potencia de salida de transmisión bajo el punto de saturación y seleccionar apropiadamente las frecuencias, teniendo como objetivo un funcionamiento cuasi-lineal. Se dedica especial atención a los efectos en el *transponder* del satélite, ya que la potencia de éste es más crítica y más costosa que la de las estaciones terrestres.

El ancho de banda de guarda depende de las bandas laterales residuales de las señales transmitidas, de la desviación de las frecuencias de los osciladores de la estación terrena y del satélite y del efecto *Doppler* causado por el movimiento de los satélites.

La técnica FDMA está generalmente asociada con la multiplexación por división de frecuencia (FDM) y con la modulación de frecuencia (FM) de la portadora. Sin embargo, la técnica FDMA puede combinarse también con otros tipos de multiplexación y modulación, especialmente la multiplexación por división de tiempo (TDM) y con modulación digital por desplazamiento de fase (PSK).

Ejemplos de utilización de este tipo de modulación son el servicio internacional de comunicación de empresas (*IBS: INTELSAT Business Services*) y las portadoras de velocidades de datos intermedias (*IDR: Intermediate Data Rate*) de INTELSAT.

Para los enlaces que transmiten tráfico esporádico de baja densidad, puede utilizarse la técnica FDMA sin multiplexación, es decir cada portadora será modulada por un solo canal, técnica conocida como SCPC (un solo canal por portadora).

a) SISTEMA DE UN SOLO CANAL POR PORTADORA (SCPC)

En un sistema SCPC, los datos de usuario se transmiten al satélite continuamente en una única portadora. La señal del satélite, es recibida en una localidad única en el caso de un sistema punto-punto, o en muchos lugares en una aplicación *broadcast* (difusión), posibilitando una comunicación entre varios puntos, sin necesitar un *HUB* central.

En este sistema cada portadora es modulada por un solo canal. Este canal puede ser objeto de diversas formas de tratamiento. La portadora es generalmente activada por voz lo que permite un ahorro de energía de hasta un 60% en el transpondedor del satélite (las portadoras están en actividad, como promedio, sólo el 40% del tiempo). [1]

SCPC es utilizado para una forma económica de difusión de datos, audio digital o video, así como comunicaciones de datos, audio o video *full-duplex* o bidireccional. Para la explotación de un *transponder* de satélite bajo la técnica SCPC, se deberá establecer un plan de frecuencias, que permita minimizar los problemas que implican el uso de FDMA y que se anotaron anteriormente (figura 2-3).

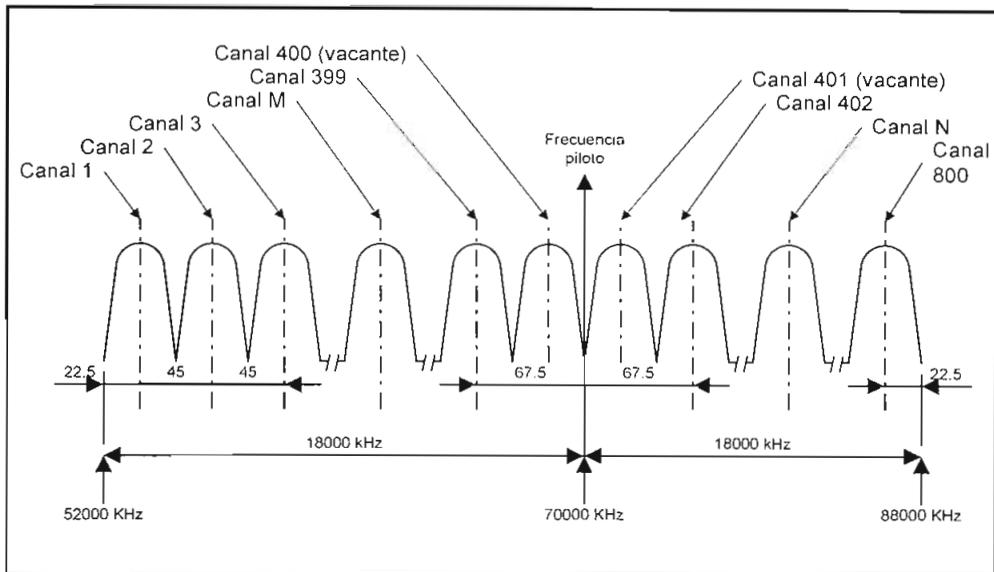


Figura 2-3. Plan de frecuencias SCPC típico para la explotación de un *transponder* completo [1]

SCPC también se utiliza para: impresión a distancia, transmisión de imágenes, transferencia de archivos, telefonía rural, etc.

SCPC puede ser usado tanto con técnicas de modulación analógicas como digitales. La tendencia actual en la industria, está enfocada hacia el uso de la modulación digital con uno de los algoritmos disponibles de codificación de voz. La ventaja principal de SCPC es que permite una conexión total entre dos canales cualesquiera de la red. Adicionalmente, permite un uso progresivo del *transponder* del satélite y en consecuencia la expansión de la red.

Una de las desventajas, es que requiere de un módem separado en cada estación terrena. Otra consiste en que cuando “levantan” varias portadoras en cualquier estación remota, el amplificador de potencia tiene que ser operado por debajo de su nivel funcionamiento máximo.

La solución de comunicación entre dos puntos utilizando SCPC es sencilla. Se contratará un espacio satelital, que será ocupado exclusiva y permanentemente para este enlace y se montará una estación terrena en cada extremo. Un esquema de esta solución se muestra en la figura 2-4.

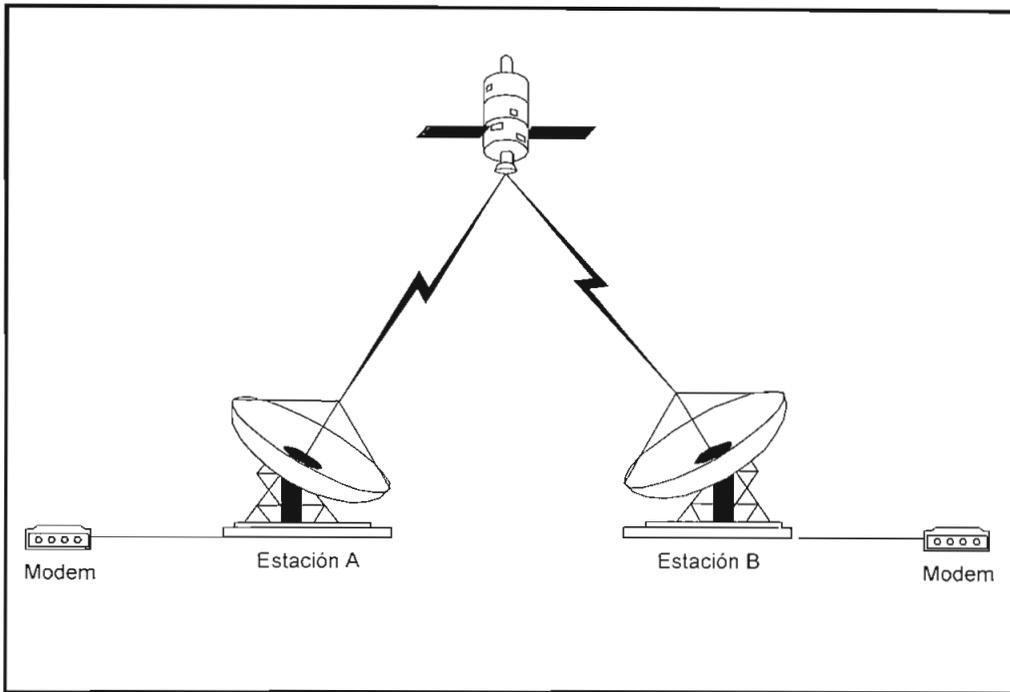


Figura 2-4. Sistema SCPC punto - punto

Cada estación "levantará" su portadora, para lo cual se deberá contratar con uno de los operadores, un ancho de banda satelital, dedicado exclusivamente a este enlace. En la figura 2-5, se observa las portadoras de cada una de las estaciones A y B.

Además de aplicaciones punto a punto, se podría formar una red en estrella utilizando enlaces SCPC entre un punto central y el resto de componentes de la red. Esta aplicación será apropiada cuando una compañía tiene una estructura centralizada, con una sede principal para la administración, y fábricas o locales de venta distribuidos sobre una amplia zona, donde la información de los puntos remotos deberá ser recogida en la base central para la toma de decisiones. Esto sería soportado por una red en estrella unidireccional. Si además la central transmite hacia los puntos remotos para indicar órdenes, la configuración será en estrella bidireccional. Pero, para las aplicaciones de voz, que en la mayoría de los casos ocurren entre las diferentes sucursales de una empresa, no es una solución adecuada. Si se desea establecer una llamada entre dos puntos que no sean la matriz de la compañía, implicará necesariamente una conexión de doble salto satelital, con los problemas de desperdicio de ancho de banda y retardos que eso conlleva.

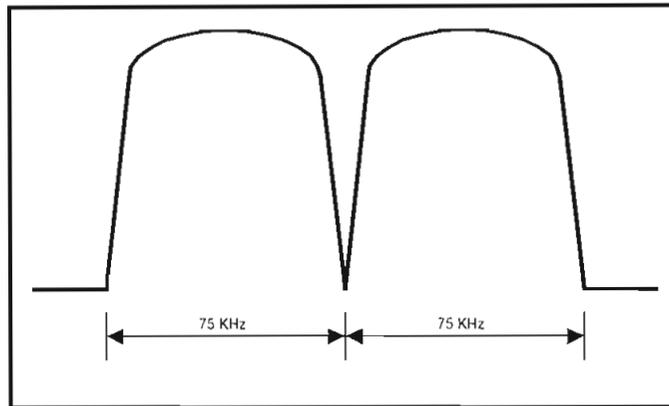


Figura 2-5. Portadoras en un enlace SCPC punto-punto

a.1) ASIGNACION POR DEMANDA

Cuando se incorpora un sistema de acceso múltiple con asignación por demanda (DAMA), los circuitos por satélite SCPC pueden asignarse automáticamente entre dos estaciones terrenas cualesquiera de la red de acuerdo con la demanda de tráfico real.

El propósito básico de añadir DAMA a las redes satelitales es utilizar óptimamente los recursos. Configuraciones de red de canal único por portadora (SCPC) dedicado o múltiples canales por portadora (MCPC) pueden brindar las mismas funciones de una red DAMA, pero estas redes de "asignación fija" son poco óptimas en cuanto a la utilización del ancho de banda satelital. Por otro lado, SCPC con asignación por demanda, requiere de un equipamiento de la estación terrena más complicado.

Es muy útil el comparar sistemas DAMA cuantitativamente. Una medida crítica es el número de circuitos activos que se pueden soportar por cada *transponder* satelital. Es una métrica simple de determinar cuán efectivamente un sistema DAMA maneja los recursos disponibles. SCPC-DAMA utiliza una combinación de un método de acceso múltiple con los protocolos de asignación por demanda.

Los dos recursos claves en un *transponder* satelital (o segmento de *transponder*) son la potencia del enlace de bajada (*downlink*) y el ancho de banda. Cada usuario del servicio,

consume una fracción de estos dos recursos. Cuando la demanda de tráfico excede los recursos disponibles, los usuarios no pueden acceder al servicio o en su defecto, la calidad del servicio se degrada por debajo de los estándares.

En el sistema SCPC DAMA, cada unidad de canal está equipada con sintetizadores de frecuencia independientes para la transmisión y recepción, a fin de proporcionar una agilidad completa de frecuencias de las portadoras SCPC. La selección de frecuencias que es necesaria para el funcionamiento DAMA puede efectuarse mediante el control de la frecuencia de los sintetizadores de acuerdo con la señal de control DAMA (proporcionada por el sistema de procesamiento y señalización DAMA).

Las funciones DAMA son equivalentes a las de una central automática de conmutación telefónica:

- El sistema DAMA logra la concentración del tráfico en el satélite; el aprovechamiento de la capacidad del satélite es importante, permitiendo que usuarios ocasionales compartan los mismos radiocanales, es decir, los mismos intervalos de frecuencia, en el *transponder*.
- En consecuencia, para una capacidad de tráfico efectiva determinada del *transponder* de satélite, puede conectarse un número mayor de estaciones terrenas en el modo DAMA que en el modo con asignación previa.
- El funcionamiento de un sistema DAMA permite mucha mayor flexibilidad, dada su característica de plena interconectividad; es decir, cada estación puede interconectarse a cualquiera otra estación de la red DAMA.
- Se logran también economías importantes en los equipos de estación terrena debido a que cada unidad de canal SCPC de una estación terrena puede tener acceso a todos los destinos de la red DAMA, mientras que en la explotación con asignación previa, cada unidad de canal SCPC debe dedicarse a un solo destino.

En una red DAMA los principales parámetros son: la capacidad de tráfico del transpondedor (el ancho de banda total que se necesita); el número de circuitos (y de estaciones terrenas) que pueden tener acceso a la red; y, el número de unidades de canal que se requieren para un destino dado.

Todos esos parámetros se calculan utilizando la teoría de tráfico de redes de comunicaciones convencionales (tablas Erlang).

Hay dos tipos principales de redes DAMA de acuerdo con su sistema de procesamiento y señalización:

- Redes DAMA con explotación centralizada: en estas redes, la asignación de canales (es decir, la asignación de un par de intervalos de radiofrecuencia) se realiza en un procesador central situado en la estación maestra, mediante un proceso de señalización preliminar a través de uno o varios canales de satélite. La mayoría de las redes nacionales de telecomunicaciones por satélite con técnica DAMA son de este tipo, ya que sólo requieren de un equipo DAMA sencillo y económico en cada estación terrena local;
- Redes DAMA con explotación descentralizada: en estas redes, cada estación local está equipada con un procesador inteligente que selecciona los radiocanales (intervalos de radiofrecuencia) disponibles. Un sistema de señalización común mantiene permanentemente actualizado, en cada estación, el cuadro de memoria del plan instantáneo de frecuencia de toda la red. El sistema SPADE es una red DAMA de este tipo que funciona en el marco del sistema global INTELSAT.

a.2) SISTEMA SPADE

Comsat desarrolló el primer sistema de asignación por demanda FDMA, para ser utilizado en el satélite *Intelsat IV*. Este sistema se llamó SPADE² (equipo de asignación

² SPADE: *Single Channel per carrier PCM Multiple Access Demand Assignment Equipment*

de acuerdo a la demanda con acceso múltiple PCM de canal sencillo por portadora). La figura 2-6 muestra las asignaciones de frecuencias IF para SPADE. [7]

Con SPADE, se modulan 800 canales de banda de voz codificados con PCM, por separado, con QPSK a una señal portadora de IF (de ahí el nombre de portadora sencilla por canal, SCPC). Cada canal de banda de voz de 4 KHz se muestrea a una velocidad de 8 KHz y se convierte a un código PCM de 8 bits. Esto produce un código PCM de 64 kbps para cada canal de banda de voz. El código PCM de cada canal de banda de voz modula con QPSK, a una frecuencia distinta de portadora de IF. Con QPSK, el ancho de banda mínimo requerido es igual a la mitad de la velocidad de bits de entrada. En consecuencia, la salida de cada modulador QPSK requiere un ancho de banda mínimo de 32 KHz. A cada canal se le asigna un ancho de banda de 45 KHz, permitiendo una banda de guarda de 13 KHz entre pares de canales multicanalizados por división de frecuencias.

Las frecuencias de la portadora de IF empiezan en 52.0225 MHz (canal 1 de la banda baja) y se incrementan en pasos de 45 KHz, hasta 87.9775 MHz (canal 400 de la banda alta). La banda completa de 36 MHz (52 a 88 MHz) se divide a la mitad, produciendo dos bandas 400 canales (una banda baja y una banda alta).

Para una operación *full-duplex*, se utilizan cuatrocientos canales de 45 KHz, para una dirección de transmisión y 400 se utilizan para la dirección opuesta. Además, los canales 1, 2 y 400 de cada banda no se utilizarán. Esto reduce el número de canales de banda de voz *full-duplex* que pueden utilizarse a 397. La banda C de 6 GHz se extiende desde 5.725 a 6.425 GHz (700 MHz). Esto permite aproximadamente diecinueve canales RF de 36 MHz por sistema. Cada canal RF tiene una capacidad de 397 canales de banda de voz *full-duplex*.

Cada canal RF (figura 2-6) tiene un canal de señalización común (CSC) de 160 KHz. El CSC es una transmisión multicanalizada por división de tiempo que será multicanalizada en división de frecuencia, ocupando la parte anterior a los canales de banda de voz modulados con QPSK.

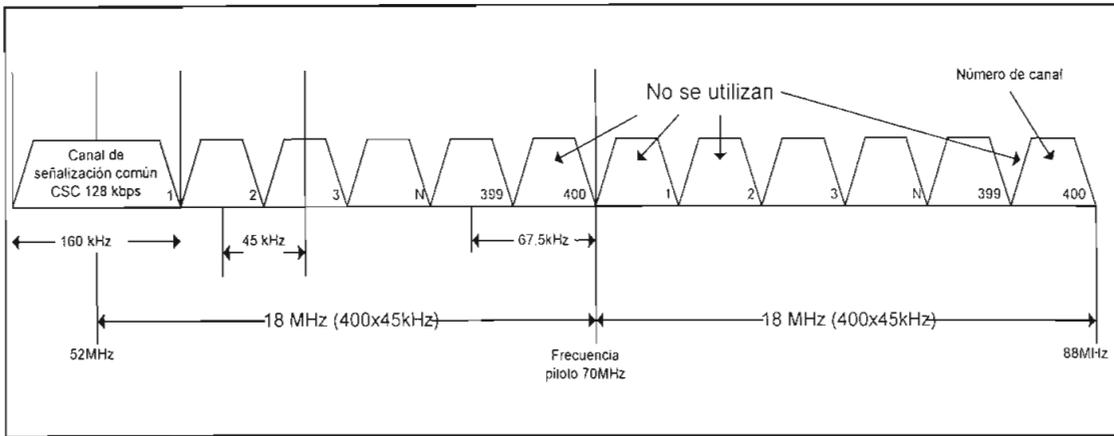


Figura 2-6. Asignaciones de frecuencias de la portadora para el equipo de asignación de acuerdo a la demanda con acceso múltiple, PCM de canal sencillo por portadora de Intelsat (SPADE) [7]

La figura 2-7 muestra la estructura de la trama TDM para el CSC. El tiempo total de la trama es de 50 ms, que se subdivide en cincuenta intervalos de 1 ms. Cada estación terrena transmite en el canal CSC solamente durante su ranura de tiempo preasignada de 1 ms. La señal CSC es un código binario de 128 bits.

Para transmitir un código de 128 bits en 1 ms, se requiere de una velocidad de transmisión de 128 kbps. El código CSC se utiliza para establecer y desconectar los enlaces de banda de voz entre dos usuarios de estaciones terrenas, cuando se utiliza la asignación de canales de acuerdo a la demanda.

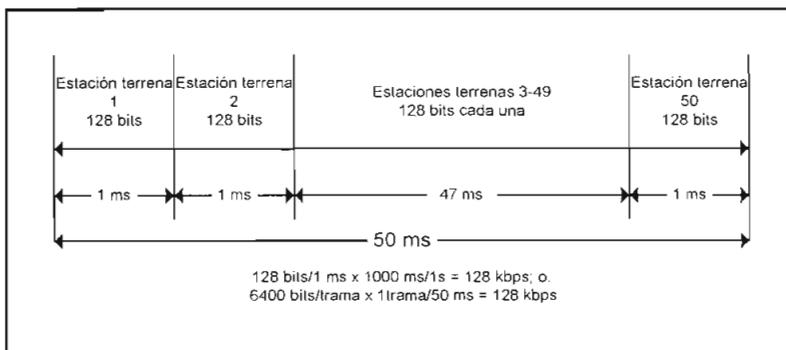


Figura 2-7. Canal de señalización común (CSC) SPADE con FDMA

Con FDMA, cada estación terrena puede transmitir simultáneamente dentro del mismo espectro de RF de 36 MHz, pero en diferentes canales de banda de voz. El canal CSC ocupa un ancho de banda de 160 KHz, que incluye los 45 KHz del canal 1 de banda baja. Las transmisiones simultáneas de canales de banda de voz, están intercaladas en el dominio de la frecuencia en el *transponder* del satélite, mientras que las transmisiones de las señales CSC están intercaladas en el dominio del tiempo.

a.3) EJEMPLO DE UN SISTEMA SPADE

Para el sistema que se muestra en la figura 2-8, una estación terrena de usuario, en Nueva York, desea establecer un enlace de banda de voz, entre ella y Londres. Nueva York selecciona aleatoriamente un canal de banda de voz que no está trabajando.

Entonces, transmite un mensaje en código binario, a Londres, en el canal CSC durante su ranura de tiempo respectiva, solicitando que se establezca un enlace en el canal seleccionado aleatoriamente. Londres responde en el canal CSC durante su ranura de tiempo con un código binario, ya sea confirmando o negando el establecimiento del enlace de banda de voz. El enlace se desconecta en forma similar cuando los usuarios terminan la comunicación. [7]

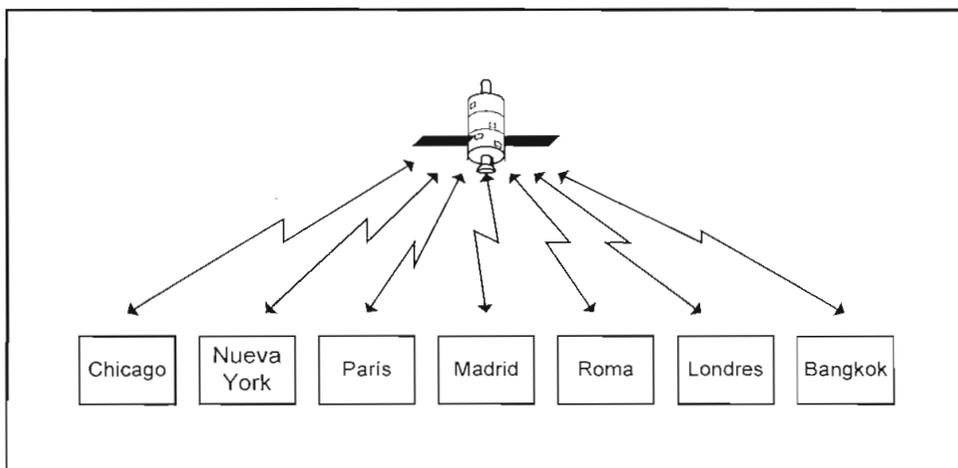


Figura 2-8. Diagrama del ejemplo de sistema SPADE

b) SISTEMA MULTICANAL POR PORTADORA (MCPC)

En realidad es otro modo de operación del SCPC, con varias portadoras de datos multiplexadas en un agregado digital único. Esta técnica ha surgido como un método muy popular de comunicaciones por satélite en los mercados internacionales regidos básicamente por las demandas de los usuarios.

Básicamente el MCPC es un subproducto del SCPC combinado con la multiplexación TDM convencional de voz y datos. En este método se usa un multiplexor típico por división en el tiempo para crear ráfagas de datos por ejemplo de 64 o 128 Kbps.

Cada ráfaga de datos se asigna a una portadora separada en el *transponder*. Cada portadora forma entonces un enlace dedicado punto a punto entre dos localidades.

En cada estación terrena se podrían utilizar múltiples portadoras MCPC para proveer una interconexión en malla. Una ventaja adicional es el costo inicial relativamente bajo de redes privadas pequeñas pues requiere solamente un enlace. Las desventajas son las mismas encontradas en el SCPC, además de una carencia de flexibilidad en el uso de los canales satelitales los cuales son preasignados en cada enlace.

2.2.2.2 ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA)

TDMA es un método que consiste en utilizar multiplexación por división de tiempo para proveer transmisiones múltiples, pero no simultáneas con un *transponder* único (ver figura 2-9). En TDMA, cada estación remota envía información al satélite dentro de un *slot* de tiempo o *burst* específico. Sin embargo, solo un "paquete" de información alcanza al satélite en cada instante de tiempo.

Para el *transponder*, la información aparece como un flujo continuo de transmisiones a una frecuencia, proveniente de las estaciones remotas. Dependiendo de las aplicaciones de cada remota en particular, TDMA puede ser un método muy efectivo de acceso al *transponder* satelital.

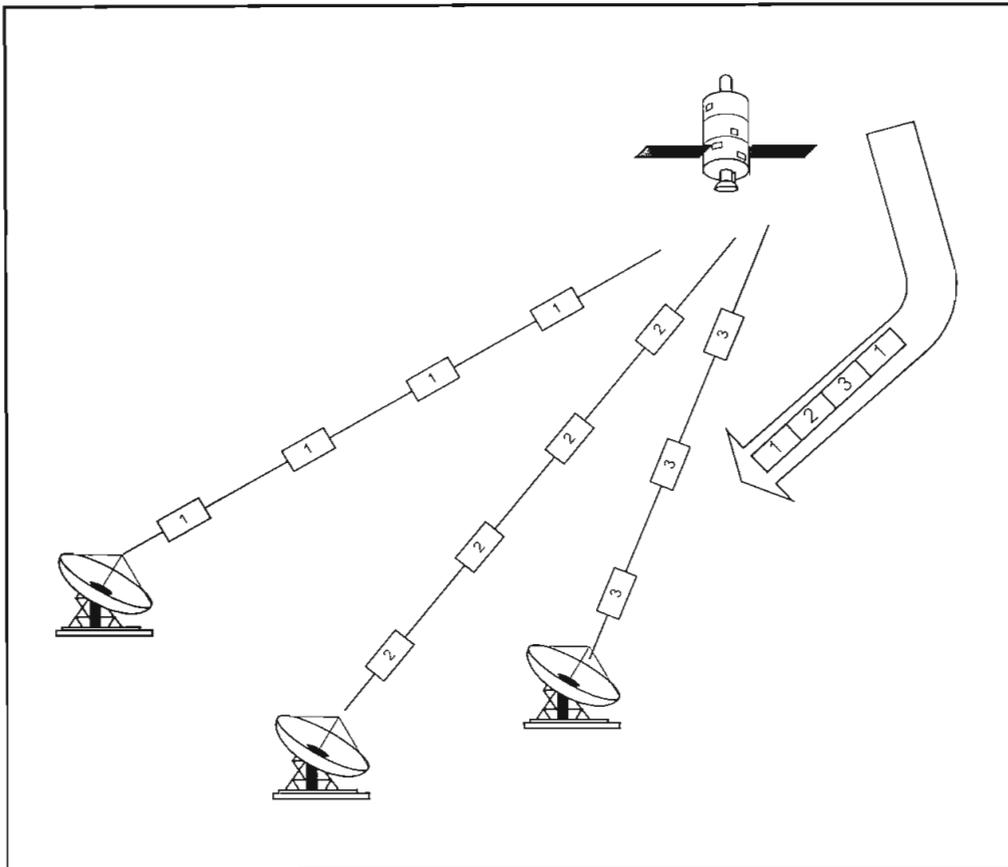


Figura 2-9. Transmisión TDMA

En una red TDMA, cada estación tiene un *buffer* que almacena sus datos a ser transmitidos. Gracias al control de una estación designada como *master*, los *buffers* individuales de cada estación en la red, envían sus datos al satélite en forma de *bursts*. El satélite ve esos bits de datos (*bursts*) como un flujo continuo. Considerando que algunas estaciones estén más alejadas del satélite que otras, se deberá tomar en cuenta esas diferencias para el cálculo y ajuste de tiempos de transmisión y propagación (*ranging*).

El acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) es el mayormente utilizado en la actualidad. Proporciona el método más eficiente para transmitir portadoras moduladas en forma digital (PSK). Con TDMA, cada estación terrena transmite una ráfaga corta de una portadora modulada en forma digital durante una ranura de tiempo preciso (intervalo) dentro de una trama TDMA. Una ráfaga de cada estación se sincroniza para

que llegue al *transponder* de satélite a un tiempo diferente. En consecuencia, solamente está presente en el *transponder* la portadora de una estación terrena en un momento determinado, evitando así, una colisión con la portadora de otra estación. Cada estación terrena recibe las ráfagas de todas las otras estaciones terrenas y tiene que seleccionar, de entre ellas, el tráfico destinado solamente para ella.

La figura 2-10 muestra una trama TDMA básica. Las transmisiones de todas las estaciones terrenas están sincronizadas a una ráfaga de referencia. En este esquema, se puede ver la ráfaga de referencia como una transmisión separada, pero puede ser el preámbulo que precede la transmisión de datos de una estación de referencia. Además, puede haber más de una ráfaga de referencia para la sincronización.

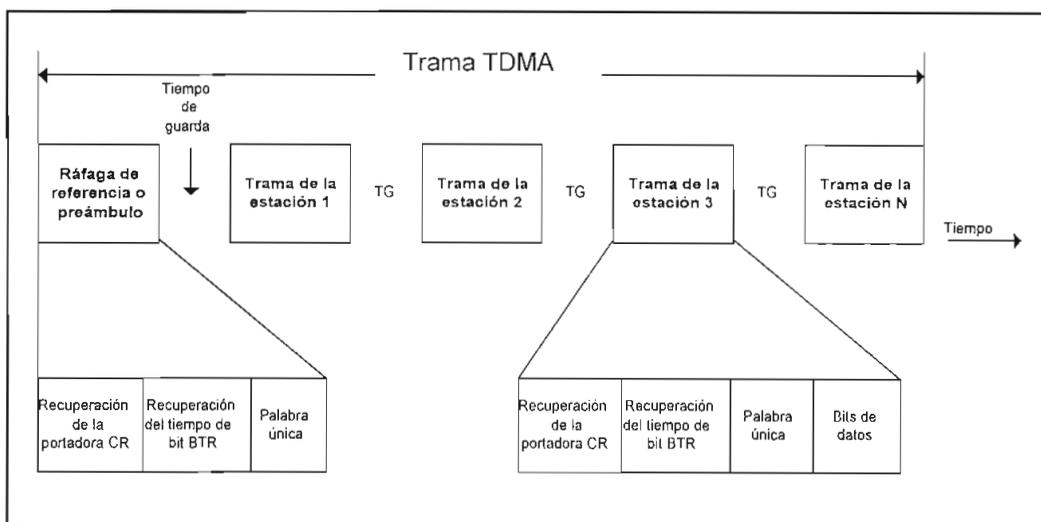


Figura 2-10. Trama básica para acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) [7]

La ráfaga de referencia contiene una secuencia de recuperación de la portadora (CRS), de la cual todas las estaciones receptoras recuperan una portadora de frecuencia y fase coherente, para la demodulación PSK. También se incluye en la ráfaga de referencia una secuencia binaria para la recuperación del tiempo de bit (BTR, por ejemplo, recuperación de reloj). Al final de cada ráfaga de referencia, se transmite una palabra única (UW). La secuencia UW se utiliza para establecer una referencia de tiempo precisa que cada una de las estaciones terrenas utilizan para sincronizar la transmisión de su ráfaga. La UW es típicamente una cadena de unos binarios sucesivos terminada

con un 0 binario. Cada receptor de la estación terrena demodula e integra la secuencia de UW. La figura 2-11 muestra el resultado del proceso de integración. El integrador y el detector de umbral están diseñados para que el voltaje de umbral se alcance, precisamente, cuando se integre el último bit de la secuencia de UW. Esto genera un pico de correlación en la salida del detector de umbral, en el preciso momento en que termine la secuencia UW.

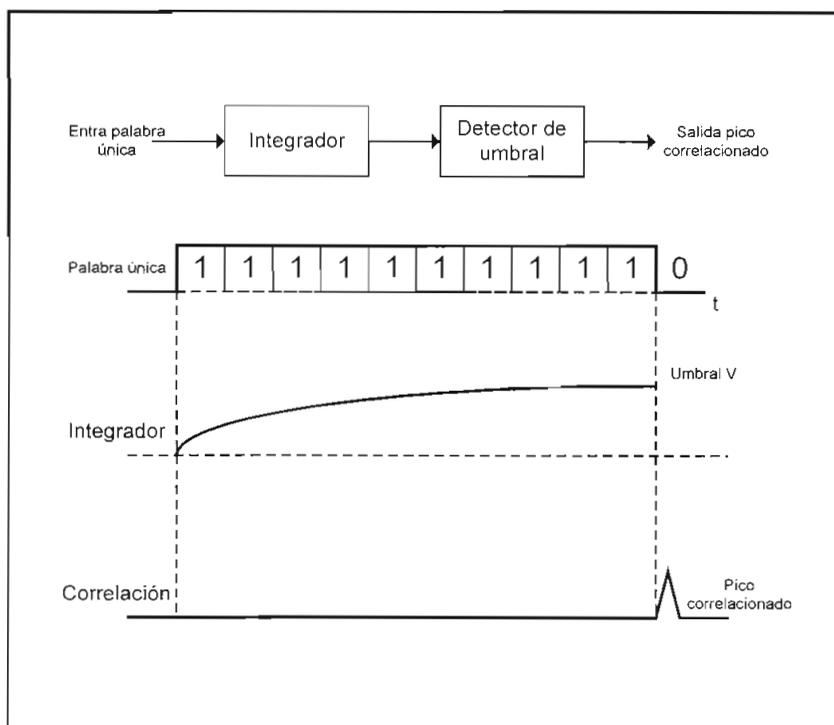


Figura 2-11. Correlacionador de palabra única [7]

La estación terrena sincroniza la transmisión de su portadora con la ocurrencia del pico de correlación de la UW. Cada estación espera una cantidad diferente de tiempo antes de empezar a transmitir. En consecuencia, nunca dos estaciones transmitirán la portadora al mismo tiempo.

Existe un tiempo de guarda (GT) entre las transmisiones provenientes de estaciones sucesivas. Esto es análogo a una banda de guarda en un sistema de multicanalización por división de frecuencia. Cada estación precede la transmisión de datos con un preámbulo.

Debido a que las transmisiones de cada estación las deben recibir todas las otras estaciones terrenas, todas las estaciones tienen que recuperar la información del reloj y la portadora, antes de demodular los datos. Si se utiliza una asignación por demanda, también se tiene que incluir un canal de señalización común en el preámbulo.

- **VENTAJAS DE TDMA SOBRE FDMA**

Existen varias ventajas de TDMA sobre FDMA. La primera, y probablemente la más importante, es que con TDMA solamente la portadora de una estación terrena está presente en el *transponder* del satélite en cualquier momento determinado, reduciendo así la distorsión por intermodulación y permitiéndole funcionar próximo al nivel de saturación, aprovechando de modo eficiente la energía de que dispone el satélite. Una segunda ventaja es que con FDMA, cada estación terrena tiene que ser capaz de transmitir y recibir en una multitud de frecuencias de portadora para alcanzar las capacidades de acceso múltiple. Además, TDMA es mucho más apropiada para la transmisión de información digital que FDMA. Las señales digitales se adaptan en forma más natural al almacenaje, conversiones de velocidades y procedimientos de dominio del tiempo que sus contrapartes analógicas.

La desventaja principal del TDMA en comparación con FDMA es que en TDMA se requiere de una sincronización precisa. Las transmisiones de cada estación terrena deben ocurrir durante una ranura de tiempo exacta. Además, la sincronización de los bits y tramas debe alcanzarse y mantenerse con TDMA. Para demodular las portadoras recibidas en modo de ráfagas moduladas, es menester recuperar la portadora y la temporización de los bits dentro de la secuencia de recuperación incluida al comienzo de cada ráfaga. Así, el demodulador TDMA dispone usualmente de circuitos de muy alta velocidad para la recuperación de la portadora y la sincronización del reloj.

Para situar y mantener las ráfagas de tráfico en el intervalo (o posición en la trama) que le han asignado, cada red requiere de un Equipo Terminal de Referencia (RTE) que se encarga de enviar información de control continuamente a cada terminal de tráfico a fin de reducir al mínimo los errores de posición de la ráfaga. La estación de referencia

que contiene al RTE debe estar situada en la zona cubierta por el satélite para permitir la recepción de las ráfagas del resto de estaciones de la red.

2.2.2.3 ACCESO MÚLTIPLE POR DISTRIBUCION EN EL TIEMPO CON CONMUTACION A BORDO DEL SATELITE (SSTDMA)

El acceso múltiple por distribución en el tiempo con conmutación a bordo del satélite (SSTDMA) introducido en los *INTELSAT VI* ofrece más flexibilidad y economía operacional que el sistema TDMA usado anteriormente. Los *INTELSAT V* proveen cuatro zonas cubiertas por haces para el TDMA, mientras que los *INTELSAT VI* proporcionan seis para el SSTDMA, además de que se reduce de cuatro a dos el número requerido de estaciones de referencia.

La diferencia fundamental es la conmutación dinámica de haces en el satélite. En vez de una conexión fija de un haz ascendente y descendente, el ascendente puede conmutarse a cualquier descendente. El conmutador está montado en el satélite, y las conexiones requeridas del haz ascendente al descendente se realizan de acuerdo con una secuencia programada.

El conmutador permite trabajar con la modalidad de difusión, en la cual un haz ascendente se conecta con varios haces descendentes simultáneamente.

La matriz conmutadora permite interconectar seis haces (seis *transponders*) ascendentes con seis descendentes, por lo que puede seleccionarse 36 conectividades diferentes. Con un satélite con conectividad fija se necesitaría 36 transpondedores para lograr el mismo resultado.

El SSTDMA ofrece varias ventajas importantes sobre el TDMA de haces fijos, entre las cuales están las siguientes: permite interconectividad completa entre haces con relativamente menos *transponders*; reduce la necesidad de que los terminales de tráfico efectúen saltos entre *transponders* para lograr una conectividad total; permite una

distribución más uniforme del tráfico entre los haces haciendo uso más eficiente de los satélites.

Las limitaciones del SSTDMA son las siguientes: todas las terminales de red se adquieren en secuencia, con lo que el número de tramas suplementarias es mayor y el tiempo de adquisición es más prolongado; se requiere un mayor número de módulos de interfaz terrestre en los terminales de tráfico; una reducción del número de canales de satélite por *transponder* (en TDMA fijo el límite práctico del tráfico en cada transpondedor TDMA es de aproximadamente 1450 canales; debido al mayor suplemento de la estructura de las tramas del SSTDMA, el tráfico que puede programarse por cada *transponder* es aproximadamente 1300 canales). [2]

2.2.2.4 ACCESO MULTIPLE POR DISTRIBUCION DE FRECUENCIA Y DISTRIBUCION EN EL TIEMPO

Es una técnica en la cual grupos de estaciones terrenas que funcionan en un modo TDMA de banda estrecha comparten el mismo transpondedor empleando un método FDMA. Mientras las transmisiones TDMA puras usan normalmente velocidades binarias de 60 a 120 Mbits/s y ocupan todo el ancho de banda del transpondedor, las transmisiones TDMA/FDMA emplean velocidades binarias inferiores a 10 Mbits/s y ocupan únicamente fracciones de ese ancho de banda. Brinda la posibilidad de proporcionar asignación por demanda de los canales dentro de cada trama TDMA.[1]

2.2.2.5 ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO ALOHA

El TDMA ALOHA o de acceso aleatorio es otro método de usar TDMA para transmitir a un *transponder* satelital (figura 2-12). Las estaciones terrenas que usan el método ALOHA llenan un *buffer* de transmisión y luego transmiten los contenidos aleatoriamente al *transponder* satelital. Ocasionalmente y debido a esta transmisión no coordinada de *bursts*, algunos contenidos del *buffer* alcanzan el *transponder* al mismo tiempo que contenidos del *buffer* de otra estación. lo que causa una "colisión" de los datos. Si esto ocurre, el *buffer* de datos transmitidos se pierde. Sin embargo, las

estaciones terrenas pueden compensar este problema esperando un acuse de recibo de la estación terrena receptora. Si la estación receptora no da un acuse de recibo de la información (en un período de tiempo específico) la estación terrena origen, retransmite los datos. Existe también el ALOHA "slotted" o "ajustado a intervalos de tiempo", en el cual una estación de control transmite información de temporización tal que únicamente permite la transmisión de datos en períodos de tiempo específicos; con esto se evitarán parcialmente las colisiones por lo que la probabilidad global de colisión de paquetes descenderá. [3]

Este tipo de acceso es utilizado en redes VSAT, y trabaja bien cuando la carga de tráfico ofrecida es pequeña comparada con la capacidad total del canal de transmisión disponible. Es ideal para puertos de estaciones con cantidades bajas de tráfico y mensajes de tamaños cortos. Al final, se tendrán tiempos promedios de respuesta buenos dentro de lo que es VSAT, pero existirá una gran variación, dependiendo de las colisiones y retransmisiones inherentes al método. [9]

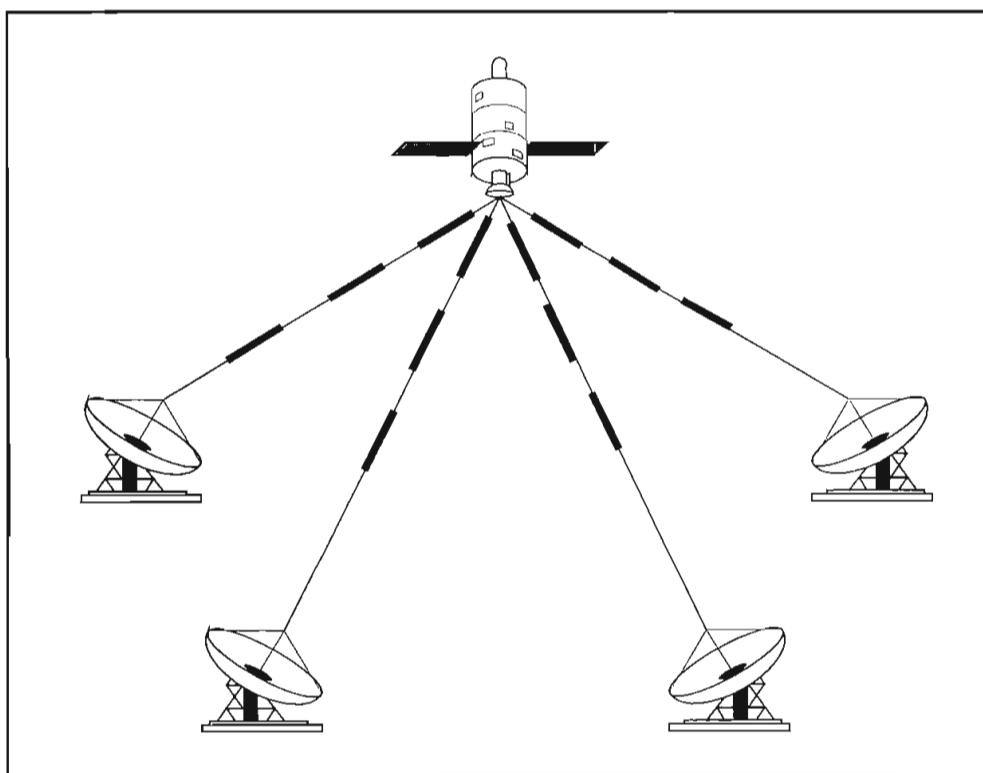


Figura 2-12. Transmisión ALOHA

2.2.2.6 TDMA DAMA

El adicionar DAMA a una red TDMA, permitirá un mejor aprovechamiento de recursos. Con TDMA, una portadora es compartida entre todas las estaciones de una red, asignando a cada estación un intervalo (*time slot*) dedicado para transmitir en la misma frecuencia (portadora). Esto hace que el sistema sea mucho más flexible, debido a que se requiere solamente de una portadora para todas las estaciones. Sin embargo, en este caso, cada estación puede obtener únicamente un cierto monto de ancho de banda a la vez. Con el objeto de hacer de estas transmisiones no solamente flexibles sino también eficientes, es necesaria una forma de asignar el ancho de banda a la estación según su demanda.

La asignación de ancho de banda dinámicamente permite que cada estación tenga los recursos que necesite en determinado momento. Cada estación hará el pedido de ancho de banda a otra que cumple las funciones de Sistema de Control de la Red. La asignación se hará considerando los *time slots* que no están siendo utilizados y tomando en cuenta los requerimientos actuales. La estación *master* toma los requerimientos de cada estación, elabora un nuevo plan de asignación de *slots* y lo transmite a todas las estaciones, las cuales seguirán el nuevo patrón de tráfico automáticamente y en forma transparente al usuario.

Cada remota tiene un *burst* fijo asignado en la trama, en donde ésta comunica sus requerimientos de capacidad de canal en respuesta a un *polling* de la *master*. Si una remota señala sus requerimientos por un canal, el controlador de red reserva espacio en la siguiente trama para un *burst* de datos y comunica la ubicación del *slot* asignado dentro de la trama a la remota.

2.2.2.7 ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO (ACCESO MULTIPLE DEL ESPECTRO DISPERSO)

En FDMA, el *transponder* de satélite amplifica las señales de las estaciones simultáneamente, pero a frecuencias diferentes. En TDMA, las estaciones utilizan la

misma frecuencia, pero en instantes diferentes. Con el acceso múltiple por división de código (CDMA), no hay restricciones de tiempo o de ancho de banda. Cada transmisor de estación terrena puede transmitir, cada vez que lo desea, y puede utilizar cualquier ancho de banda o todos los anchos de banda asignados a un sistema o canal de satélite en particular. Debido a que no hay limitaciones en el ancho de banda, CDMA a veces se le conoce como acceso múltiple del espectro disperso; las transmisiones se pueden extender por todo el ancho banda designado. En este modo de transmisión, se asigna un código característico a cada señal transmitida al satélite; es decir, las transmisiones de cada estación terrena se codifican con una palabra única binaria llamada código de chip. Cada estación tiene un código de chip único. Para recibir la transmisión de una estación terrena en particular, una estación receptora tiene que saber el código de chip para esa estación.

Los sistemas CDMA se concibieron inicialmente para fines militares, pero actualmente también se utilizan para aplicaciones comerciales. Algunas de sus características son que: el sistema puede incorporar fácilmente nuevos usuarios, ya que no se requiere de control de asignación de canales; solo pueden utilizarse velocidades binarias de información relativamente reducidas; proporciona automáticamente cierta protección del secreto de las comunicaciones, gracias a la codificación utilizada, entre otras.

El principal inconveniente de los sistemas CDMA es su reducida eficiencia en la utilización del espectro, en comparación con TDMA y FDMA. Esto explica que su uso no se haya difundido en las comunicaciones por satélite civiles. Ya se han introducido algunos servicios en CDMA con empleo de portadoras de muy baja velocidad binaria (por ejemplo 9,6 Kbps) y estaciones receptoras sencillas y de bajo costo (con diámetros de antena inferiores a un metro). Un ejemplo de utilización de CDMA es el servicio INTELNET de INTELSAT. [1]

Los datos de entrada (que pueden ser señales de banda de voz codificadas en PCM o datos digitales en crudo) se multiplican por un código de chip único. En el receptor se adquiere el código de chip y se utiliza para sincronizar el generador de códigos de la estación receptora. No se debe olvidar que la estación receptora conoce el código de

chip pero tiene que generar un código de chip, que sea síncrono en tiempo con el código de recepción. La función del correlacionador es comparar las dos señales y recuperar los datos originales. Esencialmente, el correlacionador resta la portadora recuperada + código de chip, de la portadora recibida + código de chip + datos. El resultado son los datos.

Como el nombre lo implica, el correlacionador busca una correlación (similitud), entre la señal codificada que entra y el código de chip recuperado. Cuando ocurre una correlación, el circuito de decisión de bit genera la condición lógica correspondiente.

Con CDMA, todas las estaciones terrenas dentro del sistema pueden transmitir a la misma frecuencia al mismo tiempo. En consecuencia, un receptor de estación terrena puede estar recibiendo señales simultáneamente, desde más de un transmisor. Cuando éste sea el caso, la función del correlacionador se vuelve considerablemente más difícil. El correlacionador tiene que comparar el código de chip recuperado, con todo el espectro recibido, y separar de él solamente el código de chip proveniente del transmisor de la estación terrena deseada. En consecuencia, el código de chip de una estación terrena no debe estar correlacionado con los códigos de chips de cualquiera de las otras estaciones terrenas.

Para aquellos sistemas que no tienen transmisiones que son síncronas en tiempo, se tienen que desarrollar códigos donde no haya correlación entre el código de una estación y cualquier fase del código de otra estación. Para más de dos estaciones terrenas participantes, esto es imposible hacer. Se ha desarrollado un conjunto de códigos llamados Códigos de Oro. Con el código de Oro, hay una correlación mínima entre los códigos de diferentes chips. Para un número razonable de usuarios, es imposible lograr códigos ortogonales perfectos. Se puede diseñar solamente para una correlación cruzada mínima entre chips.

Una de las ventajas de CDMA es que todo el ancho de banda de un canal o sistema satelital puede utilizarse para cada transmisión de toda estación terrena. Debido a la ineficiencia de la codificación que resulta al transmitir bits por *chips*, la ventaja de más

ancho de banda se descompensa parcialmente y ya no es tanto una ventaja. Además, si la transmisión de *chips*, desde las distintas estaciones terrenas, tiene que estar sincronizada, se requiere de tiempos exactos para que el sistema funcione. Por lo tanto, la desventaja de requerir la sincronización de tiempos en los sistemas de TDMA, también está presente con CDMA. La ventaja más importante de CDMA es su inmunidad a la interferencia (atascamiento), que hace que CDMA sea ideal para las aplicaciones militares.

- **SALTO DE FRECUENCIA**

En este sistema cada estación emite una secuencia de impulsos a frecuencias diferentes que abarcan un gran ancho de banda, utilizando un proceso pseudo aleatorio que es específico en cada estación transmisora. Un código digital es utilizado para cambiar continuamente la frecuencia de la portadora. Con el salto de frecuencia, el ancho de banda total disponible, se divide en bandas de frecuencia más pequeñas y el total de tiempo de transmisión se subdivide en ranuras de tiempo más pequeñas. La idea es transmitir dentro de una banda de frecuencia limitada, durante un período corto de tiempo, luego cambiarse a otra banda de frecuencia, y continuar así. Este proceso continúa indefinidamente. El receptor correspondiente debe efectuar los mismos saltos de frecuencia que el transmisor a fin de captar la información deseada.

El patrón para el salto de frecuencia se determina por un código binario. Cada estación utiliza una secuencia de código diferente. Un patrón típico para el salto (matriz de frecuencia - tiempo) se muestra en la figura 2-13. Con el salto de frecuencia, a cada estación terrena dentro de una red CDMA se le asigna un patrón distinto para el salto de frecuencia. Cada transmisor se cambia (salta) de una banda de frecuencia a la siguiente, de acuerdo con el patrón asignado. Con el salto de frecuencia, cada estación utiliza todo el espectro de RF, pero nunca ocupa más de una pequeña porción de ese espectro en un momento determinado. El número de estaciones, en un sistema para el salto de frecuencias determinado, se limita por el número de patrones únicos que pueden generarse para el salto. La selección del código es crucial para proporcionar un grado suficiente de protección contra la interferencia entre dos usuarios.

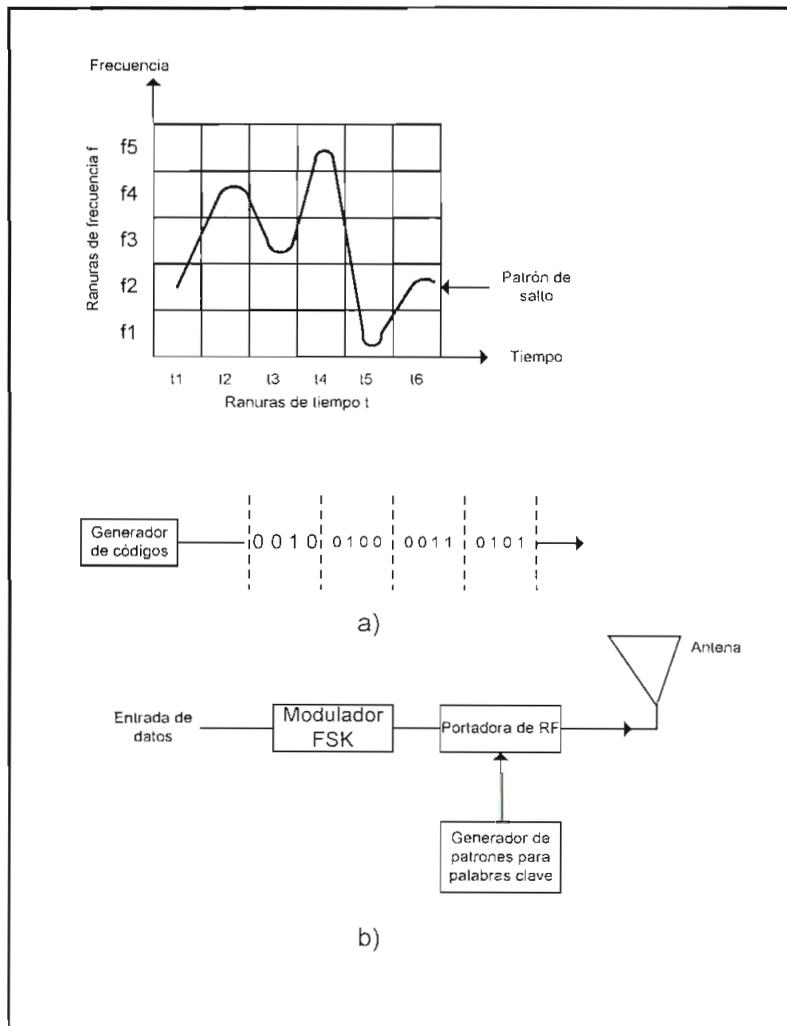


Figura 2-13. Salto de frecuencia; a) matriz de salto de frecuencia;
b) transmisor de salto de frecuencia [7]

En general, el empleo de CDMA puede considerarse una opción interesante siempre que la eficiencia en el uso del espectro no constituya un parámetro importante del diseño del sistema.

2.3 APLICACIONES DE REDES SATELITALES CON ACCESO MULTIPLE

El diseño de redes de comunicaciones satelitales puede tener dos enfoques distintos, redes destinadas a servicios de datos y redes de voz. En los Estados Unidos y Europa, la mayoría de redes de comunicaciones por satélite, son dedicadas a la transmisión de

datos. En otras partes del mundo, sin embargo, la principal necesidad es la de circuitos de voz, y la mayoría de redes satelitales son para este servicio. En las redes para aplicaciones de voz, la implementación de la red debe dar cabida a un gran número de circuitos de voz, y todos los nodos de la red deben ser capaces de conectarse, con un salto satelital único, basado en una malla completa. En los Estados Unidos, la mayoría de las redes de comunicación satelital son dedicadas a datos y tienen topología en estrella, en la cual, los datos se transfieren entre un nodo central (*HUB*), y un gran número de estaciones remotas. En general, las transferencias de datos se realizan desde y hacia cualquier punto a una velocidad muy baja, en el orden de los 300 baudios o menor, y la capacidad total de la red, entrante o saliente del *HUB*, es usualmente baja. Esta es la tecnología VSAT clásica, con Multiplexación por división de tiempo (TDM) y Acceso Múltiple por división de tiempo (TDMA).

Este tipo de red tiene muchas aplicaciones, tal como la conexión de un ATM (*Automatic Teller Machine*) de un banco a la base de datos central del banco, o la conexión de terminales puntos de venta a una base de datos central, para verificación de crédito, control de inventario, etc. En esta arquitectura tipo VSAT, el *HUB* central hace *broadcast* de una portadora (usualmente 256 o 512 kbits/seg) que es recibida por todas las remotas, en donde cada remota extrae los datos de los paquetes direccionados a ella en la arquitectura de multiplexación por división de tiempo. En la dirección de entrada, los sitios remotos compiten por capacidad, en el canal TDMA (usualmente 64 o 128 kbits/seg).

Únicamente un número mínimo de circuitos de voz y como mucho un canal de video de baja velocidad podrían utilizarse en la arquitectura VSAT. Dado que la capacidad de red VSAT típica es menos de 256 kilobits/seg en salida, y menos de 128 kilobits/seg en entrada, y asumiendo que la mitad de la capacidad de salida se utiliza para transmisiones de datos, esto deja como máximo 128 kbits/seg para tráfico de voz y video. Por lo tanto, una red VSAT puede, como máximo, soportar un canal de video conferencia dúplex de 56 kbits/seg o seis canales dúplex utilizando compresión de voz a 9.6 kbit/s y dejando solo 10 por ciento para *overhead* del canal. Con la arquitectura VSAT, los canales de voz se digitalizan, comprimen y paquetizan de tal manera que

pueden ser tratados como datos. Así, una red VSAT podría ser considerada para servicios de voz y video si menos de seis canales dúplex de voz y un canal de video dúplex de baja calidad son adecuados para satisfacer la demanda de la red. Existe, por supuesto, un número de problemas que deberían resolverse en cada estación VSAT para poder disponer de estos servicios adicionales de voz y video. Estos incluyen:

- Interfaces de señalización
- Capacidad de *bypass* de fax
- Interfaces de video
- Cancelación de eco
- Compresión de voz

Cuando se incluyen estas capacidades, el costo del terminal remoto se incrementa substancialmente, naciendo la duda de si el uso de terminales VSAT para servicios de voz y video se justifica económicamente. Además, la calidad del tráfico de voz se reduce en conexiones de remota a remota debido a los requerimientos de un doble salto satelital y el mayor retardo de transmisión.

2.3.1 REDES DAMA SCPC PARA APLICACIONES DE VOZ

Si la red requiere un número de canales de voz conectados en una base de malla completa (conexiones con simple salto satelital) entre los nodos, se debería considerar un sistema de Acceso Múltiple con Asignación por Demanda (DAMA) con Canal único por portadora (SCPC). Una red DAMA SCPC trabaja sobre la base de que el segmento espacial se asigna para un número dado de canales de voz dúplex. A cada canal de voz se asigna una frecuencia central dentro del segmento espacial dedicado para la red. La asignación de ancho de banda de canal se determina por el tipo de modulación, la tasa de corrección de errores (FEC), el monto de compresión de voz y el espaciamiento de canal requerido utilizado por el implementador de la red. La tecnología actual para redes SCPC DAMA utiliza modulación *QPSK*, tasa de FEC 1/2, compresión de voz ADPCM y espaciamiento de canal 1.4. Por lo tanto, un canal de voz simplex requiere 45 KHz de

espectro satelital. La figura 2-14 ilustra una red de comunicaciones DAMA SCPC típica.

La red DAMA SCPC opera bajo el siguiente principio: Cuando un teléfono en un nodo es descolgado, el terminal de satélite se prepara para recibir la información de señalización. El terminal de satélite en el nodo en cuestión debe ser compatible con el tipo de señalización utilizada por el sistema telefónico al cual está conectado. Una vez que el terminal de satélite ha recibido la información de señalización, procede a establecer la llamada.

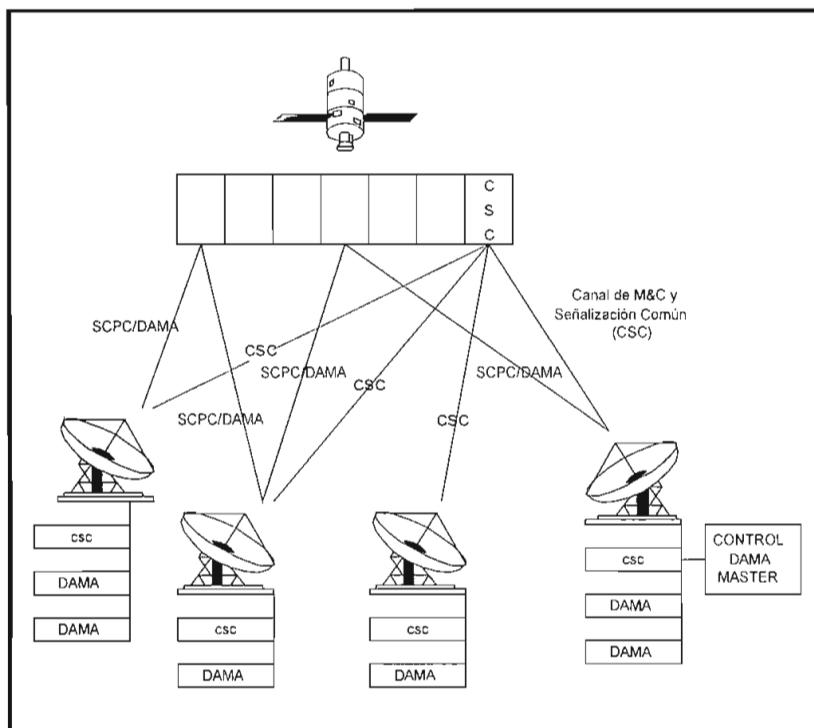


Figura 2-14. Red de comunicaciones por satélite usando SCPC DAMA

Primero, el terminal compite por espacio en el canal de señalización, que es un canal reservado para pedidos de llamada, y que es monitoreado continuamente por la estación *master*, y consecuentemente por el controlador de la red DAMA. Una vez que el canal de señalización está disponible, la estación origen de la llamada envía el requerimiento de llamada y la información de señalización al controlador de red. El controlador de la

red asigna un par de canales del *pool* DAMA disponible y entonces comunica las frecuencias asignadas a las estaciones origen y destino de la llamada, junto con la información de señalización.

El canal de salida desde el *HUB* es un canal continuo con paquetes direccionados a las varias estaciones con que la estación *HUB* necesita comunicarse. Una vez que la estación destino ha recibido la asignación de frecuencias de transmisión y recepción, sintoniza sus módems a esas frecuencias y completa la conexión al teléfono destino; utilizando la información de señalización recibida de la estación, le señala a la estación origen que está lista para completar la llamada.

Cuando la llamada se completa, las estaciones cuelgan y señalan al controlador de red que la llamada ha terminado. El controlador de la red corta la llamada y devuelve los canales al *pool* DAMA disponible.

Las limitaciones del acceso DAMA SCPC son las siguientes:

- El número de canales disponibles en cualquier momento en una estación está determinado por el número de módems disponibles en la estación.
- Es difícil utilizar un alto grado de compresión de voz (16 o 9.6 kbit/s junto con la modulación QPSK) porque la separación de canal es demasiado pequeña (22.5 kHz para 16 kbit/s y 13.5 kHz para 9.6 kbit/s) que el desplazamiento *Doppler* y las estabilidades de frecuencia del satélite y de la estación terrena causan interferencias de canal adyacente a menos que se utilicen sistemas piloto complejos.
- Con redes de voz SCPC DAMA, no se pueden lograr circuitos de datos de alta velocidad y video conferencias de alta calidad.

Por lo tanto, redes DAMA SCPC es la tecnología a escogerse cuando se requiere un promedio de uno o dos canales telefónicos en los nodos remotos, y no se necesita video conferencia ni circuitos de datos de alta velocidad.

2.3.2 TDMA PARA REDES DE VOZ

Para redes de voz, el acceso TDMA multi-portadora provee el sistema de más bajo costo y el más flexible. Por claridad, se discutirá una red de portadora TDMA única. En una red TDMA, todas las estaciones transmiten en la misma frecuencia, pero el espectro de transmisión se divide entre las estaciones en la red en base al tiempo. En una arquitectura TDMA cada estación transmite en la misma frecuencia de portadora por un corto período con los *bursts* de datos temporizados de tal forma que llegan secuencialmente al satélite.

La unidad básica en una red TDMA es una trama. Esta trama luego se divide entre los usuarios potenciales asignando a cada usuario una fracción del tiempo de trama. La parte complicada de la tecnología es que la transmisión de *bursts* desde las varias estaciones en la red, necesitan llegar al satélite en exactamente la secuencia correcta y en el tiempo adecuado, de tal forma que se necesita únicamente una mínima banda de guarda para prevenir colisiones. El satélite entonces retransmite la portadora de subida en un enlace de bajada, que es recibido por todas las estaciones en la red. Cada estación luego, extrae los *bursts* de tráfico destinados para ella.

En la arquitectura TDMA de simple portadora, cada estación tiene capacidad de acceso completo a la red. La capacidad de la red se asigna entre las estaciones en base a un plan de *burst* de tiempo construido en el Centro de Control de la Red (*Network Control Center*) y enviado a las estaciones participantes. La distribución del tráfico puede cambiarse en cualquier momento, cambiando el plan de *bursts* de tiempo. La asignación de la capacidad de tráfico de la red cambiará de momento a momento durante el día. El tráfico hacia y desde cualquier estación puede dividirse entre circuitos de voz, datos y video conferencia en una base arbitraria.

2.3.3 TDMA MULTIPORTADORA PARA CIRCUITOS DE VOZ

En general, la tecnología TDMA es muy versátil para la reasignación de la capacidad de red y para acondicionarse a una amplia variedad de servicios. El problema con la

primera generación de arquitectura TDMA fue que ésta no se acondicionaba al crecimiento de tráfico del sistema. Todos los terminales deben transmitir y recibir en la capacidad completa de la red, por lo tanto, las estaciones terrenas deben diseñarse para cumplir ese objetivo. Si la capacidad de la red debe ser luego duplicada, entonces la tasa de transmisiones de portadora TDMA debe ser duplicada, y, por lo tanto para los mismos márgenes de enlace, la ganancia y *PIRE* de la antena de la estación terrena deberán duplicarse. Esto significa que el sistema requiere grandes antenas y *HPA's* que hacen un sistema costoso. En general, con la primera generación, la arquitectura de única portadora TDMA, las redes se diseñaron para el *throughput* anticipado más grande, requiriendo una inversión financiera alta aún cuando el tráfico de la red eran relativamente pequeño.

Aparece entonces un sistema TDMA multi-portadora donde el tráfico de red se divide entre múltiples portadoras TDMA, siendo la capacidad de tráfico de cada portadora, determinada por el tamaño y capacidad de *PIRE* de los nodos remotos. La tecnología *MC-TDMA* alcanza tasas de transmisión de 2.144, 4.224, 8.448 y 16.896 Mbit/s

Para la mayoría de las redes reales, se ha encontrado que una portadora con tasas de transmisión de 2.144 Mbit/s se puede alcanzar con antenas relativamente pequeñas (menos que 4.5 metros de diámetro) y *HPA's* de estado sólido de 20 Watts o menos, cuando se utilizan los satélites en banda C existentes. Según como la capacidad de la red crece más allá de los 2.114 Mbit/s, se añaden portadoras TDMA adicionales de 2.144 Mbit/s. Los *modems* TDMA deberán tener entonces la capacidad de salto de frecuencia entre varias portadoras. Esto significa que la capacidad de la red puede incrementarse sin incurrir en ningún costo adicional hasta que el tráfico total de agregado de salida de un terminal se incremente a los 2.114 Mbit/s. Esto es posible porque el plan de *burst* de tiempo puede construirse tal que cada terminal está operando en solo una de las portadoras en un determinado tiempo. La capacidad de salto de frecuencia provee una gran medida de crecimiento de la red sin un costo importante, mientras al mismo tiempo se minimizan los costos iniciales de implementación. Si este tipo de red era realmente completamente en malla con tráfico distribuido uniformemente a lo largo de la red, entonces esta solución resolvería todos los problemas.

Desgraciadamente, la mayoría de las redes reales son una combinación de topologías malla-estrella donde un gran porcentaje de tráfico de la red entra y sale de un nodo, usualmente la ciudad capital o la principal de una corporación. En redes reales, aproximadamente el 75 por ciento del tráfico puede entrar y salir de tal nodo central. Con este patrón de tráfico, el nodo central debe manejar el 75 por ciento del tráfico total de la red. Por ejemplo, si se imagina una red que necesita 8 portadoras de 2.114 Mbit/s para manejar la capacidad de tráfico de red de 16.896 Mbit/s. Si el 75 por ciento de este tráfico va al sitio central, entonces el sitio central debe ser capaz de manejar un tráfico igual a 12.672 Mbit/s en al menos seis portadoras de 2.144 Mbit/s.

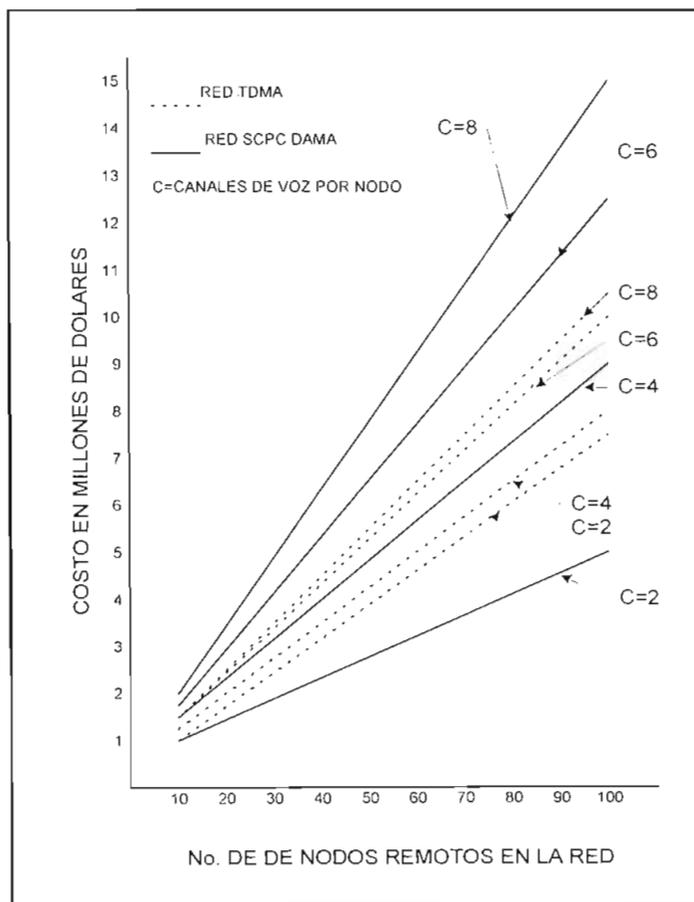


Figura 2-15. Costo de equipamiento de la red, excluyendo instalación y servicios [4]

Esto significa que el nodo central debe transmitir y recibir por lo menos seis portadoras a la vez. Pero se han desarrollado sistemas que proveen TDMA multi-portadora flexible. Otras posibilidades sería el tener que instalar seis terminales TDMA separados y luego

interconectarlos terrestrenmente para incrementar el tráfico. Sin este soporte de módem múltiple, el sistema TDMA multi-portadora no trabajaría bien en redes de voz prácticas.

En resumen, para redes dedicadas a voz, la tecnología TDMA multi-portadora, ofrece la máxima flexibilidad de red, la capacidad de soportar servicios de voz, video y datos y una fácil y menos costosa forma de crecer en la capacidad de la red. Ultimamente, sin embargo, el costo de la red a menudo determina qué tecnología se selecciona para su implementación. La figura 2-15 muestra una curva ilustrando el costo de implementación y operación por canal para redes SCPC y MC-TDMA. Como se puede ver, MC-TDMA es la tecnología menos costosa cuando el número promedio de canales de voz en un nodo es mayor que cuatro.

Entonces, la tecnología TDMA multi-portadora provee la mejor forma de estructurar redes para servicio de voz basados en comunicación por satélite brindando servicios multimedia de alta calidad para organizaciones gubernamentales y grandes empresas que necesitan comunicaciones confiables y de gran calidad.

En particular, las compañías que hacen negocios con los países desarrollados requieren servicios de comunicaciones de gran calidad. Las redes de comunicaciones satelitales ofrecen la mejor solución para una rápida implementación de capacidades de comunicación que evitan totalmente las utilización redes terrestres inadecuadas.

2.4 TECNICAS ADICIONALES EN REDES SATELITALES

- En redes satelitales, las técnicas de corrección hacia adelante (FEC) intercambian potencia por ancho de banda. Las redes seleccionan una tasa de código FEC (por ejemplo 1/2, 3/4, 7/8, etc.) para balancear el consumo de potencia y ancho de banda, dependiendo del *budget*³ del enlace y del par terminal (fuente: destino).

³ *Link budget*.- Determinación de los requerimientos de ancho de banda y potencia que se necesita para la operación de un enlace satelital. Generalmente se realiza utilizando una planilla entregada por el proveedor del servicio satelital (Intelsat, Panamsat, etc.).

- La activación por voz es una técnica que puede disminuir el monto de potencia disponible de *downlink* aparente de un *transponder*. Este, saca ventaja de un aspecto bien conocido de los circuitos de voz telefónicos, que indica que rara vez ambas partes hablan al mismo tiempo. Una red satelital puede sacar ventaja de esto, si los terminales "suprimen" el PIRE de *uplink* asociado con una portadora de voz cuando no hay actividad de transmisión de voz en esa portadora. Esto requiere una coordinación muy cuidadosa entre el *vocoder*, que puede decidir la presencia / ausencia de conversación, y el *modem*, que invoca la presencia de portadora. Resultados de sistemas telefónicos *Time Assigned Speech Interpolation (TASI)* ó *Digital Speech Interpolation (DSI)* [6] muestran que en promedio, cada extremo de una conversación de voz está activo del 50 por ciento del tiempo. Si una red grande usa activación por voz, entonces el controlador DAMA podría asignar casi el doble de la potencia de *downlink* que si no existiera la activación por voz. (Esto excluye a los circuitos usados para fax o *modems* de datos).
- Adicionar la activación por voz, reduce la potencia promedio usada por cada circuito de tráfico a un 50 por ciento. Utilizar un relativamente bajo *code rate* ($R=1/2$), es una buena forma de mejorar la capacidad. Incrementa el número de circuitos full dúplex activos.
- El ITU, definió un *vocoder* a 8 kbps, entregando calidad de voz equivalente al estándar de 16 kbps G.728. Las futuras redes DAMA, pueden incorporar esta tasa de compresión de voz y además mejorar la capacidad de tráfico. Adicionando G.729 a la tecnología DAMA, se incrementa el número de circuitos de voz simultáneos.
- El escoger un protocolo estándar apropiado para la transmisión en una red DAMA, permitirá obtener al máximo los beneficios de la asignación dinámica de recursos. Es necesario utilizar un protocolo que permita un alto *throughput*, integración de datos y voz así como también una asignación ancho de banda por demanda. Un ejemplo es la utilización de Frame Relay.

CAPITULO 3



3. LA TECNOLOGIA ABCS DE NORTEL DASA

3.1 INTRODUCCION

La empresa NORTEL DASA desarrolló ABCS (*Advanced Business Communication via Satellite*), la cual es una tecnología para comunicaciones por satélite. que permite una topología de malla completa, con un sistema TDMA con asignación de ancho de banda por demanda (TDMA - DAMA), utilizando el protocolo *Frame Relay* y permitiendo conectividad de Redes de Area Local (*LAN's*) para integrar todo en una red de datos y voz. ABCS provee al usuario una gran capacidad de transmisión (hasta 2 Mbps) sobre una extensa área de cobertura, para aplicaciones que exigen alto ancho de banda como datos, fax y aplicaciones multimedia [5].

Aunque este tipo de aplicaciones, podría ser llevado por redes terrestres. existe una clara ventaja de la red satelital cuando:

- La organización que implementará la red se encuentra dispersa (sobre un país, continente, etc.).
- La infraestructura terrestre no está aún disponible en los puntos que se quiere conectar.
- Los costos de una línea dedicada resultan más caros.
- Las líneas terrestres no son confiables.
- Las líneas dedicadas no son lo suficientemente adaptables a las variaciones de la demanda de ancho de banda.

En la figura 3-1 se muestra una red corporativa satelital típica, integrando los servicios de LAN, telefonía y varios protocolos.

El sistema opera con una portadora TDMA -esto permite optimizar la utilización de ancho de banda respecto al número de estaciones interconectadas-, la misma que es

accedida, en *slots* de tiempo, por cada estación, permitiendo definir una red de 2 a 100 estaciones con estructura de malla. El plan de asignación es controlado por una de las estaciones, la cual se define como *master*.

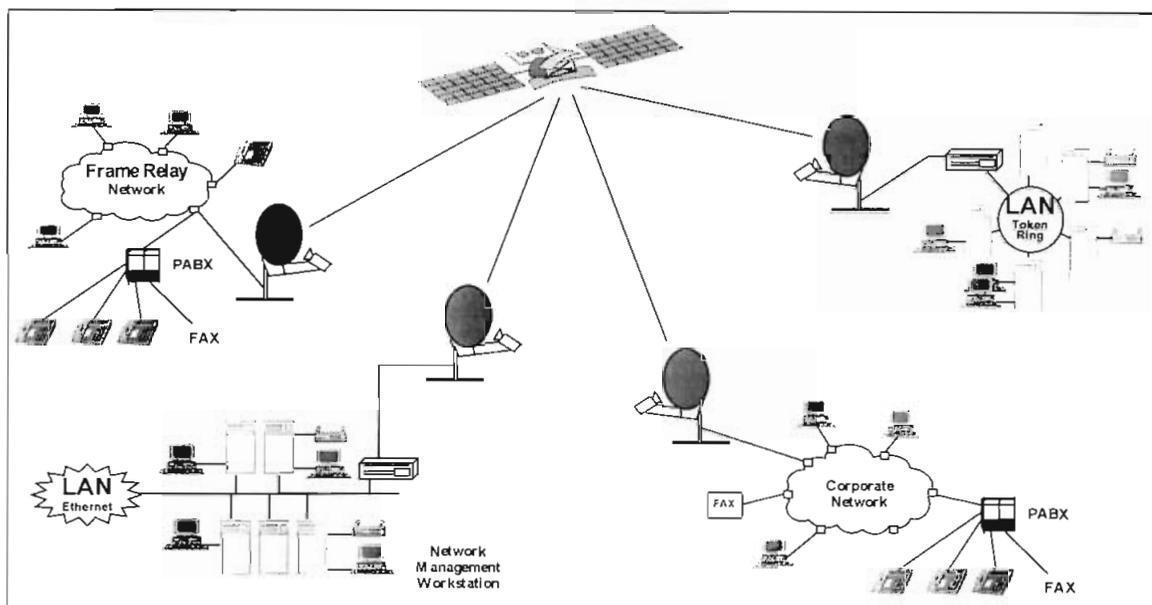


Figura 3-1. Ejemplo de red corporativa satelital [1]

ABCS puede soportar aplicaciones que requieren gran ancho de banda en una forma flexible y dinámica tal como:

- Datos (punto a punto, punto a multipunto y *broadcast*).
- Aplicaciones de voz y fax.
- Video y multimedia.
- ABCS sirve para aplicaciones con demandas de anchos de banda que varían dinámicamente y lo hace en una forma económicamente efectiva.

Las aplicaciones que pueden ser soportadas por ABCS son:

- Interconexión de LANs.
- Enlace entre centros de cómputo.

- Interconexión de PBX's y servicio de teléfono/fax.
- Transferencia de archivos de alta velocidad.
- Acoplamiento de nodos de red X.25.
- Acceso a Internet.
- Conexiones de *e-mail*.
- Video-conferencia.
- Comunicación multimedia.
- Acceso a bases de datos.

Con ABCS, una portadora común con una cierta velocidad de datos de agregado puede transmitir toda clase de información: datos digitales, voz, fax, video y multimedia. Dependiendo de las aplicaciones específicas, se tendrán diferentes velocidades de agregado (512, 1024, 2048 kbps).

Sus principales características son:

- Toda la red constituye una *Switching network* (Red de conmutación).
- Permite crear topologías de red en malla, estrella, o combinación de ellas.
- Canal de gran capacidad con distintas velocidades de agregado.
- Asignación de capacidad según la demanda.
- Conexión directa de LAN's (*LAN bridge* incorporado)
- Interfaces *Frame Relay* (*Switch Frame Relay* incorporado).
- Administración de red *SNMP*.

ABCS brinda al usuario los siguientes beneficios y características (comparado con tecnologías alternativas):

Conectividad completamente en malla.- Como se ha visto antes, en una red con topología malla, cada estación puede comunicarse directamente con otra cualquiera. ABCS provee características de una red completamente en malla y no necesita una

estación ó *HUB* central. Esto implica menores retardos y mejores tiempos de respuesta ya que necesita un solo salto satelital para comunicarse de una remota a otra. Se pueden crear redes más pequeñas a costos más bajos comparados con los sistemas VSAT tradicionales con *HUB* Central. Adicionalmente, se puede economizar capacidad satelital y no se necesitan desvíos injustificados (paso por un punto de concentración) de la comunicación. Finalmente la confiabilidad de la red, se incrementa al no existir un "único punto de falla" en el sistema, que en el caso de redes en estrella es el *HUB*.

Capacidad de red escalable.- La capacidad de agregado de red se puede incrementar dependiendo del crecimiento de número de estaciones y del volumen de datos de cada punto de la red. Todos los parámetros son configurables por software, y según la necesidad, pueden ser variados de manera sencilla.

Ancho de banda bajo demanda.- La arquitectura TDMA de ABCS automáticamente asigna un ancho de banda de acuerdo a las necesidades en cada punto. El usuario puede quitar o adicionar *hosts* y *PBX's* sin tener que re-diseñar o re-dimensionar la red. Los servidores pueden ser centralizados ó *distribuidos*. Los procesadores del usuario pueden estar localizados en cualquier lugar. El ancho de banda "sigue" los nuevos patrones de tráfico automáticamente.

Economía gracias a la utilización de multiplexaje estadístico.- Debido a que múltiples aplicaciones comparten el mismo ancho de banda, se pueden tener una interesante economía debido al *multiplexaje* estadístico. El usuario paga por menos ancho de banda total que con las redes dedicadas tradicionales.

Modularidad y arquitectura de sistema abierto.- ABCS soporta una arquitectura de sistema modular y abierto. El usuario puede incrementar el número de interfaces que necesite en la "unidad interior". Se dispone de interfaces estándar como *Ethernet*, *Frame Relay*, voz/fax (2 & 4 hilos), así como de conexiones seriales sincrónicas y asincrónicas.

Interfaz Ethernet.- La red ABCS interconecta todas las LAN's entre sí, como si ellas fueran conectadas con un par *bridge* remoto transparente. No se necesitan *bridges* o *routers* adicionales.

Interfaz Frame Relay.- Mediante el *interfaz Frame Relay* y el *switch Frame Relay* incorporado, ABCS puede interconectar una gran variedad de aplicaciones diferentes (ej. teléfono/fax/datos) con las típicas ventajas de *Frame Relay* como son un alto *throughput*, utilización flexible del ancho de banda y alta velocidad de información. Estas características de *Frame Relay* encajan perfectamente junto con la utilización de los satélites y el método de acceso al ancho de banda utilizado, que hace que ABCS sobresalga entre otros sistemas satelitales.

Administración y control de la red.- La administración de la red ABCS se basa en el *Simple Network Management Protocol (SNMP)* que permite una integración total dentro de un ambiente de administración *SNMP* y representa un cuasi-estándar en la administración de redes. Así, tanto la red satelital como el resto de la infraestructura de la red corporativa, pueden ser controlados centralizadamente. ABCS usa un MIB privado (*Management Information Base*) para la administración de redes.

El Sistema de Administración de Red (*Network Management System*) podría ser instalado en cualquiera de las estaciones ABCS o en una LAN con acceso a una estación ABCS. Plataformas para la administración de red podrían ser *HP Openview*, *SUN Net Manager DEC Polycr* o *IBM Netview*. [4]

Beneficios generales de la comunicación satelital.- Además, ABCS ofrece las típicas ventajas de una red de comunicación satelital, tales como:

- Gran área de cobertura.
- Implementación rápida de un nuevo punto remoto.
- Red independiente de infraestructura terrestre.
- Alto grado de confiabilidad.

- Costo de canales independiente de la distancia.
- Flexibilidad.

En general, se pueden definir tres tipos de servicio: *Realtime call* (llamada en tiempo real), *Realtime data* (Datos en tiempo real) o *NonRealtime* (comunicación de tiempo no real).

Realtime-call.- Se asigna un *stream* al iniciar una llamada. Este método es utilizado para definir canales de voz. El ancho de banda reservado solo es utilizado por las estaciones que han establecido la llamada.

Realtime-data.- Permite asignar un *stream* fijo a un determinado puerto de la estación, el ancho de banda se define por el CIR de dicho puerto.

NonRealtime.- La asignación se realiza de forma dinámica según los requerimientos de ancho de banda de cada una de las estaciones.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Una red ABCS permite un diseño flexible de la red, brindando comunicación directa (voz y datos) entre todos los puntos. Este nuevo tipo de sistemas de comunicación satelital usa estándares *state-of-the-art* para protocolos de acceso al usuario y administración de red, combinada con un único diseño técnico y esquema de acceso al canal satelital.

3.2.1 CONFIGURACIONES DE RED ABCS

La conectividad entre nodos ABCS para formar una topología de red puede ser definida en una forma muy flexible con el objeto de cumplir con todos los requerimientos del usuario y adaptarla a infraestructuras ya existentes. En general, cada estación ABCS es capaz de comunicarse directamente con otra, formando redes completamente en malla.

Además, se pueden lograr topologías tipo jerárquica, punto a punto o redes en estrella. En general, se puede adaptar a la necesidad específica de cada organización.

En ciertos casos, especialmente para empresas que brindan servicios de telecomunicaciones, es necesario el formar subredes. Esto es perfectamente soportado por la tecnología ABCS, para lo cual se definen grupos, formados por estaciones o puertos que serán capaces de intercomunicarse; cada estación puede entonces recibir datos o llamadas de voz desde todos los miembros de su mismo grupo.

Se pueden construir, tanto subredes completamente independientes, así como redes con miembros comunes a múltiples grupos. La definición de grupos se realiza desde el administrador de red y no puede ser modificada por los usuarios de cualquiera de las estaciones remotas.

Circuitos Virtuales.- Para puertos *Frame Relay* (FR), se deben definir además enlaces lógicos a otros puertos FR, entre los cuales se conmutan internamente los mensajes. En esta forma, el operador configura la red y tiene la posibilidad, en cualquier momento, de hacer una modificación o re-configuración de los enlaces. Las conexiones lógicas son internamente “mapeadas” mediante *Circuitos Virtuales Permanentes (PVC's)* entre puertos. Un puerto FR puede soportar hasta 128 *PVC's*¹. Así las conexiones se adaptan a las necesidades de comunicación. Además de esto, los circuitos pueden ajustarse a la cantidad de tráfico que será soportado, especificando los parámetros *Frame Relay* tales como *Committed Information Rate (CIR)* y el *Excess Information Rate (EIR)*; y, los del protocolo *SPOTNET*, para tener un *throughput* garantizado.

3.2.2 LA ESTACION ABCS

La estación ABCS, como un nodo de red, consiste de una unidad exterior y una unidad interior compacta, que se muestran en las figuras 3-2a y 3-2b respectivamente.

¹ Nortel Dasa, ABCS, *System description. Issue 2.01*, 1997

3.2.2.1 UNIDAD EXTERIOR

La unidad exterior es una estación terrena compacta con una antena parabólica, amplificador de bajo ruido (*Low Noise Amplifier LNA*), un amplificador de alta potencia (*High Power Amplifier HPA*) y un convertidor de frecuencia, los que cuentan con la debida protección contra el agua lluvia. Las unidades exteriores pueden ser tanto para banda Ku como para Banda C.

Debido a que el interfaz entre las unidades interior y exterior se implementan en el rango IF, se pueden utilizar estaciones terrenas y equipos RF estándar para la implementación de ABCS. Así, se tienen soluciones para cada banda de frecuencia satelital. Típicamente, para operación en Banda Ku, se utilizan estaciones terrenas pequeñas, cubriendo los siguientes rangos de frecuencia:

| | | | |
|--------------|-----------|---|-----------|
| Transmisión: | 14.00 GHz | - | 14.5 GHz |
| Recepción: | 12.25 GHz | - | 12.75 GHz |

Para Banda C, los rangos son:

| | | | |
|--------------|-----------|---|-----------|
| Transmisión: | 5.85 GHz | – | 6.425 GHz |
| Recepción: | 3.625 GHz | – | 4.2 Ghz |

Generalmente se utilizan antenas con un diámetro de 1.8, 2.4 y 3.8 m. y amplificadores de alta potencia (HPA) de 4 W, 8 W, 16 W, 20 W ó 30 W. La configuración óptima de antena y amplificador se calcula para cualquier aplicación, basada en:

- La velocidad de transmisión de datos requerida.
- La banda de frecuencias en la que se trabaje.
- La densidad de flujo de potencia del satélite seleccionado y los lugares donde se van a instalar los nodos de la red.

La temperatura de ruido del amplificador de bajo ruido está bajo los 160°K. Como resultado, la estación terrena ofrece, según datos proporcionados por el fabricante, los siguientes valores característicos:

| DIAMETRO DE ANTENA | PIRE HPA 4 W | PIRE HPA 8W | PIRE HPA 16W |
|--------------------|--------------|-------------|--------------|
| 1.8 m | 51.8 dBW | 54.8 dBW | 57.8 dBW |
| 2.4 m | 54.5 dBW | 57.5 dBW | 60.5 dBW |

Tabla 3-1. Especificaciones para antenas de 1.8 y 2.4 metros de diámetro provistas por el fabricante Nortel Dasa [3]

Si se requiere, se pueden definir otras configuraciones (antenas más grandes ó pequeñas ó amplificadores de mayor potencia).

3.2.2.2 UNIDAD INTERIOR

La unidad interior está diseñada en base a un chasis de computadora industrial, conteniendo una tarjeta procesadora de PC, disco duro y los módulos específicos para ABCS.

Los módulos de la unidad interior son las tarjetas moduladora y demoduladora, la computadora dedicada para Nodo de Red Satelital (*Satellite Network Node Computer SNEC*), el interfaz para el control y monitoreo de la Unidad Exterior, el interfaz para acceso dial remoto (la unidad posee un *modem* telefónico incorporado y el software adecuado, lo que permitirá conectarse remotamente y reinicializar la estación en caso de que esté fuera de servicio y no logre reestablecerse por sí sola ó si se requiere, modificar uno de los parámetros de sus archivos de configuración), y varios interfaces LAN y seriales de usuario según la necesidad.

Así, su hardware es modular y fácilmente configurable mediante la adición de tarjetas de expansión.



Figura 3-2-a. Unidad exterior de una estación ABCS [1]

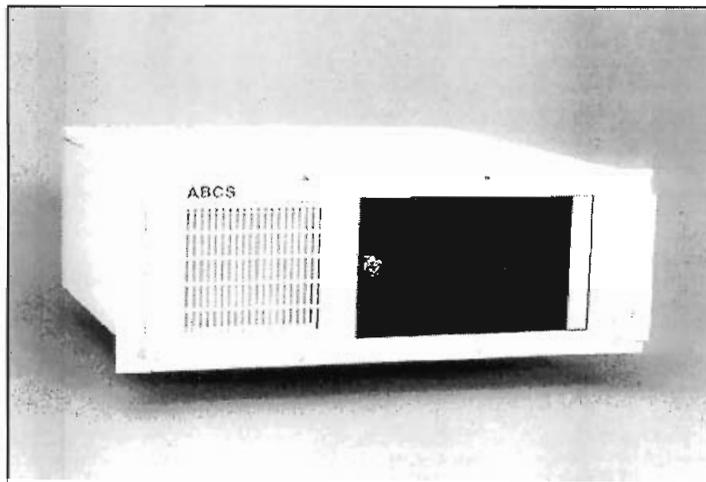


Figura 3-2-b. Unidad interior de una estación ABCS [1]

- **CONEXION DE LAS UNIDADES EXTERIOR E INTERIOR.-** En la frecuencia intermedia, las señales de transmisión y recepción se transmiten vía cable coaxial entre la unidad interior y la exterior. En frecuencia intermedia, se pueden cubrir

distancias de hasta 500 m entre la unidad interior y una ubicación adecuada para la antena.

En la figura 3-3 se puede observar la distribución física de interfaces y puertos en la unidad interior ABCS, los cuales se describen a continuación:

- En el lado derecho, se ubican los conectores para los cables de transmisión y recepción a 70 MHz que van hacia la unidad exterior.
- El puerto *Ethernet*.
- En este caso, 4 puertos *Frame Relay* (Se pueden tener entre 1 y 8)
- El puerto para control remoto de la unidad exterior.

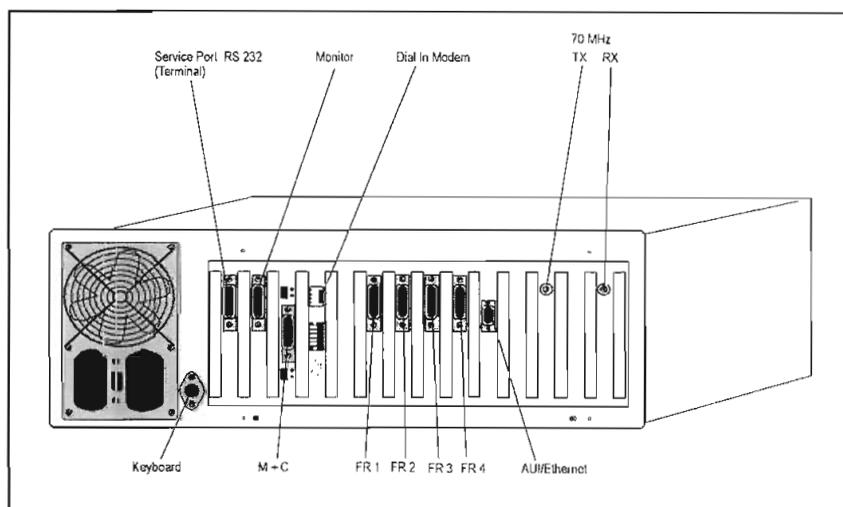


Figura 3-3. Vista posterior de la unidad interior ABCS [2]

Los otros puertos son para servicios tales como:

- Puertos para el teclado, diagnóstico local y monitor.- En estos se puede conectar un teclado y un monitor, para fines de instalación y diagnósticos.
- Puerto para módem.- Se puede conectar un módem telefónico a este puerto, lo que permite acceder a la estación para monitoreo remoto, en caso de falla del enlace

satelital. Normalmente los diagnósticos y *upgrades*, son efectuados utilizando el enlace satelital.

En la figura 3-4, se puede observar las unidades tanto interior como exterior, los módulos *MODEM* y *SNEC* de la unidad interior y los interfaces ABCS.

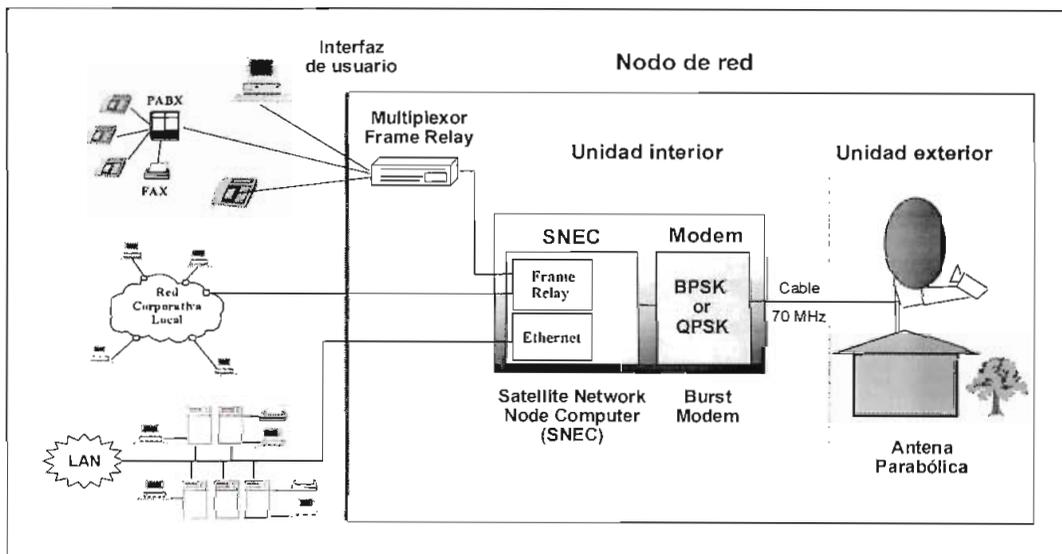


Figura 3-4. Ejemplo de una estación ABCS [3]

La unidad interior tiene dos tipos de interfaces principales: del lado satelital, el modulador y el demodulador; y, del lado de banda base, es decir del usuario final, los interfaces *Frame Relay* y *Ethernet*.

Se utiliza *Frame Relay* como estándar de transmisión, porque:

- Integra varios servicios como un solo tipo de datos.
- Tiene un crecimiento importante y es muy difundido en la industria de las telecomunicaciones.
- Existen adaptadores (*FRAD Frame Relay Access Device*) para varios protocolos.

Nortel Dasa ha definido como un estándar al ABCS, un multiplexor *Frame Relay*, que da al usuario la posibilidad de colocar tantas tarjetas de voz ó fax según la necesidad, además de otros interfaces como V.35 y X.21. [3]

- **MÓDULOS DE LA UNIDAD INTERIOR Y SU FUNCION**

Un PC industrial con carcasa, fuente de energía y acceso al almacenamiento en disco duro, conforman el "*outer frame*" de la unidad interior y proveen la posibilidad de conectar un terminal para acceso, instalación, diagnóstico y servicio. Todos los módulos ABCS se han diseñado como tarjetas insertables. Cuando está en servicio, la administración central de red, controla y monitorea los módulos. Utilizando un terminal ó un monitor VGA y un teclado estándar, se puede controlar directamente el módem.

El disco duro del PC contiene el software de sistema ejecutable ABCS. Incluye el software operacional para los diferentes módulos, los parámetros de estación local así como los parámetros de red. El software del sistema de red, se carga automáticamente en la computadora del nodo de red satelital (SNEC) cuando se enciende el equipo. Luego la estación autónomamente ingresa a la red.

Las actualizaciones se realizan en la estación de administración de red, transfiriendo los archivos apropiados vía satélite a los disco duros de todas las estaciones. La nueva versión de software es entonces activada en un tiempo dado, cuando tanto el nuevo software como los parámetros están completamente cargados en los módulos de todas las estaciones. Las estaciones se reinician automáticamente.

- **MÓDEM**

La característica especial del módem TDMA es el tiempo de adquisición extremadamente corto después del inicio de una nueva transmisión. Ya que cada estación transmite sucesivamente en *slots* de tiempo cortos sobre el mismo canal, el demodulador tiene que sincronizar a la frecuencia, fase y reloj después de cada *time slot*.

Cada bloque de datos es precedido por un preámbulo formado por 80 símbolos. Por ejemplo a 2.048 Mbit/s, la sincronización se logra en 40 μ s.

Tanto el modulador como el demodulador, son capaces de cambiar la frecuencia de portadora y velocidad de símbolo en un período muy corto de 20 μ s para soportar el *hopping* de canal de *burst a burst*, en hasta 2.048 Mbits/s; esto ocurre en otra versión de ABCS que soporta el *channel hopping*.²

El tipo de modulación es QPSK (ó BPSK). El rango de velocidad ajustable de modulación va desde 64 Kbaudios a 2048 Kbaudios. Con QPSK, se transmiten dos bits por paso de modulación. Así, una velocidad de modulación de 1024 Kbaudios corresponde a una velocidad de datos de 2048 kbit/s. Aplicando corrección de errores hacia adelante, con tasa $\frac{1}{2}$ (FEC $\frac{1}{2}$), se suma un bit por cada bit de información y así duplica la velocidad de símbolo. Entonces, con modulación QPSK y velocidad FEC $\frac{1}{2}$ una velocidad de símbolo de 2048 Kbaudios corresponde a una velocidad de datos de 2048 kbit/s.

La siguiente tabla lista un ejemplo de velocidades de modulación características y los anchos de banda resultantes, datos entregados por el fabricante para ABCS.

| QPSK con FEC $\frac{1}{2}$ Velocidad de modulación (Kbaudios) | Velocidad del canal de datos (Kbit/s) | Ancho de banda de <i>transponder</i> requerido, incluyendo espacio entre canal (kHz) |
|---|--|--|
| 64 | 64 | 90 |
| 128 | 128 | 180 |
| 512 | 512 | 717 |
| 1024 | 1024 | 1434 |
| 2048 | 2048 | 2867 |

Tabla 3-2. Ancho de banda requerido según la velocidad utilizada. Dato del fabricante [3]

² NORTEL DASA, SKYWAN, *Advanced Business Communications via satellite, Technical Description*

Teóricamente con un $E_b/N_0 = 12$ dB, la tasa de error de bit de la señal QPSK no excede 10^{-7} . En la práctica, $E_b/N_0 = 7$ dB es suficiente, debido al FEC usado en el controlador TDMA del computador del nodo de red satelital. [3]

- **SNEC**

Los interfaces de usuario -puertos *Frame Relay (FR)* y *LAN*- de la estación ABCS son controlados por una tarjeta de la unidad interior llamada Computador de Nodo de Red Satelital (*Satellite Network Node Computer, SNEC*), la cual controla un puerto LAN y hasta 8 puertos FR. La selección del tipo de interfaz FR se hace en cada puerto utilizando un módulo o tarjeta llamado SLIK (*Serial Line Interface Kit*).

Además, la *SNEC* sirve como un *front end* para el canal satelital, manejando colas de entrada y salida, y ejecutando tareas de manejo de protocolos y administración.

La *SNEC (Satellite Network Node Computer)* provee canales especiales al módem satelital y los puertos de usuario. Además lleva a cabo el control de acceso al canal satelital, maneja las colas de datos de entrada y salida, y desarrolla tareas de manipulación y administración de protocolo. En virtud al procesador de alto desempeño, algunas funciones TDMA, que anteriormente requerían hardware adicional, se implementan en el software. Esto reduce el tamaño del equipo y mejora la flexibilidad.

Los interfaces de usuario -puertos *Frame Relay (FR)* y *LAN*- de la estación ABCS se controlan directamente desde la *SNEC*. Este, provee un filtrado de datos y funciones de conmutación así como monitoreo. Se pueden soportar un puerto LAN y hasta 8 puertos FR.

DISEÑO.- La *SNEC* consiste de *transputers* -procesadores especializados en paralelo- que están en red vía enlaces de comunicación internos. Contiene módulos especiales procesadores para las funciones LAN, Frame Relay, ROOT, PROTOcolo y SATélite.

- **MODULO LAN.-** El módulo LAN tiene un interfaz Ethernet y ejecuta el filtrado de direcciones MAC.
- **MODULO FRAME RELAY.-** El módulo Frame Relay hace la conmutación de hasta 8 puertos Frame Relay.
- **MODULO ROOT.-** El módulo ROOT maneja las colas de paquetes entrantes y salientes. Los paquetes de datos se ensamblan en *bursts* de datos, provistos de una cabecera y se transfieren luego al módulo SAT. En el extremo de recepción, los paquetes se desensamblan y se transfieren a los puertos.
- **MODULO PROTOCOLO.-** El módulo raíz contiene un módulo de protocolo IP (*Internet Protocol*) con su propia dirección IP, con el objeto de direccionar un "agente" para la administración de la red, de acuerdo con las especificaciones SNMP. El módulo raíz maneja un enlace a un servidor en el PC.

Los protocolos para comunicaciones vía satélite son procesados en el módulo PROT. Este incluye la generación y chequeo de un CRC para detección de errores.

- **MODULO SATELITE.-** El proceso de acceso al canal satelital incluyendo el tiempo de sincronización para transmisión en el modo TDMA, tiene lugar en el módulo SAT.

El módulo SAT está equipado con un circuito especial de interfaz hacia el módem, que cumple las siguientes funciones:

- Reloj TDMA.
- El enlace de *transputer* opera sobre los datos a transmitir y los transfiere al módem, sincrónicamente con el reloj TDMA. Con modulación QPSK, esto se realiza sobre dos canales paralelos.

- Indica al módem, el inicio y fin de la transmisión de un bloque de datos, para en modo TDMA, conmutar la portadora entre *on* y *off*.
- El módem, opera sobre los datos recibidos.
- El inicio de la recepción de datos de usuario es determinado mediante la detección de un patrón de bits (palabra única) transmitida al inicio del bloque de datos.
- Cuando se detecta el preámbulo, se resuelve la ambigüedad de fase de la demodulación PSK.
- La longitud del bloque de datos es determinada en el software. El circuito de interfaz señala el fin de un bloque de datos al módem y lo transfiere, en la longitud correcta y sin el preámbulo ni la palabra única, al procesador.
- Se provee codificación y decodificación FEC de los bloques de datos.
- Se tienen pruebas por lazos: La interfaz al módem de la SNEC cierra en lazo los datos transmitidos para que vuelvan al extremo de recepción. (prueba de la SNEC sin el módem ni el enlace satelital).

Los datos encolados para la transmisión por la SNEC, son llevados al modulador. ABCS I utiliza modulación QPSK (o BPSK) y *FEC* con *Rate* $\frac{1}{2}$ [5]. Esto provee una suficiente robustez ante el nivel de error que implica la utilización del enlace satelital

- **INTERFACES ABCS**

La unidad interior ABCS provee interfaces para LAN y Frame Relay. Se dispone de 1 puerto LAN y hasta 8 puertos Frame Relay:

LAN: El puerto *Ethernet* permite conectar una *LAN* directamente al ABCS, cumpliendo la función de un "*bridge en el satélite*" entre dos *LAN* remotas. Como se puede ver en la figura 3-4, la estación pasa a formar parte de la red *LAN* de cada estación. Las Redes de Área Local del tipo IEEE 802.3, Ethernet a 10Mbit/s, pueden acceder directamente al puerto LAN del ABCS, con un *Attachment Unit Interface (AUI)*, o utilizando un *transceiver* para 10-Base-2, 10-Base-5 o 10-Base-T. El puerto *LAN* integra

completamente la funcionalidad de un *Bridge* Transparente e implementa el algoritmo del *Spanning Tree* (IEEE 802.1d). Esta característica especial, permite la puesta en marcha de un nodo ABCS y luego la conexión directa a la LAN remota, en un corto tiempo y sin los costos que implica la utilización de un equipo adicional.

FRAME RELAY: Los dispositivos Frame Relay, pueden acceder directamente a un puerto *Frame Relay* del ABCS con velocidades de datos de hasta 2048 kbits/s. Los equipos soportados, pueden ser *switches* para interconectar redes, dispositivos de acceso como *routers*, *FRAD's* o multiplexores para la conexión de usuarios. El puerto *Frame Relay* de la unidad ABCS implementa la funcionalidad de un Interfaz FR *User-to-Network* (UNI), de acuerdo con la recomendación FRF 1.1 (*Frame Relay Forum*). Esta es la clave para tener configuraciones de red flexibles, definidas por enlaces lógicos entre cualquiera de los puertos FR de las estaciones ABCS.

El puerto *Frame Relay* es un punto de entrada universal a la red ABCS. Los equipos que no son nativos *Frame Relay*, acceden al puerto usando un *Frame Relay Access Device* (FRAD).

Una forma adicional de sacar ventaja del puerto estándar *Frame Relay* es usar un multiplexor *Frame Relay*, que combine una grupo de canales en una troncal *Frame Relay*. Esto permite, especialmente cuando se tiene bajo y mediano tráfico de datos, la utilización eficiente de un puerto común de acceso a la red. Además, se pueden adicionar interfaces de voz, disponiendo de esta manera de canales digitales de voz y fax.

ABCS utiliza los modelos ACT SDM-FP/JFP ó de la familia NETPERFORMER (de *ACT Networks Inc.*) como *multiplexor Frame Relay*, los cuales pueden equiparse con un número variable de interfaces seriales de datos y de voz/fax que son luego multiplexados en un troncal *Frame Relay* [3]. En la tabla 3-3, se resumen los interfaces de usuario posibles en ABCS, incluyendo aplicaciones de voz y datos.

| INTERFAZ | PUERTO LAN | PUERTOS FRAME RELAY |
|-------------------------|--|---|
| Interfaz Físico | AUI 10 Base 2 10 Base 5 10 Base T | SLIK X.21/V.11 SLIK RS-449 / RS-422 SLIK V.35 SLIK RS-232C |
| Velocidad de Línea | 10 Mbit/sec | 9.6 Kbit/sec - 2048 Kbit/sec |
| <i>Standards</i> | IEEE 802.3 Ethernet IEEE 802.1d Spanning Tree | FRF 1.1 Frame Relay ANSI T1.617D, LMI 1.0 Link Layer Management |
| Funcionalidad Integrada | Bridge Transparente Integrado | <i>Switch</i> Frame Relay integrado Frame Relay Access Device (FRAD) integrado |

Tabla 3-3. Interfaces de usuario disponibles en ABCS [3]

- **KIT DE INTERFAZ SERIAL DE LINEA (SLIK)**

Cada puerto ABCS Frame Relay, puede ser configurado con las características funcionales y eléctricas más comunes, tales como X.21/V.11, RS-449, V.35, RS-232C. Con este propósito, se disponen de los Kit de Interfaz Serial de Línea (*SLIK Serial Line Interface Kits*) apropiados.

Los interfaces están completamente controlados por software, para operar en modo DTE o DCE. No se deben hacer modificaciones de hardware para cambiar las funciones del interfaz entre DCE y DTE.

V.35: El SLIK V.35 provee señales de reloj, datos y control para conectar un dispositivo DCE V.35 o DTE V.35 al puerto ABCS FR. El interfaz es completamente controlado por software para operar en modo DCE o DTE.

El modo DTE se utiliza para conectar un dispositivo DCE V.35 como un módem o DSU sin necesitar un cable cruzado. En el modo DCE, se utilizará un cable directo para la conexión de un dispositivo DTE V.35. Permite además la opción de utilizar SLIK para interfaces X21, RS 449 o RS 232. El SLIK adecuado dependerá de la aplicación, y si se requiere cambiar de uno a otro, bastará con reemplazar el módulo SLIK, dentro de la estación interior ABCS.

3.2.3 ADMINISTRACION DE LA RED

La administración de la red ABCS utiliza un protocolo estándar de administración de Red (SNMP) para el control de los parámetros de la estación. La ejecución de comandos de monitoreo y control se hace en cada estación.

La implementación de SNMP permite la utilización de una plataforma SNMP estándar. Si un usuario ya dispone de un sistema de administración de red basado en SNMP, puede integrar la administración de la red ABCS y compartir la misma plataforma.

Para el almacenamiento de todo tipo de parámetros y objetos de administración, el sistema de administración de la red, cuenta con una base de datos, definida como una Base de Información de Administración (*Management Information Base - MIB*).

La estación de trabajo de administración, como consola del operador de la red, puede localizarse en cualquier punto con acceso al puerto LAN del ABCS. *ABCS Network Management* permite realizar configuración así como monitoreo y control de la red. El monitor muestra el *status* de la red en varios niveles:

- Visión general de la red
- Estación individual a elección
- Puerto en una estación, circuitos, unidad exterior e interior

El sistema además reúne y almacena datos estadísticos para analizar el desempeño de la red. En una base independiente, se reúnen datos sobre la utilización del sistema.

Se disponen de distintos tipos de niveles de protección para acceso del operador, discriminando la administración global de la red de tareas de administración a las que tiene acceso el usuario. Los usuarios de un sistema compartido pueden tener su propia estación de administración con los respectivos derechos de acceso.

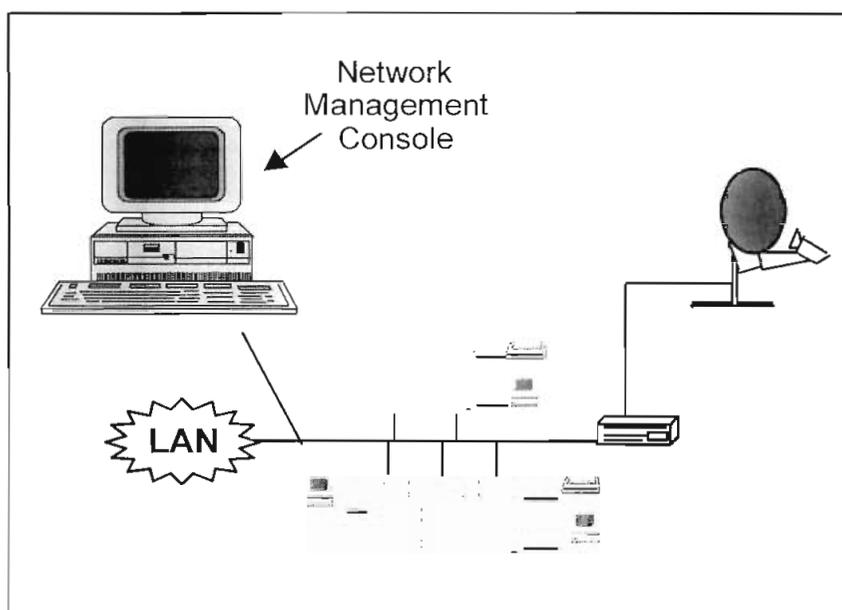


Figura 3-5. El Sistema de Administración de Red es una estación de trabajo que puede conectarse a cualquiera de las estaciones ABCS [4]

3.2.4 SEGMENTO ESPACIAL PARA UNA RED ABCS

ABCS está dirigido a la utilización de los llamados *transponders* de media potencia, con un PIRE típico de 50 dBW. Existen también *transponders* que cubren una gran porción de la superficie de la tierra. Este tipo de *transponder* servirá cuando los puntos a enlazar estén dispersos sobre una gran extensión. Si con un *transponder* de este tipo, se va a cubrir localidades extremas, se deberán utilizar antenas más grandes (2.4 m o 3.8 m); estas características son válidas cuando se trabaje en banda Ku.

Para ABCS, los fabricantes recomiendan los siguientes tamaños típicos de antena, según el tipo de satélite a utilizar, para:

- Un *data rate* de canal de 2048 kbps
- Un *FEC (Forward Error Correction)* de 1/2.
- *PIRE* de *transponder* (potencia de transmisión) en la localidades dadas.

| PIRE del Satélite (dBW) | Diámetro de la antena ABCS (m) | Amplificador de alta potencia HPA (W) | Sistema de satélites típico |
|----------------------------|-----------------------------------|--|---|
| >50 | 1.8 | 8 | EUTELSAT DFS-Kopernikus (Haz de alta ganancia) |
| >47 | 2.4 1.8 | 8 16 | DFS-Kopernikus EUTELSAT II (Haz de alta ganancia) PANAMSAT |
| >44 | 3.6 2.4 | 8 16 | EUTELSAT II (Haz de media ganancia) PANAMSAT |
| >41 | 3.6 | 16 | EUTELSAT II (Haz de media ganancia) |

Tabla 3-4. Ejemplo de selección de *transponder* en banda Ku para ABCS [3]

El *footprint* de los satélites indica en qué área geográfica el satélite provee una densidad de flujo de potencia específica, permitiendo por ejemplo, determinar dónde la operación de una red es posible utilizando antenas de 2.4 m con *transceivers* de 8W.

Utilizando *FEC* (*Forward Error Correction* - Corrección de errores hacia adelante), la energía de señal requerida para una tasa de error de *bit* puede reducirse considerablemente a expensas de un incremento en el ancho de banda. En ABCS se utiliza codificación secuencial convolucional con decodificación Viterbi. En versiones más actuales, el *code rate* puede ser seleccionado entre: 1/2, 3/4, 7/8.

FEC 1/2, por ejemplo, significa que el flujo de datos codificados contienen el doble de bits de los no codificados. El ancho de banda requerido para transmisión con FEC es por lo tanto dos veces mayor. El ahorro de energía de señal requerido por bit de información comparada con una transmisión no codificada es de al menos 5 dB. Si con una transmisión no codificada, se obtiene una tasa de error menor que 10^{-7} con un $E_b/N_0 =$

12 dB, dicha tasa puede ser alcanzada con un $E_b/N_0 = 7$ si para la transmisión se utiliza FEC. [3]

Para asegurar una utilización eficiente y provechosa de la capacidad del *transponder*, la relación de demanda de ancho de banda con respecto al ancho de banda del *transponder* debe ser igual a la relación entre el PIRE de la portadora con respecto al PIRE del *transponder*.

Ejemplo:

Se dispone de un haz satelital de alta ganancia, modulación QPSK, *FEC rate* 1/2. *Rate* de datos de información: 2.048 Mbits/s, antena con 1.8 m de diámetro, HPA: 8 W, banda Ku.

En este caso, la información con un *data rate* de 2.048 Mbits/s, es codificada con un *FEC rate* 1/2 y luego modulada a QPSK con 4.096 Mbits/s. Con transmisión satelital, esto da como resultado un *rate* de modulación de 2.048 Mbaudios debido a la codificación de 2 bits en QPSK.

Luego de un filtraje de la señal, de acuerdo con especificaciones de EUTELSAT, el ancho de banda requerido en MHz se obtiene multiplicando el *rate* modulado por un factor de espaciamiento de 1.4.

Según lo visto, el FEC resulta ser un parámetro muy importante al momento de determinar el ancho de banda requerido.

3.2.5 DISPOSITIVOS DE ACCESO FRAME RELAY (FRAD's)

El puerto *Frame Relay*, es un punto de entrada universal a la red ABCS. Los equipos que no sean dispositivos *Frame Relay* Nativos, acceden al puerto mediante los Dispositivos de Acceso *Frame Relay* (*Frame Relay Access Device FRAD's*).

Un FRAD es un adaptador de protocolos, que transforma el formato del protocolo del dispositivo conectado, a formato *Frame Relay* para que en este caso, sean transmitidos vía ABCS. Los datos de usuario son encapsulados en celdas *Frame Relay* para transmisión y los datos recibidos, son desempaquetados y entregados en el formato de usuario nuevamente.

El propósito es adaptar datos orientados a paquete, como X.25 o HDLC, datos asincrónicos y datos sincrónicos transparentes al formato *Frame Relay* en el punto de entrada a la red y entregarlos en el formato original en el punto de salida de la red. Internamente, los datos transferidos entre los puertos del FRAD son manejados completamente como datos FR.

Existen FRAD's para los protocolos seriales tradicionales, protocolos HDLC / SDLC, así como para datos isócronos (Sincrónico transparente) y asincrónicos.

- **FRAD ASINCRONICO**

El software FRAD asincrónico permite acceso directo para dispositivos asincrónicos y líneas de datos al puerto FR. Todas las características de los protocolos de transferencia de datos asincrónicos son soportados por este interfaz.

Se pueden utilizar diferentes números de bits de datos por caracter, bits de inicio y parada así como manejo de esquemas de paridad.

Soporta una tasa máxima de datos de 19200 bits/segundo. El control de flujo puede ser seleccionado para realizar *handshake* por software o hardware. La conversión de caracteres asincrónicos a tramas FR usa caracteres de 8 bits.

Únicamente se transmiten los bits de datos. El manejo de paridad es llevado a cabo localmente en el controlador de interfaz.

Las conexiones FRAD asincrónico, efectúa control de congestión si los valores de tasas de CIR³ y BIR⁴ han sido definidos. En este caso, los bits BECN⁵ provenientes del *switch* FR son evaluados. En caso de una notificación de congestión, los datos del dispositivo de usuario se desplazan más lentamente retardándolos en una cola antes de ser enviados al *switch* FR. Cuando la cola se llena, el control de flujo es emitido al dispositivo de usuario. Si la congestión desaparece, el control de flujo se reinicia y se reanuda la tasa de datos original. Cuando se deshabilita el control de flujo en el puerto, los datos se perderán en el caso de un desbordamiento de cola.

- **FRAD SINCRONICO**

El software de FRAD sincrónico permite acceso para datos seriales orientados a bit en formato HDLC y SDLC. Las tramas de datos puede separarse por banderas en la línea. Las tramas de datos se transmiten transparentemente.

Se debe guardar un tamaño máximo de trama de acuerdo con el MTU (Máxima Unidad de Transferencia) del puerto FR. Se puede seleccionar una tasa máxima de datos de 2048 kbps para el interfaz. Las conexiones de FRAD sincrónico también desarrollan control de congestión si se han definido valores de tasas para CIR y BIR. En caso de una notificación de congestión, señalada por bits BECN desde el *switch* FR, los datos del dispositivo de usuario se transportan más lentamente retardándoles en una cola antes de ser enviados al *switch* FR. Cuando la cola se satura, el control de flujo es asignado al dispositivo de usuario mediante *handshake* por *hardware*.

³ CIR (*Committed Information Rate*) o tasa de información comprometida, es la tasa a la cual la red se compromete, en condiciones normales de operación, a aceptar datos desde el usuario y transmitirlos hasta el destino.

⁴ BIR (*Burst Information Rate*) representa la tasa que se puede alcanzar en modo de ráfagas. El BIR se configura con un valor mayor o igual que el CIR, y los datos se transmitirán con esta tasa, a menos que exista congestión, en cuyo caso la tasa será igual al valor del CIR. [9]

⁵ Una red Frame Relay, utiliza los bits FECN (*Forward Explicit Congestion Notification*) y BECN (*Backward Explicit Congestion Notification*) para notificar a los usuarios sobre la existencia de congestión. El equipo de acceso que recibe tramas con BECN activo puede reducir la cantidad de información enviada a la red hasta que ya no reciba más. El equipo de acceso conectado en el destino, que recibe tramas con FECN activo, puede controlar al equipo de acceso conectado en el origen, utilizando mecanismos de control de flujo y ventana de transmisión de niveles superiores. [7]

Si se termina la congestión, el control de flujo se reinicia y se reanuda la tasa original. Cuando no es posible el control de flujo por *hardware* en el puerto, en caso de un desbordamiento de la cola, se perderán los datos.

Además, la clase de tráfico de tramas se considera para calcular el monto de retardo permitido. Tramas de tiempo real pueden retrasarse solamente por 100 ms, mientras tramas de tiempo no real pueden retrasarse por cerca de 1 segundo.

- **FRAD ISOCRONICO**

El FRAD isocrónico permite acceso al interfaz FR a todos los datos sincrónicos, recibidos como un flujo de bits sincrónico. Por lo tanto, el canal de datos es completamente transparente y se mantiene todo el tiempo.

Debido al posible *jitter* de retardo interno en la trayectoria del canal, debe existir un *buffer* que mantiene siempre al flujo de datos en la tasa nominal de entrada y salida. Este así llamado, *buffer* plesiócrono, tiene un tamaño de alrededor de dos veces el máximo retardo del canal de tiempo real en la máxima tasa de enlace.

De cualquier manera, debido a posibles desviaciones de la precisión del reloj entre los extremos local y remoto, el buffer puede vaciarse o llenarse. En este caso, éste debe resetearse, liberando los errores de bits y de reloj de la línea. Aunque el FRAD isócrono es un recurso para todas las clases de datos, éste debería ser usado únicamente en casos donde no es posible otra opción de interfaz. Esta consideración se debe principalmente porque este esquema de acceso tiene un alto costo en lo que es la capacidad del canal, ya que es permanentemente reservada sin ser compartida.

3.2.6 MULTIPLEXOR FRAME RELAY

Una forma de sacar ventaja del puerto *Frame Relay* estándar es usar un multiplexor *Frame Relay*, que combina una serie de canales en un solo troncal *Frame Relay*. Esto

permite una utilización eficiente de un puerto común de acceso a la red especialmente en tráfico de baja y mediana velocidad. Además, se pueden adicionar interfaces de voz, dotando a la red de canales de voz digital y fax.

ABCS utiliza el multiplexor *Frame Relay*: ACT SDM-FP; o, los de la familia NETPERFORMER (ambos de la marca ACT Networks Inc.). Los puertos de cada multiplexor usan un troncal *Frame Relay* común. La versión Netperformer, es la más actual dentro de la marca ACT, permitiendo la integración de tráfico SNA, LAN y voz/fax sobre redes *Frame Relay* públicas o privadas. Además se configuran de una forma más flexible y sencilla que la antigua familia de multiplexores FP.

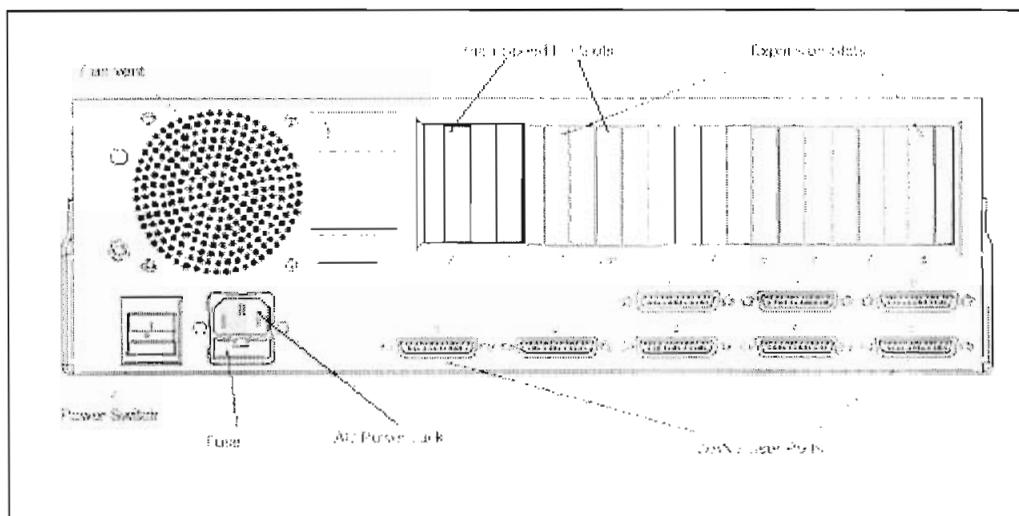


Figura 3-6. Vista posterior de un multiplexor ACT Netperformer SDM-9400 [10]

3.3 ACCESO AL CANAL SATELITAL

Cada estación ABCS en la red, tiene acceso a un canal o portadora TDMA, permitiendo la conexión con las otras estaciones (nodos de la red). Así, el canal satelital es utilizado en modo de Acceso Múltiple por División de Tiempo por algunas estaciones, ocupando diferentes *slots* de tiempo. Un canal tiene una velocidad de datos a seleccionarse en el rango desde 64 Kbit/s hasta 4096 Kbit/s.

La trama TDMA se compone de un *Superframe* dividido en N *frames* según el número de estaciones. Cada *frame* se divide en un número exacto de *slots*. El primer *slot* de la trama, se reserva para la transmisión del *Frame Plan* por parte de la estación *master*, el resto de las estaciones tienen un *slot* asignado que es utilizado como canal de control para la asignación dinámica de ancho de banda sobre el *Super Frame*.

Dado que los *slots* de la trama TDMA son transmitidos por distintas estaciones, los equipos deberán ajustar el *Round Trip Time (RTT)* de acuerdo a su ubicación geográfica, de esta forma se compensa el retardo de la señal introducido por la distancia entre la estación y el satélite, permitiendo la sincronización.

La asignación de *slots* sobre el *Superframe* (SF) se realiza en forma dinámica o estática. El plan de asignación es transmitido por la estación *master* sobre el primer *slot* de cada SF según el requerimiento de ancho de banda de cada estación. Estos valores pueden ser garantizados definiendo un CIR por estación.

3.3.1 PROTOCOLO SPOTNET

El uso de *slots* de tiempo (multiplexación TDMA) se organiza por un único protocolo de acceso llamado *SPOTNET*, creado por *Nortel Dasa* para *ABCS*. [3] Sus principales características son:

- Altamente flexible, capacidad de asignación bajo demanda muy rápida.
- Priorización de tráfico.
- Soporte de tráfico en tiempo real.
- Alta eficiencia gracias a la utilización de un *overhead* pequeño.

SPOTNET permite una alta explotación de la capacidad del satélite y cumple con los requerimientos de las aplicaciones asociadas a una red *ABCS*. *SPOTNET* "corre" en cada estación en la red. A una de las estaciones se le asigna la función de *master*, ejecutando el control sobre las otras estaciones. Esta asignación puede cambiar en

determinado momento. Existe además una estación *master* de *backup* que inmediatamente entra en operación en caso de una falla en la *master* principal.

Además de la asignación completamente dinámica de las capacidades del canal, el operador de red puede definir canales cuasi-permanentes de una capacidad particular, entre dos estaciones y puede redefinir el *throughput* mínimo garantizado de una estación.

El esquema de acceso *SPOTNET*, fue especialmente desarrollado para el ambiente *Frame Relay* y permite un desempeño global óptimo de red de ABCS con costo mínimo de segmento espacial.

Aunque cierta capacidad podría ser suficiente inicialmente, la necesidad puede incrementarse con el crecimiento del tamaño de la red. En este caso, el *data rate* puede ser actualizado y puede ampliarse el canal.

3.3.2 INTRODUCCION A *SPOTNET*

Uno de los desafíos básicos de los sistemas de comunicación es adaptarse a las aplicaciones de sus usuarios lo mejor posible. Esto también se cumple en sistemas de comunicaciones satelitales como ABCS. ABCS puede cubrir un amplio campo de aplicaciones empezando por transmisiones de datos de baja velocidad hasta transferencia de archivos de alta velocidad, y desde servicios de telefonía hasta aplicaciones de video. Estas aplicaciones implican un amplio rango de requerimientos al sistema. Aplicaciones de voz y video, son en tiempo real y requieren un *throughput* constante y un bajo retardo. Las transacciones de datos requieren tiempos de retardo pequeños y la mínima ocupación de ancho de banda.

El elemento clave para definir las características del sistema de una red satelital es el esquema de acceso; éste debe considerar la asignación de ancho de banda del satélite tanto a las estaciones como a los puertos de las estaciones individualmente. La parte

más importante del esquema, es la habilidad de trabajar con transmisiones pequeñas y esporádicas de datos igual de bien que con aplicaciones en tiempo real

Para comprender la operación, es importante tener en mente el esquema de trabajo general de sistemas TDMA. Los sistemas TDMA operan en una frecuencia (ó en múltiples frecuencias en el caso de *hopping* de frecuencia). Cada frecuencia es conocida como una portadora. Estas portadoras, son usadas por las estaciones de la red TDMA en un modo alternado: todas las estaciones transmiten ocasionalmente en la misma portadora. Las transmisiones se conocen como "*bursts*". Como algunas transmisiones de distintas estaciones, pueden ocurrir en la misma portadora (frecuencia), es importante proveer un mecanismo para prevenir de interferencias a la transmisión. Existen algunos esquemas diferentes, implementados en distintos sistemas, con el objeto de evitar esa interferencia. ABCS tiene su propio y único esquema el cual ha sido nombrado como *SPOTNET*.

3.3.3 ESQUEMA GENERAL DE TRABAJO DE *SPOTNET*

SPOTNET es un esquema centralizado de acceso al satélite, diseñado para un óptimo desempeño y una seguridad operativa máxima. Fue diseñado de tal manera que puede extenderse para trabajar en un ambiente con *hopping* de frecuencia TDMA en haces tipo *spot*, operando varias portadoras paralelas. En esta tesis se hará la descripción del sistema de portadora única (sin *hopping* de frecuencia), el cual será el utilizado para la aplicación diseñada.

Generalmente el sistema opera con una estación *master*, que cumplé las tareas de *scheduling* (determina el orden de utilización del canal). Al inicio, se asigna la capacidad a todas las estaciones en la red, de acuerdo a un patrón específico (una clase de *round robin list*). Durante sus operaciones, las estaciones en la red (llamadas estaciones esclavas) informan a la estación *master* sobre sus requerimientos de transmisión. La estación *master* modifica la asignación de capacidad, de acuerdo con esos requerimientos e informa a todas las esclavas acerca de este cambio. La nueva

asignación toma efecto después de que cada estación ha recibido la información respectiva. El proceso de información mutua entre *master* y esclavas, se repite en períodos de tiempo cortos. Así, la adaptación de la asignación de capacidad a los nuevos requerimientos es muy rápida. Al mismo tiempo, el sistema es muy robusto frente a posibles pérdidas de la información de asignación de capacidad.

3.3.4 BLOQUES CONSTITUYENTES: *SLOTS*, TRAMAS Y SUPERTRAMAS

El resultado esencial de TDMA es que cada estación en cualquier instante debe saber si es que le está permitido enviar sus transmisiones y a qué tamaño de transmisiones tiene derecho esa estación. Con este propósito, se debe establecer un esquema de temporización común para las estaciones participantes en la red TDMA. En *SPOTNET* la unidad de tiempo es el *slot*.

Un *slot* es un lapso tiempo de duración fija y cada estación se sincroniza tal que se conoce el inicio y fin de *slots* consecutivos. Cada estación tiene previsto iniciar sus transmisiones al inicio de los *slots* y cada *burst* de una transmisión no pueden ir más allá de un *slot*.

Con el propósito de estructurar el tiempo de transmisión, los *slots* se agrupan en tramas (*frames*). Una trama consiste de un número fijo de *slots*. La trama se subdivide en una subtrama con asignación fija y una subtrama con asignación dinámica. Ambas subtramas tienen un número fijo de *slots*. El número exacto de *slots* por trama y por subtrama debe ser definido mediante un dimensionamiento (*sizing*) del sistema.

Estos parámetros no vienen dados por el diseño *SPOTNET* pero se registran como parámetros del sistema.

La siguiente etapa la constituye una supertrama, la cual agrupa un determinado número de tramas. (Figura 3-8).

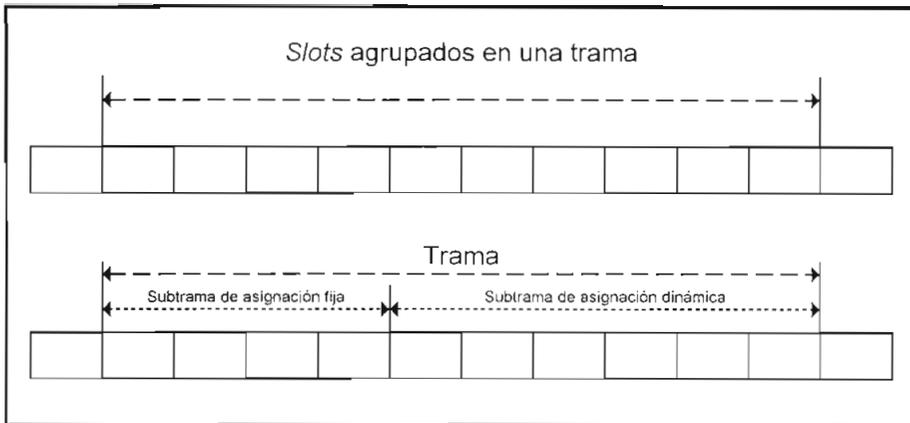


Figura 3-7. Estructura de la trama SPOTNET

Básicamente, SPOTNET distingue dos tipos de *slots* según la forma en que son asignados:

- *Slots* asignados fijamente a una estación ABCS; y,
- *Slots* que se asignan para estaciones ABCS de acuerdo a sus demandas.

El primer *slot* en una trama, siempre está dedicado a la estación *master* (o de distribución de *slots* de tiempo). Los siguientes *slots* forman la subtrama de asignación fija. Cada *slot* en la subtrama de asignación fija está dedicada a una estación ABCS distinta. El número de tramas que son necesarias para dedicar un *slot* a cada estación de la red en la subtrama de asignación fija, forma una supertrama (la Figura 3-8 es un ejemplo de supertrama para una red satelital DAMA ABCS Nortel Dasa de 13 estaciones, con la estación 0 como *master*; el tamaño de trama es de 12 *slots*, el tamaño de supertrama es 48 *slots*).

La porción de subtrama de asignación fija se repite en cada supertrama. Así, la parte de una supertrama asignada fijamente siempre será similar. El tamaño de supertrama debe definirse en función del número de estaciones.

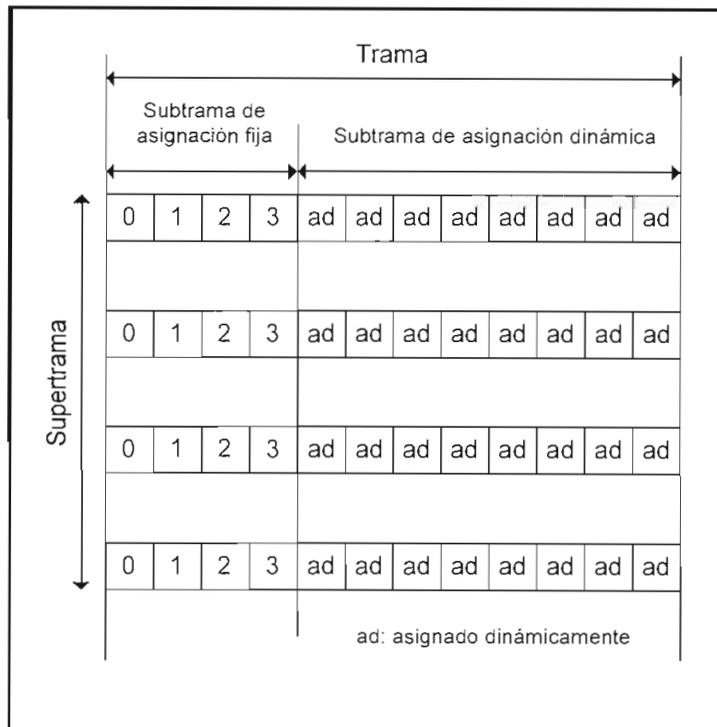


Figura 3-8. Supertrama *SPOTNET* para una red de 13 estaciones [3]

La subtrama asignada fijamente se usa como canal de señalización: en el primer *slot*, la estación *master* envía la asignación de los *slots* de las subtramas dinámicas a las estaciones (plan de trama) y los otros *slots* se usan para requerimientos de transmisión de las estaciones. (Nota: pueden ser usados también para transmitir datos). Esto significa que una estación puede reservar una transmisión (nuevo requerimiento) una vez por cada supertrama.

Si no hay reservaciones, todos los *slots* en el subtrama dinámica se distribuyen a las estaciones en una *round robin fashion*. Para la descripción de SPOTNET, se asume una estructura simplificada de una red ABCS, tal como la de la figura 3-9.

Para transmisión y recepción de información sobre el satélite, existe un módulo llamado Módulo de Acceso al Satélite (SAM). Toda otra función que está entre el SAM y el interfaz de usuario es desarrollada por una unidad llamada Despachadora.

En la estación *master*, existe un módulo de planificación y distribución, llamado *Generador de Plan de Trama (FPG)*, que es el responsable de la asignación del *slot* correcto a la estación ABCS correcta. (Nota: el software del SAM es capaz de desarrollar las funciones en la estación *master* y en una estación ordinaria - pero se le nombrará como módulo SAM en la estación ordinaria y como *Generador de Plan de Trama* en la estación *master*).

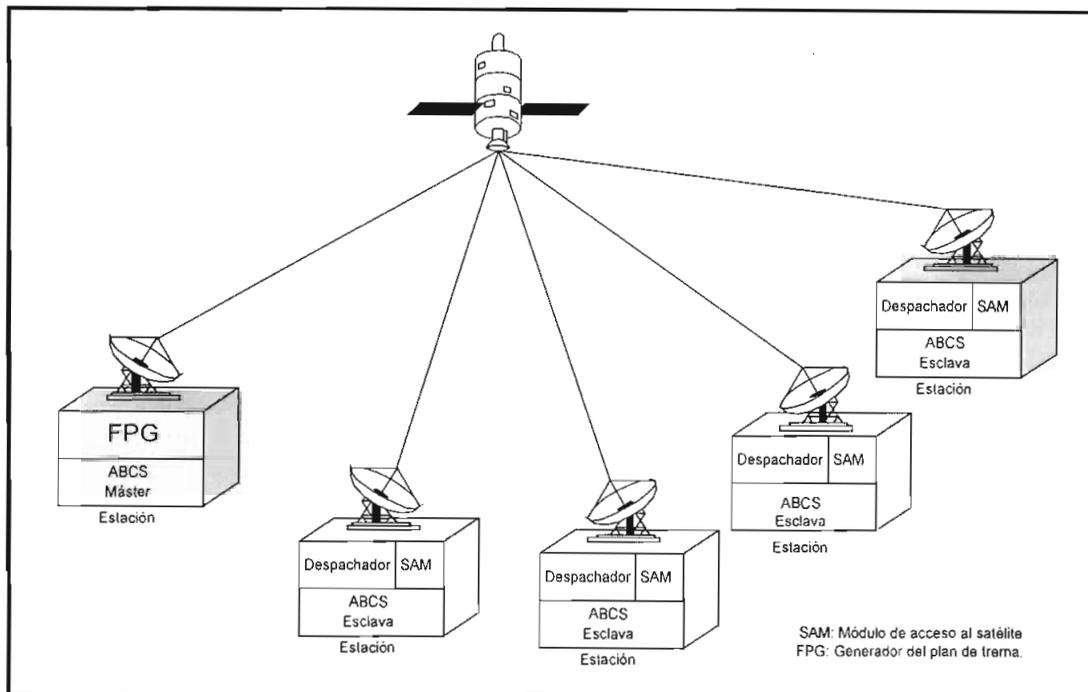


Figura 3-9. Los elementos principales de *SPOTNET*

Se requiere definir la terminología necesaria antes de continuar con la descripción del esquema de acceso.

STREAM.- Denota una capacidad permanentemente reservada por trama. Los *streams* manejan el tráfico de tiempo real tal como voz o video; es decir, el tráfico que no tolera *jitter* de retardo. Por lo tanto, una estación necesita al menos tantos *streams* como el tráfico real que genere. Los *streams* no son *PREEMPTABLE* (no están condicionados según los requerimientos de las otras estaciones) y su tamaño puede ser configurado por el operador de la red. La garantía para un bajo *jitter* de retardo se tiene de la

fragmentación interna de todos los datos en celdas de pequeño tamaño para la transmisión.

THROUGHPUT GARANTIZADO.- Denota la capacidad, dada por el número de *slots* por trama, que cada estación puede reservar bajo cualquier circunstancia. Estos *slots* no están siempre reservados pero están allí si las colas en la estación están llenas. Luego son liberados. Esta capacidad se usa para tráfico que no es en tiempo real y permite un *throughput* garantizado para ese tipo de aplicaciones.

LONGITUD DE LA COLA.- Número de unidades de datos en espera de transmisión en cada estación.

Un esquema de prioridad permite que el tráfico de datos sea especificado como *PREEMPTABLE* o *NO PREEMPTABLE*. La cantidad de datos *NO PREEMPTABLE* se expresa como una figura de *throughput* garantizado para una conexión. De esta forma, se implementa el *Rate* de Información Comprometida (CIR) del protocolo Frame Relay. Por otro lado, el *Rate* de Información por Exceso (EIR) se define como tráfico *PREEMPTABLE*. La asignación de capacidad para diferentes conexiones puede ser manejado en una forma muy flexible. El tráfico de una misma conexión, puede tener porciones de prioridad y porciones *PREEMPTABLE*.

Los datos de tiempo no real, pueden ser datos LAN o FR. La transmisión interna Frame Relay es un servicio de alto *throughput* así como optimizada para un bajo *overhead*. Por ejemplo, prescinde de mecanismos de corrección de errores pero soporta control de flujo (manejo de congestión).

3.3.5 PROCESO DE RESERVACION

DESPACHADOR.- El Despachador recibe a las colas de datos entrantes y ensambla los *bursts* para la transmisión por el Módulo de Acceso al Satélite (SAM). El SAM prueba a adquirir un número suficiente de *slots* por trama y transmite los *bursts*

entregados por el Despachador. El SAM indica al Despachador cuando tiene la oportunidad de transmitir en un *slot*. Esto se hace en un período de tiempo fijo, para permitir al Despachador completar un *slot* y hacerlo disponible para el SAM.

SAM.- El SAM envía dos tipos de pedidos a la estación *master*, con el objeto de completar su tarea de conseguir *slots*: Pedido de *STREAM* y longitud de cola.

El pedido de *stream*, indica la necesidad de una tasa de tráfico de datos específica y constante y se tiene como resultado la asignación de *slots* por trama para la estación solicitante. La longitud de cola es una entrada a un proceso desarrollado en la estación *master*, que calcula una asignación de *slots* basado en la longitud de la cola en todas las estaciones ABCS.

Siempre que una estación tiene una transmisión que enviar, ésta incluirá una cabecera de 6 bytes a la transmisión, indicando su pedido (requerimiento actual). La cabecera tiene la siguiente información: Número de estación origen, reconocimiento de estación *master*, indicación de la existencia de un pedido de capacidad pendiente, número de *streams* solicitados, longitud de la cola en bytes y Chequeo de Secuencia Cíclica. Los rangos de valores para cada campo se muestran en la tabla 3-5.

| CAMPO | RANGO DE VALORES | LONGITUD DE CAMPO | COMENTARIO |
|-------------------------|------------------|-------------------|--|
| Origen | 0..255 | 8 bits | Número de la estación origen |
| Bandera <i>master</i> | 0,1 | 1 bit | Indicación de si la estación origen es <i>master</i> |
| Indicación de datos | 0,1 | 1 bit | Indicación de si existe algún pedido pendiente |
| Pedido de <i>Stream</i> | 0..255 | 8 bits | Número de <i>streams</i> solicitados |
| Longitud de la cola | 0..255 | 8 bits | Longitud de la cola en bytes |
| CRC | | 16 bits | Chequeo de secuencia |

Tabla 3-5. Información contenida en la cabecera

3.3.6 PROCESAMIENTO CENTRAL DE LOS PEDIDOS DE TRANSMISION

SPOTNET se ha diseñado para soportar aplicaciones: en tiempo real como voz y vídeo; y, aplicaciones que no son de tiempo real como servicio de mensajes, transferencia de archivos o transacciones bancarias. Estos diferentes tipos de aplicaciones requieren de un distinto manejo, por parte del esquema de acceso y por lo tanto, *SPOTNET* tiene varias formas de manipular los pedidos de transmisión.

El Generador del Plan de Trama, asigna *slots* a las estaciones. Esta asignación puede ser de uno de los siguientes tipos:

- Asignación de *stream*
- Asignación de *slots* garantizada.
- Asignación de *slots preemptable*
- Asignación de *slots* libres

ASIGNACION DE *STREAM*.- La asignación de un *STREAM* se desarrolla para entregar un *throughput* constante para aplicaciones tales como la voz. La asignación de un *STREAM* no es *PREEMPTABLE*. El número total de *streams* que son entregados, es un valor que puede ser configurado por el operador. Este valor estará limitado superiormente por la capacidad del canal.

ASIGNACION DE *SLOTS* GARANTIZADA.- Para cada estación ABCS, se asigna un mínimo *throughput* garantizado (puede ser "0"). Este valor corresponde al valor del *CIR* (*Committed Information Rate*) de la estación. Una estación ABCS conseguirá los *slots* requeridos para vaciar sus colas sin importar la carga de la red, mientras no exceda su *throughput* garantizado.

ASIGNACION DE *SLOTS* *PREEMPTABLE*.- Las estaciones ABCS que demandan *slots* para transmisión excediendo su *throughput* garantizado conseguirán una asignación de *slots* *PREEMPTABLE* (están condicionados según los requerimientos de

las otras estaciones) tan grande como el número del *slots* disponibles. Los *streams* no son considerados *PREEMPTABLE*.

ASIGNACION DE SLOTS LIBRES.- Si existen *slots* libres, es decir no hay solicitudes de transmisión en espera, entonces se asignan esos *slots* a todas las estaciones ABCS en una forma equitativa.

3.3.7 TRANSMISIÓN DEL PLAN DE TRAMA

El Generador de Plan de Trama lleva a cabo la asignación, de acuerdo a las siguientes reglas:

PEDIDO DE STREAM.- Un pedido de *STREAM* será satisfecho si se dispone de capacidad y sin sobrepasar el número máximo de *slots* de *STREAM* configurado.

PEDIDO DE LONGITUD DE COLA.- El Generador del Plan de Trama (FPG) intenta asignar los *slots* necesarios a la estación solicitante, con el objeto de vaciar la cola de las estaciones en una trama. Con este propósito, se utilizarán primero los *slots* garantizados. Si el número de *slots* garantizados no es lo suficientemente alto, el FPG busca *slots* libres y los asigna a la estación.

Si el número de *slots* libres no es suficientemente alto, el FPG busca *slots* *PREEMPTABLE* de otras estaciones ABCS. Los *slots* *PREEMPTABLE* serán asignados por el FPG en forma proporcional a la longitud de la cola de las estaciones ABCS solicitantes.

SLOTS LIBRES.- Finalmente, si todos los pedidos de reservación (*streams* y longitud de cola) son satisfechos, los *slots* sobrantes se asignan a las estaciones en un *ROUND ROBIN FASHION*. La *master* no toma *slots* libres para sí misma.

La reglas anteriores tienen las siguientes condiciones previas:

La suma del *throughputs* garantizado de todas las estaciones ABCS y del máximo número de *streams* no debe exceder la capacidad máxima del canal de red. La capacidad de canal disponible está determinada por los *slots* en la subtrama de asignación dinámica. Con el objeto de guardar alguna capacidad para tráfico adicional esporádico, el operador de red puede restringir la suma de *throughput* garantizado y permanente a un valor que esté por debajo de la máxima capacidad del canal de red. Una vez generado, se transmite el Plan de Trama. La *master* informa a las esclavas acerca de sus *slots* asignados en forma de un *plan de trama* que ésta lo transmite en el primer *slot* de cada trama. El plan toma efecto *N* tramas después de haber sido transmitido, para asegurar que las estaciones ABCS con una distancia más corta al satélite no se adelanten en la ejecución del mismo. (*N* es suficientemente grande para cubrir el retardo de propagación de las estaciones ABCS con las mayores distancias al satélite).

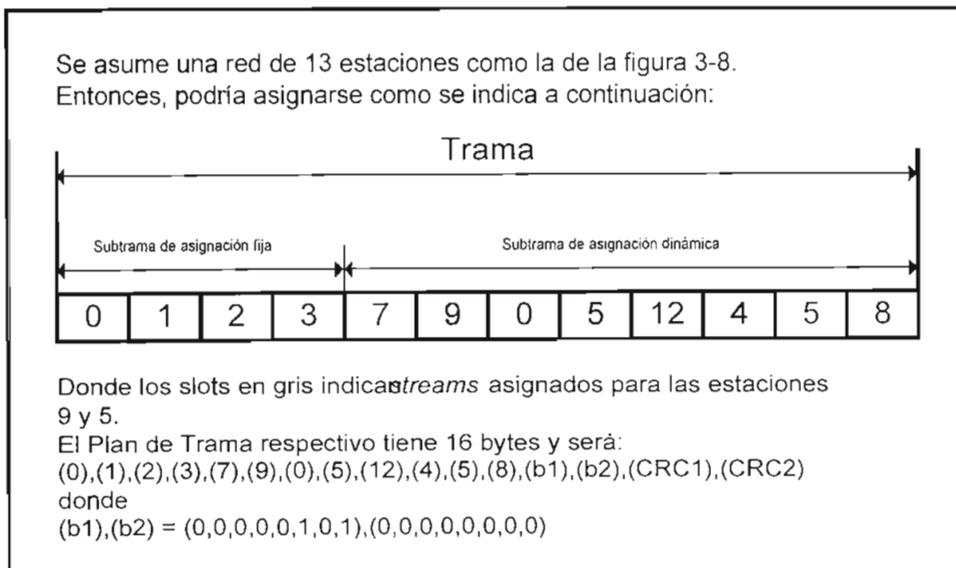


Figura 3-10. Ejemplo de Plan de Trama para una red ABCS de 13 estaciones

El plan de trama consiste de tres subcampos:

- Un byte por cada *slot* en la trama, dando el número de la estación a la que es permitido transmitir en el *slot* respectivo.

- Un bit por cada *slot* en la trama, indicando si el *slot* respectivo es un *STREAM* o no. (Esta secuencia de bits es completada en el siguiente byte).
- Un campo CRC de dos bytes.

3.3.8 ROBUSTEZ

Toda información relevante para el proceso de reservación (Plan de Trama y Pedido de Reservación) es chequeada con secuencias CRC. Esto permite identificar información errónea. Esta información errónea es luego descartada.

Como la información de reservación se transmite con cada *burst*, una estación ABCS no tiene que observar si la estación *master* ha recibido su pedido o no. Por lo tanto, no hay necesidad de los procesos de acuse de recibo (ACK) o fuera de tiempo (*time-out*).

Como el plan de trama es transmitido por la *master* al inicio de cada trama, una mala recepción de un plan de trama solo implica un retiro en la transmisión mientras dura esa trama.

Además, la *master* observa si las esclavas en algún momento están inactivas. Si durante un número específico de tramas, no se recibe *bursts* de una estación ABCS, se declara a esta estación "abajo" (*down*) y se liberan sus *slots* reservados.

3.4 DEFINICION DE GRUPOS

La conectividad entre nodos ABCS para construir una topología de red determinada, puede ser definida de una manera muy flexible de tal forma de cubrir todos los requerimientos posibles. En general, cada estación ABCS es capaz de comunicarse directamente con cualquier otra, formando redes completamente en malla. Se puede lograr cualquier topología específica que se necesite. Se pueden configurar estructuras múltiples de redes jerárquicas, punto a punto y en estrella. Esta característica es gracias a la forma flexible en la que se ha definido las comunicaciones entre estaciones o

puertos. El rango de tamaños de redes ABCS va desde 2 estaciones hasta un máximo de 254 estaciones direccionables, según especificaciones del fabricante. [3] Inicialmente, se definen grupos para reunir estaciones o puertos de estaciones, que serán capaces de comunicarse, en un conjunto común.

Cada estación puede recibir datos o llamadas de voz de todos los miembros de su mismo grupo. De esta forma, se pueden construir subredes completamente separadas así como conjuntos con miembros comunes a múltiples grupos. La definición de grupos es supervisada por la administración de la red y no puede ser accesada por las estaciones esclavas de la red. Por esto, se puede contar con una mayor seguridad en las comunicaciones: la administración de la red, define qué integrantes de una red están permitidos de comunicarse con qué otras estaciones, y esto no puede ser modificado sin previa autorización del administrador de red.

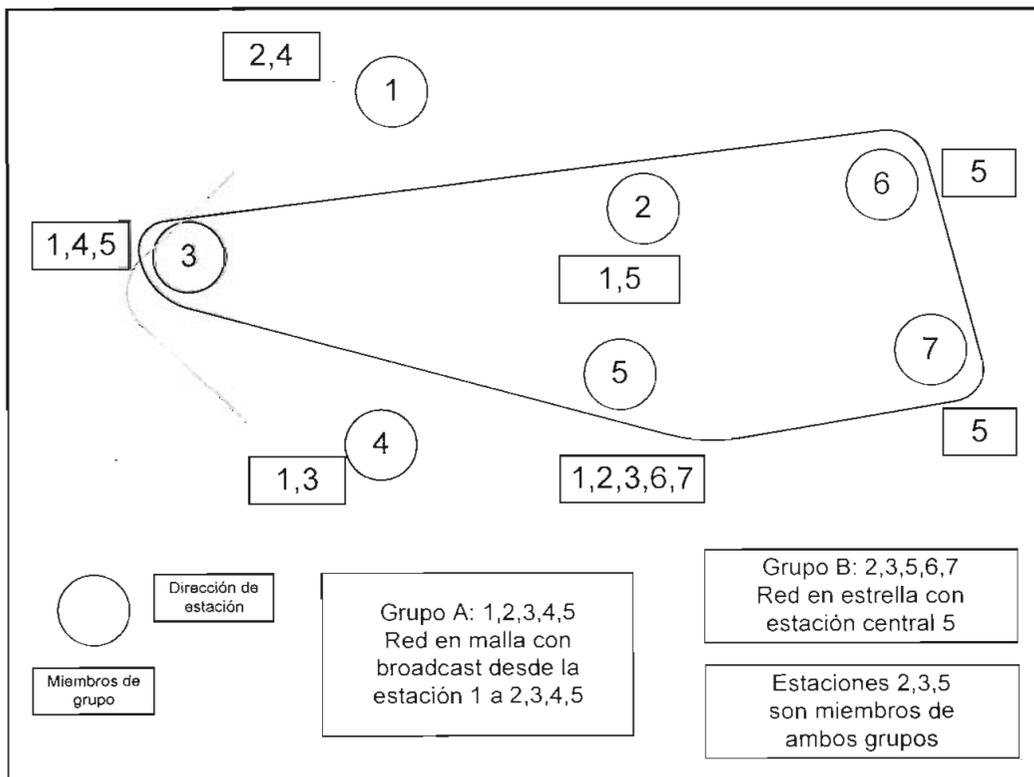


Figura 3-11. Ejemplo de definición de grupos ABCS [11]

Las definiciones de grupo describen la topología de una "LAN de Area Extendida" que conecta LAN's mediante la red ABCS. (Ver figura 3-12 como un ejemplo de red LAN ABCS).

Una estación ABCS se define como miembro de un grupo de red específico. Puede transmitir y recibir datos desde todos los miembros de su grupo. Para la conexión de LAN's, la estación se conecta directamente a la LAN Ethernet local con su puerto LAN. Esta, actúa entonces como un dispositivo más en esta LAN, escuchando todas las tramas que pasan en la Ethernet. El lado WAN de la estación ABCS se conecta a todas las otras estaciones en el grupo mediante el enlace satelital.

En el caso de únicamente dos estaciones ABCS conectando dos LAN'S, la arquitectura es como una conexión de LAN remotas punto a punto. La naturaleza *broadcast* del canal satelital permite sin embargo, conexiones simultáneas de todos los nodos ABCS en un grupo.

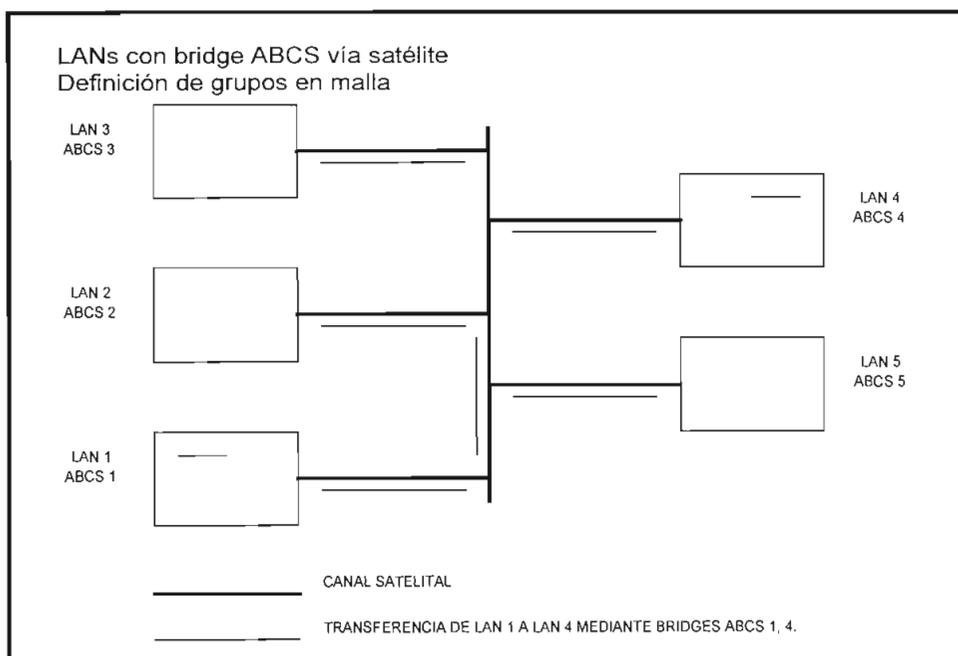


Figura 3-12. Red LAN ABCS

La función de un puerto LAN ABCS es similar a aquellas de un *bridge* LAN remoto. Cumple con las siguientes tareas:

- Filtrado de tramas entrantes con destino local, interpretando las direcciones MAC.
- Reenvío de tramas con destino remoto al canal satelital.
- Reenvío de tramas *multicast* y *broadcast* al canal satelital.

Además de los grupos definidos, para puertos Frame Relay (FR) se deben definir enlaces lógicos hacia otros puertos FR. Los mensajes son conmutados internamente entre puertos conectados mediante enlaces lógicos.

De esta manera, el operador configura la red y es capaz, en cualquier momento, de hacer una modificación o re-configuración de enlaces, alcanzando la topología requerida.

Las conexiones lógicas son internamente *mapeadas* a Circuitos Virtuales Permanentes (PVC's) entre puertos. Un puerto FR puede abarcar hasta 128 PVC's. De esta forma, se adaptan las conexiones a las necesidades de comunicación. Adicionalmente, el administrador de red puede definir circuitos de acuerdo al tráfico que será soportado, especificando los parámetros FR: Tasa de Información Comprometida (CIR) y Tasa de Información por Exceso (EIR) y los parámetros *SPOTNET* para *throughput* garantizado. De esta forma, la red tiene que ser dimensionada para las necesidades de tráfico de los distintos enlaces y sus aplicaciones.

3.5 PROCESAMIENTO DEL TRAFICO LAN EN LA RED ABCS

SEPARACION DE TRAFICO POR FILTRAJE.- Así como con conexiones LAN remotas, el filtraje y *bridging* se usa para conectar las LAN's remotas en el nivel MAC (*bridging*) pero separa el tráfico de la LAN local del tráfico con destino en la LAN remota (filtraje). Esto es especialmente importante para reducir el tráfico innecesario en la conexión vía satélite.

La interpretación de direcciones MAC de las tramas entrantes, es un proceso activo dinámico, en el que las direcciones y sus destinos son aprendidos y este conocimiento es guardado luego en tablas. La Tabla de Filtro Dinámico, guarda hasta 5000 ingresos que son permanentemente actualizados. Para el propósito de filtraje, se necesita un alto poder de procesamiento, para mantenerse al nivel con el flujo de tramas circulando en la LAN. La capacidad de recibir e interpretar un número de tramas, tan alto como el *rate* máximo posible en una LAN Ethernet a 10 Mbit/s es conocida como la velocidad de filtraje (*wire speed filtering*).

El proceso de aprendizaje se basa en las direcciones MAC de las tramas Ethernet. Por lo tanto, todos los tipos de protocolos de red son manejados igual y transparentemente.

El operador de la red, puede incluso especificar filtros basados en tipos de direcciones o protocolos para controlar los datos reenviados.

REENVIO DE DATOS.- Los datos recibidos de la LAN local con destino remoto son preparados y almacenados (*buffer*) para transmisión por el canal satelital. Los datos se pasan a un formato Frame Relay por un proceso de encapsulamiento y se direccionan a un nodo remoto por un proceso de conmutación.

La cola de *buffer* es accesada para transmisión por el proceso *SPOTNET*. Ciertamente todas las ventajas del esquema de acceso satelital se aplican a los datos LAN, tal como asignación de ancho de banda por demanda, asignación de *throughput* garantizado o transmisiones de *streams*.

El procesamiento de los datos a transmitirse a un nodo remoto puede llegar a ocupar la capacidad completa del enlace satelital. Esto significa que la tasa de reenvío de trama será tan alta como lo permita la capacidad de canal disponible.

SOPORTE DE TRAFICO MULTICAST Y BROADCAST.- Las tramas LAN con destino a un grupo de estaciones utilizan una dirección *multicast* MAC. La tramas LAN

dirigidas a todos los recipientes alcanzables, usan direcciones de *broadcast*. Ambos tipos de direcciones son fácilmente soportados en la red ABCS debido al carácter *broadcast* del canal satelital. Una trama debe transmitirse una sola vez para ser recibida por todos los nodos remotos en el grupo.

ORGANIZACION AUTOMATICA DE LAN'S CONECTADAS POR EL ALGORITMO *SPANNING TREE*.- En una topología de red muy dispersa, los dispositivos que participan en el reenvío de datos usualmente desarrollan una auto organización activa con el Algoritmo *Spanning Tree* (Arbol). Los principales objetivos son evitar tramas cíclicas y la recuperación luego de la falla de uno de los elementos [12]. Los dispositivos de red en esta categoría son *bridges* y *routers*. El puerto LAN ABCS, como un *bridge* transparente, además tiene la capacidad de participar en el proceso del *spanning tree*.

Para desarrollar el algoritmo, cada nodo debe guardar alguna información y generar o reenviar tramas especiales. A cada nodo se asigna un número único de nodo. El proceso inicialmente evalúa la topología de red, generando tramas exploradoras. En un segundo paso, se eliminan los ciclos, bloqueando ciertos enlaces críticos y se fija una estructura libre de lazos. Una vez alcanzada, se conserva esta estructura mientras una falla de nodo o de enlace, haga necesaria una reorganización. Las fallas se detectan automáticamente después de algún tiempo y el proceso de reorganización se desarrolla hasta que se alcanza nuevamente un estado estable.

El operador de la red, por medio de la administración de la red usualmente selecciona una estructura apropiada para satisfacer las necesidades de comunicación.

Los nodos ABCS siempre deberían ser miembros de la estructura *Spanning tree*, tal que el enlace satelital sea utilizado y las conexiones remotas no resulten bloqueadas. En casos donde existen desviaciones terrestres, se podría construir una estructura redundante. El tráfico es entonces re-enrutado al enlace terrestre alternativo, en caso de que el enlace satelital no esté disponible.

LAN'S VIRTUALES CON ABCS.- Con el acceso LAN, ABCS provee a la red de área extendida la facilidad de interconexión de redes de área local distribuidas. Usualmente, esas redes locales utilizan una amplia variedad de protocolos. Estos son en general transparentes a la red de área extendida, pero se debe considerar el hecho que éste adiciona un retardo significativo a los datos transportados.

El tipo de red de área local que puede conectarse directamente a un nodo ABCS es una LAN Ethernet. Además de esto, otros tipos pueden acceder a este interfaz utilizando un dispositivo convertidor, como un *router*. De este modo, en una red ABCS, puede existir una mezcla de tipos de redes de área local con una variedad de protocolos de red en cada una.

Una red ABCS, que conecta LAN's Ethernet, forma una red "LAN de Área Extendida". La definición del grupos LAN permite topologías de LAN virtuales adaptadas según la necesidad.

3.6 PROCESAMIENTO DEL TRAFICO FRAME RELAY EN LA RED ABCS

La estación ABCS provee hasta 8 interfaces Frame Relay para acceso directo de los dispositivos FR. Las tasas de acceso van desde 9.6 kbps a 2048 kbps. [4]

El interfaz FR conecta diferentes tipos de dispositivos de usuario, pero siempre acepta y reenvía tramas FR. El puerto FR ABCS y el dispositivo FR conectado directamente, se comporta de acuerdo al Interfaz Usuario a Red (*User to Network Interface-UNI*) como se indica en la especificación 1.1 del FRF (Frame Relay Forum). El dispositivo FR actúa como un dispositivo final (DTE), mientras que el puerto ABCS representa el lado de red (DCE), incluyendo funcionalidad de conmutación.

Entre el puerto ABCS y el dispositivo FR, se puede activar las funciones de protocolo de manejo de Capa Enlace Local, que será el que manejará el intercambio de

información de *status*, transparente al usuario. Se puede seleccionar entre los protocolos ANSI T1.617 y LMI 1.0.

CONECTIVIDAD EN LA RED FR.- La estación ABCS sirve como un nodo de la red FR. La red está constituida conectando internamente todos los nodos que necesitan comunicarse mediante el enlace satelital. Las conexiones utilizan definición de grupos como un primer nivel para especificar los alcances, donde cada uno de los nodos puede alcanzar a todos los otros miembros del grupo. En un segundo nivel, los enlaces lógicos entre cada dos puntos de comunicaciones finales, se definen como Circuitos Virtuales Permanentes (PVC). La combinación de definición de grupos y la definición de PVC permite una adaptación flexible a todos los tipos de relaciones y arquitecturas de comunicación. Se puede utilizar un esquema predefinido de conexiones por PVC para una fácil configuración de topologías en malla.

SWITCH FR INTEGRADO.- La estación ABCS implementa un *switch* FR integrado. Este, distribuye todos los datos a los destinos direccionados, de acuerdo con la definición de enlace lógico. Un puerto puede tener hasta 128 enlaces lógicos (PVC's) con uno o más puertos remotos. Los datos son conmutados entre todos los PVC's a una tasa máxima de 5000 tramas/segundo. El direccionamiento Frame Relay interno usa Identificadores de Conexión del Enlace de Datos (DLCI's).

SERVICIO MULTICAST.- Además de PVC para conexiones punto a punto, se dispone de un servicio punto a multipunto, el cual permite la transmisión de una única trama a múltiples destinatarios a la vez. Con este propósito, se deben configurar grupos y PVC's *multicast*. Todos los puertos que corresponden a un grupo *multicast*, incluyendo los puertos locales de una estación y puertos remotos, recibirán una trama *multicast*. Se pueden definir hasta 32 grupos *multicast* sin limitación en el número de miembros del grupo. [11]

El servicio *multicast* además tiene la capacidad de establecer algunos esquemas de configuración especializados, permitiendo flujos de tráfico como:

- Punto a punto unidireccional (*unicast*)
- Unidireccional punto a multipunto (*broadcast* de grupo)
- Bidireccional punto a multipunto con canal de retorno unidireccional (*broadcast* de grupo con canal de retorno).
- Bidireccional punto a multipunto con canal de retorno bidireccional (*broadcast* de grupo con canal de retorno *broadcast*).

Los datos Frame Relay recibidos del dispositivo FR local en un puerto específico son conmutados a su PVC relacionado. Una revisión de la tabla de conexiones permitirá la traslación de DLCI⁶ externa a interna. El *switching* tiene un *throughput* máximo de 5000 tramas por segundo.

La trama es luego procesada y preparada para la transmisión vía el canal satelital. Es adicionada a una cola dependiendo de su clase de servicio de transmisión, sea en tiempo real o de tiempo no real. El proceso SPOTNET, responsable del acceso al canal satelital, describe todas las características de protocolo referentes a Frame Relay, para uso eficiente del ancho de banda y distintas clases de tráfico. Soporta una Tasa de Información Comprometida (CIR) y Tasa de Información en Exceso (EIR) sobre el enlace espacial. Esas tasas de *throughput* garantizado y adicional pueden especificarse y mantenerse para enlaces lógicos individuales (nivel PVC), para la suma de todos los enlaces lógicos de un puerto (nivel puerto) y para todos los puertos de una estación (nivel nodo).

La congestión ocurre cuando un nodo de la red FR se sobrecarga con tráfico. Este estado es señalado a los dispositivos FR en dirección hacia adelante o hacia atrás. Los bits de bandera respectivos -FECN y BECN- son enviados en las tramas. Los dispositivos FR que reciben notificaciones de congestión de los nodos de red, podrían entonces iniciar procedimientos para evitar que ocurra más congestión y pérdida de tramas. Por ejemplo, el recibir tramas con la bandera BECN activa, le indica al dispositivo que debe

⁶ La cabecera de una trama Frame Relay, contiene información sobre el destinatario de la trama, la cual es conocida como DLCI (*Data Link Connection Identifier*). [8]

disminuir la velocidad de sus transmisiones. El nodo ABCS soporta completamente el manejo de congestión. Además, para tramas que exceden la Tasa de Información Comprometida (CIR), el bit DE es activado por el nodo para marcarlas para un descartamiento preferido en caso de congestión.

A un simple puerto ABCS, se pueden adicionar dispositivos tal como un multiplexor FR, que combina un número de puertos no FR en una línea troncal con protocolo FR. Además de los beneficios de multiplexar líneas de acceso con baja carga en una única línea troncal, permite que distintas clases de protocolos seriales accedan a un servicio de transporte conmutado FR.

Frame Relay brinda el interfaz al ABCS, dando un servicio general de transporte, conduciendo a una red de transporte abierta y conmutada. Se podría tener acceso directo, dispositivos nativos FR ó dispositivos conversores de distintos protocolos de red.

3.7 VOZ Y FAX A TRAVÉS DE ABCS

La transmisión de voz y fax por medio de ABCS es completamente manejada como datos en el formato FR mediante el *switch* FR. Las interfaces físicas son provistas en unidades modulares expansibles mediante el multiplexor FR. Para las aplicaciones ABCS, Nortel Dasa ha definido como estándar, la utilización de multiplexores de la marca ACT NETWORKS. La opción analizada es con multiplexores de la familia Netperformer. En este equipo, todas las líneas de voz se concentran en una línea troncal y se conectan al puerto FR ABCS. De esta forma se accesa a la red conmutada ABCS Frame Relay.

Se puede construir una red de voz y datos, con la definición de grupos de usuarios y la conexión de puertos ABCS mediante PVC's internos. Se pueden crear grupos de usuarios cerrados múltiples. También, el manejo de la capacidad para voz/fax en una red mixta de datos y voz/fax, puede restringirse a un valor que permita la disponibilidad

deseada. Para el manejo de capacidad se utilizan las definiciones de CIR's, EIR's, *throughput* garantizado y número de *streams*.

Las interfaces físicas para voz incluye E&M Tipos I a V de 2 o 4 hilos, *Loop Start OPX* (*Off Premise Extension*) y SLT (*Single Line Telephone*). Se puede utilizar Fax Grupo III con tasas desde 2.4 kbps hasta 9.6 kbps.

3.8 PROCESOS DE OPERACION Y ADMINISTRACION DE LA RED

Las facilidades para administración de la red, se integran en cada estación ABCS; éstas se comunican con el software de manejo localizado en una estación de trabajo conectada a una de las estaciones ABCS de la red. Las estaciones aceptan la información necesaria para configuración y control y a cambio proveen al administrador con los datos de *status* y estadísticas. Una estación de trabajo administradora única sirve como consola para la operación central de la red, mientras en redes compartidas podría haber estaciones adicionales.

Las tareas de administración de la red incluyen el manejo de la configuración, monitoreo y control de la red, manejo de eventos y problemas, recuperación de datos con propósitos estadísticos y de cuantificación.

El sistema de administración de red NMS consiste de una Estación de Manejo de la Red con software SNMP, el software intermediario en cada estación ABCS , la Base de Información de administración (MIB) y el protocolo de administración. La estación de manejo de la red (NMS) es una estación de trabajo. Se conecta con un interfaz *Ethernet* al puerto LAN de una estación ABCS. Típicamente para el NMS se utiliza una estación de trabajo HP con el software *HP OpenView*.

El software de administración de la estación de manejo de la red permite al operador enviar comandos y recibir datos a/desde cualquier software intermediario de una estación activa en la red ABCS. Cada estación ABCS es un nodo administrable con su

intermediario integrado y los objetos administrados (atributos). Estos objetos se representan en la base de datos MIB con sus valores actuales. Los objetos son toda clase de parámetros, información de *status* y estadísticas de la red y la estación individual.

El NMS ofrece un interfaz de usuario gráfico basado en ventanas, con herramientas SNMP estándar para manipulación de la MIB. *HP Open View* incluso tiene la habilidad de mostrar gráficamente los objetos seleccionados. Permite además un mapeo de la estructura jerárquica de la red con una funcionalidad de zoom, además de un mecanismo de auto descubrimiento y auto topología para recuperar y mostrar la topología de la red.

El NMS tiene protección de acceso al operador tanto para realizar un acceso (*login*) como para acceso a la MIB. Los objetos de la MIB se protegen por la definición de sus tipos de acceso, que se comparan con los derechos de acceso del usuario. Se pueden asignar accesos de solo lectura o lectura/escritura.

Se pueden tener varias estaciones de administración de la red, aplicándose conceptos de redundancia, operación distribuida o administración de redes compartidas particionadas.

Todos los parámetros relevantes están guardados y salvados en cada estación ABCS: la red tiene la capacidad de operar confiablemente por un tiempo intermedio no limitado, sin una NMS activa. Las estaciones ABCS incluso pueden desarrollar un arranque en frío (por ejemplo después de una pérdida de energía), reestablecerse y entrar en operación autónomamente.

La implementación de la administración de red ABCS de acuerdo con el estándar SNMP hace posible integrarla con otros tipos de redes dentro de una plataforma.

CONFIGURACION.- La administración de configuración es la tarea de ingresar todos los parámetros relevantes al sistema, para que opere en la forma deseada. Esto encierra:

| | |
|-------------------------------|--|
| Parámetros de administración: | conjunto de parámetros de administración básicos |
| Parámetros de red: | conjunto de parámetros de red extendida |
| Parámetros <i>master</i> : | conjunto de parámetros para la estación <i>master</i> |
| Parámetros estación: | conjunto de parámetros para una estación individual |
| Parámetros <i>bridge</i> : | conjunto de parámetros para puertos <i>bridge LAN ABCS</i> |
| Parámetros <i>switch</i> : | conjunto de parámetros para puertos <i>switch FR ABCS</i> |
| Parámetros de capacidad: | Conjunto de parámetros para acceso de <i>stream</i> |

La mayoría de los parámetros están predefinidos para una operación inicial del sistema. Especialmente aquellos que no deben adaptarse muy frecuentemente, tal como los parámetros del bridge Ethernet incluyendo los parámetros del Protocolo *de Spanning Tree*, que vienen configurados para una funcionalidad "*plug & play*".

Una vez que se ha realizado el diseño teórico de una nueva red, se deben modificar los archivos de parámetros antes mencionados y adaptarlos a la nueva configuración. Se trabaja bajo un ambiente de editor MS-DOS, que le hace muy sencillo de manipular. Luego de grabar esos parámetros, se reinicia la estación pasando a operar como nuevo miembro de la red. ABCS define el parámetro de DLCI, en función del número de estación que se asigne dentro de la red y el puerto de la *indoor unit* que se utilice para la red ($DLCI = \# \text{ Estación} \times 16 + \# \text{ Puerto}$). De esta forma, utiliza el esquema de direccionamiento similar al del fabricante ACT, donde $DLCI = \text{Switch} \times 16 + \text{Port}$. Por ejemplo, si se utiliza el puerto 3 de la estación número 6, se deberá configurar el Multiplexor Frame Relay ACT, con DLCI 100 ($6 \times 16 + 4$). Basándose en este esquema, ABCS crea automáticamente los PVC's necesarios para implementar una red con topología de malla completa. Estos PVC's pueden ser luego modificados según la necesidad del usuario.

La configuración de la red define su topología, las estaciones y sus interfaces así como también las interconexiones entre ellas. Antes de poder definir una configuración, se debe tener un plan detallado del sistema, concerniente a aspectos estáticos, tales como topología, número y tipo de interfaces, enlaces de comunicaciones; así también los

aspectos dinámicos: estimación de carga de tráfico, dimensionamiento de la capacidad para enlaces y canales, selección de tipos de acceso- para la red. De este plan se derivan los parámetros que abarcan toda la red y los parámetros de cada estación.

La configuración de una red cambiará cada determinado tiempo, según el crecimiento en el número de estaciones, siendo necesario añadir interfaces o modificar sus parámetros de comunicación. Todas las modificaciones pueden manipularse desde el NMS, sin interferir con el resto de la red. Cuando se añaden nuevas estaciones a la red, esto puede realizarse completamente desde el nodo añadido y sin acción del operador.

UPGRADES DE SOFTWARE.- Un procedimiento para cambiar el software operacional para todas las estaciones en una red a un tiempo predefinido, hace posible controlar el *upgrade* a versiones nuevas de software. La distribución del software de actualización puede ser hecho vía satélite a los discos duros de todas las estaciones ABCS en la red.

El monitoreo es usualmente configurado para notificación de averías o en situaciones, donde la red cambia. Es importante notar que la administración de la red es capaz de combinar y mostrar flexiblemente los objetos para las respectivas tareas o situaciones.

El manejo de eventos y problemas controla cambios de estado y fallas en la red. La tarea es la de reconocimiento, detección, aislamiento y eliminación de errores. El manejo de red permite supervisión de componentes y su operación. Debe ser configurado para que los errores o tendencias, que lleven a un error potencial, puedan ser reconocidas tan pronto como sea posible. Por lo tanto, la administración de problemas está relacionada al monitoreo del sistema.

HERRAMIENTAS NMS.- Primeramente, mediante la NMS, se reúne información relevante de la red. Las herramientas del SNMP ayudan en esta tarea, por ejemplo un constructor de aplicaciones MIB que permite seleccionar y ajustar un conjunto de

objetos para acceso y exhibición directa. Donde sea aplicable, los datos se presentan en gráficos sobre el tiempo.

| ABCS | | |
|-------------|---------------------------|--------------------------------|
| | administración | Parámetro del sistema |
| | | Parámetros de acceso |
| | | Definición de grupos |
| | | Parámetro de organización |
| | | cuenta |
| | red | Parámetros de red |
| | | Parámetros <i>master</i> |
| | | <i>Performance</i> |
| | estación | Estación de control |
| | | Estación monitor |
| | | Parámetros del módem |
| | | Parámetros de radio |
| | <i>Bridge Ethernet</i> | Parámetros base |
| | | <i>Spanning tree</i> |
| | | <i>Bridge</i> transparente |
| | | Parámetros de filtro |
| | | <i>Performance Ethernet</i> |
| | <i>Switch Frame Relay</i> | Parámetros de puerto |
| | | Parámetros de PVC |
| | | Parámetros de señalización |
| | | Parámetros de <i>switch</i> |
| | | <i>Performance Frame Relay</i> |
| | Capacidad | Parámetros de <i>stream</i> |

Tabla 3-6. Estructura básica de los parámetros ABCS [3]

UMBRALES Y ALARMAS.- Se pueden configurar umbrales para supervisión de objetos específicos mientras el monitoreo está activo. Cuando se excede un valor de umbral, se muestra una alarma en el objeto relacionado. Se pueden tener alarmas visuales o audibles.

LOGGING.- Se pueden almacenar eventos en un archivo histórico, para reunir toda la información relevante del sistema, con el objeto de realizar una inspección e investigación.

PING.- Una aplicación de administración común es el *Packet InterNet Grouper*, PING que puede ser configurado para *polear* periódicamente a las estaciones, a fin de chequear su disponibilidad y generar eventos si es que no lo está o si el tiempo de respuesta se ha elevado por sobre un umbral determinado.

DIAL-IN REMOTO.- Si una estación en la red, no está disponible para el NMS por causa de alguna falla, se puede tratar de acceder con un *dial-in remoto* a su puerto de módem telefónico. De esta forma, se puede chequear la configuración o modificarla y se puede realizar un reinicio.

TAREAS.- Un poderoso software de cuenta reúne información de los tipos y montos de utilización, con el objeto de ser capaces de desarrollar análisis y evaluaciones estadísticas así como para facturar la utilización de recursos en la red. Los datos de contabilidad son provistos en una forma detallada y altamente flexible. La evaluación puede realizarse por medio de las herramientas NMS.

Como la facturación es individual para cada proveedor de servicios u organización, se necesita un software de aplicación adicional que no es parte de la administración de la red.

VALORES DE PERFORMANCE EN OBJETOS MIB.- Los valores de *performance*, relevantes para el monitoreo de la red se guardan como objetos en la base de datos MIB

de cada estación. Estos valores pueden ser luego accesados por SNMP con el objeto de mostrarlos y evaluarlos en la estación NMS. La evaluación se utiliza para análisis de tráfico, estadísticas de *performance* y optimización.

CAPITULO 4



4. DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED CORPORATIVA DE TELECOMUNICACIONES

Se trata de una entidad corporativa productora - exportadora de bienes, la cual posee oficinas en Ecuador, Colombia y Estados Unidos.

En Ecuador, se encuentran las plantas de producción, las oficinas para comercialización de los bienes y su matriz; en Colombia y Estados Unidos, están las oficinas encargadas de la venta de los productos en esos países y de las negociaciones en la importación de materia prima.

4.1 ESTRUCTURA DE UNA RED CORPORATIVA TIPO Y SUS REQUERIMIENTOS

Esta compañía requiere comunicaciones para el intercambio de datos y voz entre todas sus instalaciones, utilizando para ello, protocolos, interfaces y equipos estándares existentes en el mercado.

Los grupos de trabajo de cada país, interactúan entre sí y con el resto de países, generando archivos de datos, lo que hace imprescindible comunicación telefónica e intercambio de correo electrónico entre todas las regionales, la consulta a base de datos, conferencias, etc.

Existe un movimiento diario de información y comunicación entre todas las entidades, a fin de controlar y planificar la distribución de materiales y logística, producción, información financiera, personal, ventas, etc.

Para la corporación, la opción de una red privada de telecomunicaciones presenta las ventajas de disponer de un canal de comunicaciones en todo momento, lo cual repercute en las utilidades que tenga la empresa, al no verse obligada a paralizar procesos de producción debido a daños graves que podrían ocurrir en las redes de los proveedores públicos y que demandarían altos tiempos de recuperación. Así mismo, no estará sujeta

a incrementos en tarifas impuestas por los mismos operadores y el aumento en utilización de la red no implicará gastos extras, mientras la capacidad de la red soporte ese tráfico.

4.1.1 REQUERIMIENTOS DE LA RED CORPORATIVA

Debido a las características de la corporación, se tienen algunos requerimientos que deberá cumplir su solución de comunicaciones:

1) Comunicación directa entre todas las oficinas.- A fin de alcanzar una conexión directa entre todas las regionales de la empresa, se hace imprescindible una topología de red tipo malla. Las oficinas están distribuidas en tres países de América existiendo flujo de información, tanto de voz como de datos entre todas las regionales.

2) Alta disponibilidad de la red de comunicaciones.- Es necesario un sistema de comunicaciones que esté disponible cuando se lo requiera y sin limitaciones geográficas. Aquí se observa la conveniencia de utilizar las comunicaciones satelitales, con mayores ventajas que las redes terrestres.

Las comunicaciones por satélite cumplen con la condición requerida, de presentar una amplia cobertura, dependiendo del haz y del satélite escogido. La característica inherente de este medio de comunicación de difusión, facilita la posibilidad de alcanzar distintos tipos de configuraciones, que pueden ser: punto a punto, punto a multipunto, estrella, malla o de *broadcast*. Además, actualmente existen nuevas generaciones de satélites, con haces de alta potencia y cobertura global, así como equipos terrestres modernos, con transmisión y recepción de alta calidad, permitiendo que las estaciones satelitales de cada regional sean cada vez más pequeñas, posibilitando y facilitando su instalación directamente en las oficinas de la empresa, evitando la utilización de accesos de última milla, lo que incrementaría los costos y adicionaría un posible punto de falla.

3) Se requiere además, de un sistema que pueda crecer fácilmente, según las necesidades de la empresa, ya que sus instalaciones están en varios países del continente

americano y existe la posibilidad de una sucursal en Europa, factor que debería considerarse al escoger el satélite para evitar que su cobertura sea un limitante a futuro, cuando se requiera incluir nuevos puntos a la red. Se requiere también la posibilidad de incluir en la red, a los centros de producción que generalmente se encuentran en lugares no urbanos, donde la infraestructura de comunicaciones terrestre aún no ha llegado.

4) Transmisión de datos, vídeo y voz de alta velocidad.- Las aplicaciones computacionales existentes actualmente, generan cada vez más variedad de información. Aplicaciones de gráficos, diseño, multimedia, se almacenan en archivos grandes que luego deben ser compartidos con otros usuarios de la red. Esto hace necesario el disponer de canales de un gran ancho de banda que minimicen el tiempo requerido para esa transmisión.

5) Interfaces estandarizados.- Se debe interconectar las Redes de Área Local (LAN) y centrales telefónicas de cada uno de los países, formando una sola red corporativa. Se necesita discriminar el tráfico que viajará por el segmento WAN y el tráfico en el segmento LAN de cada país, al fin de no sobrecargar el segmento WAN, que bajaría el desempeño de toda la red, usando recursos inútilmente. Se debe además, contar con un método eficiente de administración y control del desempeño de la red.

6) Una red con bajos costos de instalación y operación.- Es importante escoger la solución más conveniente según las necesidades de tráfico de datos y voz. Se optimizará la utilización de recursos tanto terrestres como espaciales, y se buscará el protocolo WAN adecuado.

7) Alta seguridad para la información transmitida.- Se necesita que la red brinde seguridad en el transporte de la información y que de alguna manera, garantice que la información pueda ser recibida e interpretada únicamente en los lugares que sea necesario. Los procesos de digitalización de señales de voz y acceso múltiple satelital (en los cuales los paquetes de información viajan en forma aleatoria) hacen que esta información no pueda ser interpretada por equipos estándar no autorizados.

4.1.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES CORPORATIVO

Cada una de las oficinas de la entidad corporativa cuenta con su central telefónica privada y una red de computadores con sus respectivos servidores.

La distribución de las oficinas se muestra en la tabla 4.1, indicando el país al que corresponde cada ciudad y asignando un número de estación dentro de la red de comunicaciones corporativa.

| # DE ESTACION | PAIS | CIUDAD |
|---------------|----------------|---------------|
| 1 | Colombia | Bogotá |
| 2 | Colombia | Cali |
| 3 | Ecuador | Cuenca |
| 4 | Ecuador | Guayaquil |
| 5 | Estados Unidos | Miami |
| 6 | Ecuador | Loja |
| 7 | Ecuador | Portoviejo |
| 8 | Ecuador | Quevedo |
| 9 | Ecuador | Quito |
| 10 | Ecuador | Santo Domingo |

Tabla 4-1. Ciudades que intervienen en la red corporativa

4.1.2.1 DATOS

El tráfico de datos está compuesto básicamente por intercambio de información entre las computadoras que forman las redes LAN de cada una de las estaciones de la red corporativa. Cada punto de la corporación, utiliza redes de área local Ethernet a 10 Mbps, con servidores de red y correo electrónico locales. Se distinguen principalmente dos aplicaciones: base de datos *Baan* y correo electrónico.

Todas las operativas acceden a una base de datos en la matriz, -utilizando la aplicación *Baan*-, con la cual se maneja información contable, financiera y de control de producción. Para esta aplicación, el fabricante de la base de datos, pide como requerimiento 6 Kbps por cada usuario¹. En la figura 4-1 se muestra la característica del tráfico entre una sucursal y la matriz de una empresa que maneja esta aplicación sobre enlaces SCPC a 64 Kbps, obtenida realizando una medición real con el software de gestión de red de un prestador de servicios de telecomunicaciones local.

Adicionalmente existe intercambio de correo electrónico entre todos los puntos, formando una red en malla completa de datos, para lo cual en cada lugar disponen de servidores que descentralizan los procesos de validación y autenticación de usuarios.

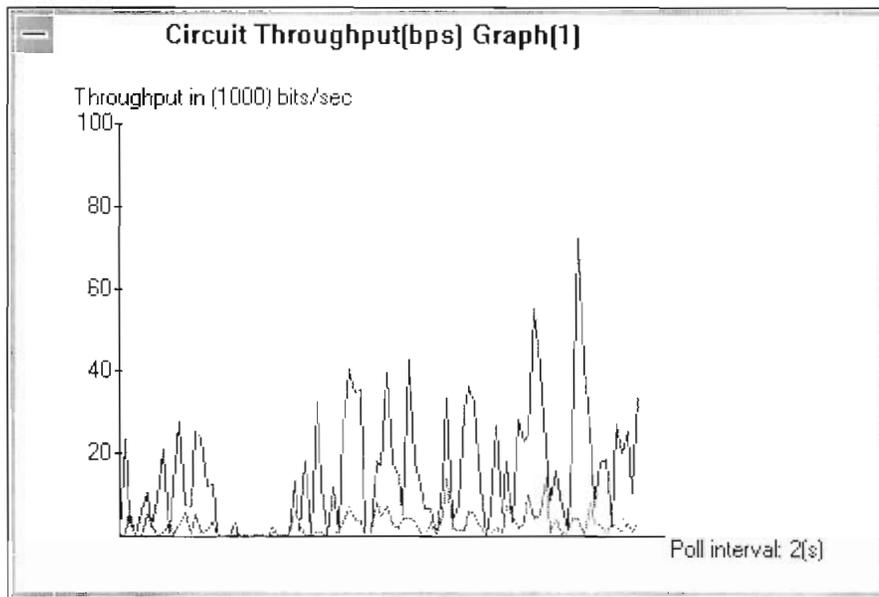


Figura 4-1. Característica de tráfico WAN de una empresa tipo utilizando aplicación *Baan* y correo electrónico

En el caso de la corporación tomada como referencia, en cada punto remoto trabajan en promedio 8 máquinas simultáneamente con la aplicación *Baan*. Esto implicaría que para

¹ Para la aplicación *BAAN IV*, el fabricante recomienda para el dimensionamiento de enlaces WAN (documento *BAAN SIZING*) que por cada usuario se asignen 6 Kbps (tasa requerida por usuario, sin utilizar compresión de datos: típico = 6 Kbps, mínimo = 4 Kbps y máximo = 9 Kbps). Este dato fue entregado por el proveedor local de la aplicación *Baan*.

esta aplicación se requieren canales de 48 Kbps para datos, con el fin de obtener un funcionamiento óptimo.

El resto de enlaces se utilizarán para aplicaciones de correo electrónico y eventualmente para transferencias de archivos. Según datos tomados de un servidor de *mail* de una empresa, se tienen que en promedio se envían *mails* de 100 KB. Asumiendo que se envíe un *mail* de estas características, y esperando un tiempo promedio de entrega de 1 minuto, se requiere un canal de: $(100 \text{ KB}) \times (8 \text{ bits / byte}) / 60 \text{ sec} = 13.3 \text{ Kbps}$. En realidad el tiempo de entrega dependerá del “encolamiento” de *mails* y procesos en general que existan en el servidor de entrega y de la utilización que tenga el canal en ese momento. En todo caso el correo electrónico es una aplicación que no es de tiempo real, siendo el servidor el encargado de “encolarlos” y enviarlos al destino correspondiente. Lo que se ha hecho es estimar un tiempo promedio adecuado de entrega.

4.1.2.2 VOZ

Se deben analizar las necesidades de comunicación entre los distintos puntos de la red, para lo cual es importante conocer la utilización que se tendría del sistema de comunicaciones en cada una de las plantas, obteniendo así información clara de los destinos y tiempos de duración de llamadas entre los puntos de la corporación. Esta información es entregada por la empresa corporativa, indicando el número de ocupaciones de la red en cada lugar, durante la hora de más alto tráfico. Esta red telefónica estará restringida a utilización entre las operativas, sin incluir acceso a la red pública.

Para saber el número de puertas de voz necesarias en cada estación, se deben conocer los requerimientos de tráfico (en Erlangs) y el grado de servicio deseado. El Erlang puede ser definido en general como un promedio de la fracción de tiempo que una línea es utilizada para una llamada telefónica. Un Erlang representa un circuito ocupado durante una hora. El grado de servicio es un porcentaje de llamadas que recibirán tono de ocupado debido a que no hay líneas disponibles. lo que es también conocido como probabilidad de bloqueo. [1]

Esto implica que, para alcanzar un más bajo grado de servicio (baja probabilidad de bloqueo o mejor servicio), se deberá contar con un mayor número de canales de voz (o troncales de voz) si el tráfico permanece constante (Erlangs). Contrariamente, a mayor tráfico (más Erlangs) se tendrá un grado de servicio más alto (mayor probabilidad de bloqueo o peor servicio) para un mismo número de canales de voz.

La fórmula de Erlang B establece una relación entre el tráfico, el número de troncales y la probabilidad de bloqueo; las tablas de Erlang tabulan esta relación en un formato fácil de utilizar.

En el Anexo A, consta la tabla de Erlang para un número de troncales que se encuentra dentro del rango que será utilizado para este diseño. En esta tabla, la primera columna indica el número de troncales de voz y la primera fila, la probabilidad de bloqueo (grado de servicio). La tabla da la capacidad de Erlangs del total de troncales (la suma de la capacidad de cada una de las líneas troncales) para un determinado grado de servicio.

En general, las instalaciones telefónicas se planifican de tal forma que, incluso en los períodos de tráfico telefónico más intenso, o sea en las llamadas horas cargadas, puedan establecerse con gran probabilidad las comunicaciones que deseen los abonados. La cantidad de líneas y equipos de conmutación que deban proveerse para atender al tráfico telefónico, se establecerá, por lo tanto, normalmente de forma tal, que durante las horas cargadas sólo un porcentaje pequeño –por lo general, previamente determinado- de las comunicaciones deseadas no pueda ser establecido o no lo pueda ser en el acto; es decir, que se pierda o que deba esperar, por falta de equipos de conmutación. [3]

Como los abonados, que son las “fuentes de tráfico”, inician generalmente sus pedidos de comunicación casualmente y sin depender unos de otros, sosteniendo conferencias de diferente duración, el número de líneas de salida ocupadas simultáneamente fluctuará permanentemente. No obstante, pueden observarse ciertas regularidades periódicas, debidas por ejemplo, a las temporadas o las estaciones del año, así como también diferencias entre los distintos días de la semana. Sin embargo, las fluctuaciones más marcadas son las que se presentan en el curso de un día. Como las instalaciones se dimensionan siempre de manera que se pueda cursar el tráfico incluso en las horas de

mayor aglomeración sin dificultad y a la satisfacción de los abonados, o sea, con la calidad de tráfico prescrita, para todas las tareas de planeamiento y dimensionado se toma como referencia el tráfico telefónico en la hora cargada de un día hábil normal de la temporada de mayor tráfico.

Se puede suponer que la intensidad del tráfico se mantiene aproximadamente constante durante las horas cargadas y que la cantidad de ocupaciones simultáneas oscila sólo estadísticamente alrededor de su promedio.

Las fluctuaciones casuales del número de líneas ocupadas simultáneamente, dentro de un grupo de líneas, dependen entre otras cosas del número de fuentes de tráfico (abonados) que originen el tráfico ofrecido.

Para este caso, se determina el número de líneas necesarias en cada una de las filiales de la corporación para poder comunicarse con el resto de sucursales, asumiendo un grado de servicio del 1%.

En el caso de los puntos principales (Quito, Guayaquil y Miami), donde se tiene un mayor número de personas con respecto al resto de oficinas (90 empleados en promedio en Quito y Guayaquil), usuarios de la red corporativa, se considera un promedio de 60 ocupaciones de la red telefónica corporativa durante la hora cargada (peor caso), con una duración media de 180 segundos cada ocupación.

Entonces: $t_m = 180 \text{ seg}$

$CA = 60 \text{ ocupaciones / hora}$

Donde: $t_m =$ Tiempo medio de ocupación de las líneas de salida

$CA =$ Número de ocupaciones ofrecidas por término medio en la unidad de tiempo al grupo de salida

La oferta será:

$$A = CA \times tm = 60 \text{ (ocupaciones / hora)} \times (\text{hora} / 3600 \text{ s}) \times 180 \text{ (s)} = 3 \text{ Erl}$$

En el caso de las otras siete oficinas de la corporación, el número de empleados es menor (40 usuarios de la red corporativa) y las necesidades de comunicación son menores. El tiempo estimado promedio de ocupación es de $tm = 180$ segundos y $CA = 15$ ocupaciones durante la hora cargada, lo que da como resultado una oferta de

$$A = CA \times tm = 15 \text{ (ocupaciones / hora)} \times (\text{hora} / 3600 \text{ s}) \times 180 \text{ (s)} = 0.75 \text{ Erl}$$

Utilizando las tablas de Erlang (Anexo A), se obtiene que para un grado de servicio del 1%, la necesidad en cada uno de los casos anteriores puede ser satisfecha con:

PUNTOS PRINCIPALES: 3 Erl → 8 canales de voz cada uno

OTROS 7 PUNTOS: 1 Erl → 4 canales de voz cada uno

Esto indica que se tendrán 8 canales telefónicos hacia la red corporativa en los puntos principales (Quito, Guayaquil y Miami). En estos tres puntos está concentrado el mayor tráfico telefónico. El resto de puntos se conectará con 4 líneas cada uno.

4.1.2.3 RED SATELITAL

Las características de la aplicación justifican la implementación de una red satelital. La tabla 4.2, muestra las coordenadas geográficas de cada ciudad, donde se planifica instalar puntos de la red. Se debe anotar que únicamente en Ecuador, los puntos de Quito y Guayaquil están dentro del área urbana; en el resto de ciudades, se encuentran en áreas rurales por lo cual, la comunicación satelital resulta una solución óptima a las necesidades de telecomunicaciones. La distribución geográfica sobre los tres países de América, obliga a buscar un satélite con un haz de cobertura tipo hemisférico (Ver capítulo 1) de tal manera que se cumpla la condición de cubrir a los tres países que forman parte de la red y que lo haga con la suficiente potencia. Estos puntos geográficos, se ubican dentro del área marcada en el mapa de la figura 4-2.

| ESTACION | PAIS | CIUDAD | LATITUD | LONGITUD |
|----------|----------|--------------|------------|------------|
| 1 | Colombia | Bogotá | 4° 22.8' N | 74° 2.4' W |
| 2 | Colombia | Cali | 3° 14.4' N | 76° 18' W |
| 3 | Ecuador | Cuenca | 2° 52' S | 79° 00' W |
| 4 | Ecuador | Guayaquil | 2° 13' S | 79° 55' W |
| 5 | USA | Miami | 25° 45' N | 80° 15' W |
| 6 | Ecuador | Loja | 4° S | 79° 13' W |
| 7 | Ecuador | Portoviejo | 1° 3' S | 80° 27' W |
| 8 | Ecuador | Quevedo | 1° 1' S | 79° 28' W |
| 9 | Ecuador | Quito | 0° 12' S | 78° 30' W |
| 10 | Ecuador | Sto. Domingo | 0° 16' S | 79° 11' W |

Tabla 4-2 Ubicación geográfica de las ciudades a enlazar



Figura 4-2. En el mapa se muestra el área dentro de la cual se encuentran ubicadas las ciudades a enlazar

Se trabajará con el satélite INTELSAT 805. Se ha elegido un haz de cobertura hemisférica, pues alcanza a las ciudades que intervienen en la red y se muestra como un *transponder* de buena potencia, lo que implica enlaces de alta calidad permitiendo disminuir los requerimientos de equipamiento terreno y la consiguiente disminución en los costos.

El INTELSAT 805 está ubicado en la posición 304.5° E (AOR), y sus parámetros principales se muestran en la tabla 4-3.

| | |
|-------------------------------|---|
| <i>Transponders</i> totales | Banda C: 36 |
| Polarización | Banda C: Lineal |
| E.I.R.P. | <i>Beam</i> Hemisférico: 3.7 hasta 41.5 dBW |
| Frecuencia de <i>Uplink</i> | Banda C: 5850 a 6650 MHz |
| Frecuencia de <i>Downlink</i> | Banda C: 3400 a 4200 MHz |
| Rango G/T típico | <i>Beam</i> Hemisférico: -4.0 a -8.0 dB/K |
| Rango SFD * | Banda C: -89.0 a -70.0 dBW/m ² |

Tabla 4-3 Parámetros principales del INTELSAT 805

* SFD: Densidad del flujo de saturación. Utilizado para definir la sensibilidad del *transponder*; corresponde a la densidad de flujo RF en *uplink* requerido en el satélite para saturar el *transponder*.

El mapa de cobertura del INTELSAT 805, es el mostrado en la figura 4-3. El contorno mostrado con rojo, marca la cobertura del haz hemisférico, el cual cumple con el requerimiento del presente diseño. Además, se trata de un satélite nuevo, contando con la capacidad libre suficiente y con precios convenientes. (Ver detalle de tarifas, más adelante, en el análisis de costos)

La cobertura de este *transponder* está definida en banda C. Como se puede observar, permite además la expansión de la red a Europa en caso de ser requerido.

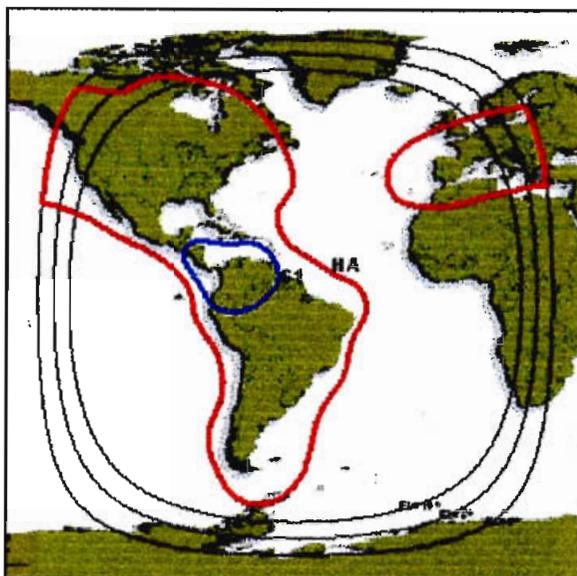


Figura 4-3. Mapa de Cobertura del INTELSAT 805

4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Se analizan dos posibles alternativas de solución:

1. Solución basada en la creación de una red en malla utilizando enlaces SCPC entre todos los puntos.
2. Solución con una red en malla aplicando TDMA/ DAMA, con la tecnología ABC'S de la empresa Nortel Dasa.

4.2.1 RED EN MALLA COMPLETA CON ENLACES SCPC

La necesidad de establecer enlaces directos entre todos los puntos, obliga a formar una red con topología malla. La primera opción que se analiza, es la de establecer enlaces SCPC entre todas las estaciones. Al formarse una malla completa, toda estación podrá enviar información de datos ó voz a otra estación de la red, utilizando para ello un solo enlace satelital, evitándose los problemas que implica una topología estrella (alto retardo y desvío de datos por puntos intermedios).

Los sistemas SCPC utilizan enlaces de satélite dedicados, asignados en la mayoría de los casos de forma permanente ².

4.2.1.1 MODELO DEL ENLACE ENTRE DOS PUNTOS

El enlace entre dos puntos cualesquiera de la red, se realiza utilizando la tecnología SCPC; ésta permite una conexión punto a punto.

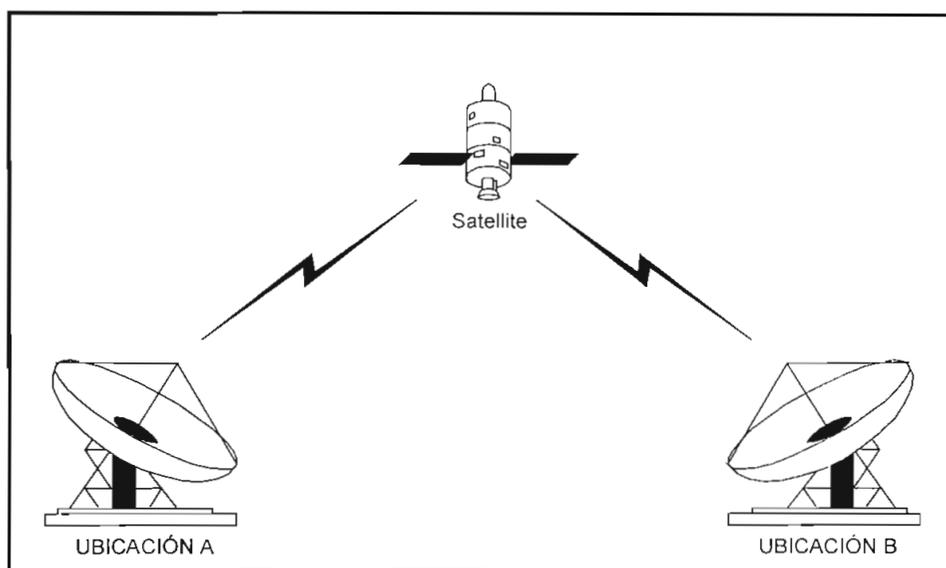


Figura 4-4. Enlace SCPC entre puntos A y B

El mismo modelo de enlace se repite entre cada par de puntos, para finalmente formar una topología de malla completa, requisito de comunicaciones de la entidad corporativa. Un esquema general de la red en malla completa, para las 10 ciudades a enlazarse satelitalmente, sería como el mostrado en la figura 4-5.

El número total de enlaces SCPC requeridos, siendo n el número de ciudades a enlazar, viene dado por la fórmula

$$\#enlaces = \frac{n * (n - 1)}{2}$$

² Existe la opción SCPC-DAMA, que no será tratada en el presente trabajo.

Para este modelo se requerirán un total de 45 enlaces satelitales SCPC. Esto implica un total de 90 portadoras que deberán transmitirse en toda la red (cada enlace SCPC, como en el ejemplo de la figura 4-4, necesita dos portadoras, una levantada por la estación A y la segunda por la estación B).

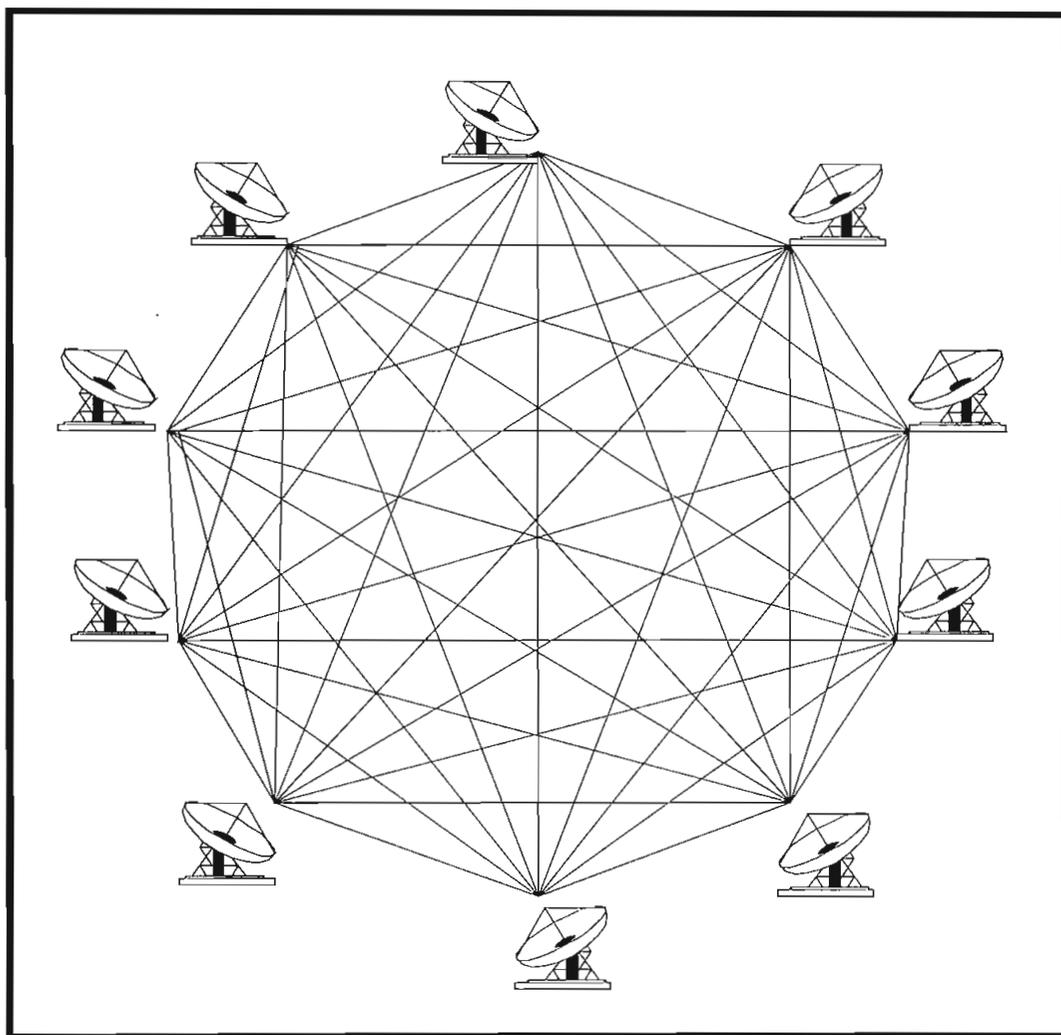


Figura 4-5. Modelo de red con topología malla completa para 10 estaciones

En este caso, cada estación deberá irradiar 9 portadoras, lo que le permitirá realizar transferencia de información directa (un solo salto satelital) a las otras 9 oficinas de la corporación.

$$\text{Portadoras que transmite cada estación} = n - 1$$

El tráfico estimado para cada uno de los puntos, puede ser satisfecho con enlaces de 64 Kbps entre cada planta, distribuyendo: 32 Kbps (4 canales x 8 Kbps por canal) para tráfico de voz (utilizando compresión a 4.8 Kbps de ACT Networks [7]) y los 32 Kbps restantes para tráfico de datos. Para poder transmitir las 9 portadoras de 64 Kbps desde cada estación, se son necesarios 9 módems satelitales y una estación terrena (antena y unidad de RF) capaz de realizar esa transmisión.

4.2.1.2 REQUERIMIENTOS DE ESTACION TERRENA

El requerimiento de equipos de la estación terrena para el enlace satelital, dimensionamiento de HPA's y antenas, puede ser obtenido con la ayuda de un paquete computacional, puesto a disposición de los usuarios por parte de INTELSAT, proveedor de servicio satelital ³.

Para elaborar el cálculo de enlace, se tomarán como puntos tipo, las ciudades menos favorecidas con respecto a la cobertura del haz satelital (determinadas utilizando el *zoom* del *footprint* del INTELSAT 805 mostrado en el Anexo B), a fin de obtener un resultado para la peor condición. En este caso, las ciudades menos favorecidas son:

| CIUDAD | LATITUD | LONGITUD |
|-----------|-----------|-----------|
| Guayaquil | 2° 13' S | 79° 55' W |
| Miami | 25° 45' N | 80° 15' W |

La desventaja se debe a que estas dos ciudades se encuentran dentro de zonas de menor ganancia respecto al resto de estaciones, según el patrón de radiación (*footprint*) del satélite utilizado.

Entre estas ciudades se realiza el cálculo de enlace ó *link budget* (enlace a 64 Kbps. en el Anexo C), el cual se resume en la tabla 4-4.

³ El programa que entrega INTELSAT es el LST (*Lease Transmisión Plan*), que puede ser obtenido gratuitamente de su página de internet <http://www.intelsat.int>

| CIUDAD | GUAYAQUIL | MIAMI |
|---|------------------------|---------------|
| Antena | 3.8 m | 3.8 m |
| G / T con LNA 35 K | 22.8 dB/K ⁴ | 22.8 dB/K |
| <i>Tracking</i> | NO | NO |
| Tipo portadora | Digital | Digital |
| Técnica de Modulación | QPSK | QPSK |
| <i>Information Rate</i> | 64 Kbps | 64 Kbps |
| FEC coding | $\frac{3}{4}$ | $\frac{3}{4}$ |
| Margen por lluvia U/L | 1 dB | 1 dB |
| Margen por lluvia D/L | 0.5 dB | 0.5 dB |
| Eb/No | 7.0 dB ⁵ | 7.0 dB |
| Tamaño HPA requerido (para 9 portadoras de 64 K) | 30 W | 30 W |

Tabla 4-4. Parámetros principales del cálculo de enlace para las ciudades menos favorecidas respecto a la cobertura del INTELSAT 805

Para el dimensionamiento del equipo RF, se debe recordar que se irradiarán en cada estación un total de 9 portadoras, lo que implica considerar un parámetro importante como es el *Back Off*.

El *Back Off* es una disminución en la potencia máxima que puede obtenerse de un HPA (para no incurrir en problemas de intermodulación) debida a la transmisión de varias portadoras con el mismo equipo. El *Back Off* es uno de los parámetros que marcan la diferencia entre un SSPA⁶ y un TWT⁷. Para una operación que incluya la transmisión simultánea de dos portadoras, tanto el SSPA como el TWT deberán limitar, debido a la intermodulación, su potencia de transmisión a $P_{max} - 3$ dB. Al transmitir más de dos portadoras, el SSPA permite que el valor de *Back Off* permanezca en 3 dB, mientras que el TWT deberá contar con un resguardo de 6 dB o más. Esto indica que el aprovechamiento de la potencia se hace más evidente con la utilización de un

⁴ ANDREW, *Manual de equipos. Catálogo 37*.

⁵ Requerimiento del módem satelital modelo SDM-300, EF_DATA, según manual.

⁶ Amplificador de Potencia de Estado Sólido

⁷ Tubo de Onda Viajera

dispositivo de estado sólido, pero para potencias superiores a los 150 Watts, es difícil disponer de este tipo de equipamiento, pues se vuelve imposible o muy costoso en la actualidad, siendo obligatorio el escoger unidades de tubos de vacío o TWT. Por otro lado, la eficiencia de los HPA difiere entre sus diversos tipos.

En el cálculo satelital se ha considerado un *Back Off* de 3 dB. Para cumplir el requerimiento de potencia, es necesario 3.1 W por cada portadora de 64 K (dato obtenido de la planilla LST de INTELSAT, en Anexo C). La potencia requerida es $9 \times 3.1 \text{ W} = 27.9 \text{ W}$ (en el peor caso). Para lograrlo, se requieren un SSPA de 30 W (tabla 4-4) en cada una de las estaciones que forman la red malla con SCPC.

4.2.1.3 REQUERIMIENTOS DE RECURSO SATELITAL

El cálculo obtenido con el paquete computacional LST, también entrega el ancho de banda (BW) satelital que es necesario arrendar para poner en marcha la red.

En este caso el ancho de banda ocupado por cada portadora de 64 Kbps, utilizando modulación QPSK y FEC 3/4, es de 59.73 KHz (ver impresión del cálculo satelital en el Anexo C), por cada portadora levantada en una estación. La asignación de ancho de banda para cada portadora de 64 Kbps, se hace en slots de 25 KHz, para asegurar balance de potencia y ancho de banda del enlace (dato de proveedor de servicio satelital local). Para este caso, a cada portadora de 64 KHz, se le asigna 75 KHz.

$$\text{BW total por estación} = 75 \text{ KHz/portadora} \times 9 \text{ portadoras/estación} = 675 \text{ KHz}$$

Para toda la red se multiplica este valor por 10 estaciones, dando un total de:

$$\text{BW total} = 6750 \text{ KHz} \quad (\text{para la red completa})$$

Por los 6750 KHz se debe pagar un abono mensual al proveedor, sin importar que cada uno de los enlaces sea utilizado o no, ya que esa asignación es fija, y las portadoras

siempre estarán presentes usando los recursos de potencia y ancho de banda del *transponder*.

Finalmente, el ancho de banda total que se deberá contratar a INTELSAT, será de 6.8 MHz, ya que por condiciones comerciales que maneja INTELSAT, el ancho de banda será contratado por múltiplos de 100 KHz.

Se puede ver la complicación que traería la implementación de este tipo de red, tanto por el hardware necesario (equipo RF, módems, etc.) como por el gran ancho de banda requerido. Difícil también sería el crecimiento a futuro, pues adicionar una estación, implicaría instalar un grupo de módems en la nueva estación y un módem en cada uno de los puntos remotos, subiendo la inversión en equipo terreno y BW satelital.

Adicionalmente, en cada punto, se deberá contar con equipamiento terreno que haga el ruteo y conmutación de datos y voz provenientes de los 9 remotos. Esto, incrementa la complejidad en la implementación y, como se verá más adelante (Ver 4.5.2) los costos de la red crecen tanto, que hace que ésta no sea una solución apropiada, por lo que no se continúa su desarrollo.

4.2.2 RED TDMA DAMA CON TOPOLOGIA MALLA COMPLETA UTILIZANDO TECNOLOGÍA ABCS DE NORTEL DASA

Una red en malla permite la comunicación bidireccional entre cualesquiera ubicaciones de una red, sin que sea necesario un concentrador central. Cada ubicación se comunica con otra mediante un único salto de satélite.

TDMA es una forma de acceso múltiple en la que varios usuarios comparten una portadora. Cuando las señales provenientes de la tierra alcanzan el satélite, se procesan en segmentos de tiempo sin que se superpongan.

El protocolo DAMA, se utiliza para compartir el ancho de banda en un modo de división de tiempo. Por lo general, la transmisión DAMA se utiliza en un entorno de

paquete conmutado cuando se van a transferir grandes cantidades de datos. Se trata de un medio altamente eficaz en la asignación instantánea de canales en un transpondedor según las demandas de tráfico inmediatas. DAMA también se aplica a un entorno de circuito conmutado y se caracteriza normalmente por proporcionar a cada usuario una ranura variable de tiempo en base a la demanda (o la solicitud).

Cuando una estación determinada desea realizar una transferencia de información, envía la solicitud a un procesador central que establece un enlace entre los dos sitios. Cuando finaliza la transferencia, el enlace se desconecta y los recursos del satélite se pueden utilizar para otra comunicación.

Las redes TDMA-DAMA disponen de la misma capacidad de asignación por demanda que las redes SCPC-DAMA, pero reduce la necesidad de varios módems en cada ubicación, bajando los costos. Permiten además, realizar transferencias al mismo tiempo con destinos diferentes desde una estación.

Los sistemas TDMA-DAMA admiten muchas líneas telefónicas con un incremento en el costo muy reducido.-Las interfaces E1 o T1 se pueden suministrar para conexiones digitales directas con PBX ó conmutadores telefónicos. Los sistemas TDMA-DAMA también son flexibles para admitir aplicaciones como datos, videoconferencia, radiodifusión y similares, además de no poseer concentrador, lo que suprime el elevado costo de este dispositivo y elimina la existencia de un punto de falla de red crítico como es el concentrador (*HUB*). Además, admiten aplicaciones de conectividad en malla y que requieran servicios múltiples que se integren en una red única como la telefonía, transferencia de datos, fax y videoconferencia interactiva.

La tecnología ABCS, tiene además algunas características particulares como son:

- Permite crear redes completamente malladas.- Existe una creciente demanda de redes TDMA con topología de malla completa, gracias a la existencia de nuevas generaciones de satélites con potencias de transmisión más altas, lo que permite implementar redes satelitales con estaciones terrenas más pequeñas.

- Alta capacidad de transmisión.- Cubre la necesidad de una creciente capacidad de transmisión, requerida por las aplicaciones computacionales existentes en la actualidad.
- Permite conexión LAN TO LAN.- Las Redes de Área Local interconectan dispositivos de procesamiento de datos en cada punto. La tecnología ABCS tiene un *bridge* inteligente incorporado a cada estación que facilita la conexión de la red local a la red corporativa, sin requerir equipamiento adicional a la unidad interior ABCS.
- Posibilita la creación de redes empresariales globales.- La tecnología ABCS al utilizar comunicación satelital tienen cobertura sobre áreas extensas. Esto es utilizado por empresas de crecimiento global para satisfacer las necesidades de comunicación entre sus sucursales.
- Integración de servicios.- El soporte de voz, fax y vídeo conferencia así como el uso eficiente del protocolos difundidos como X.25 y HDLC/SDLC llegan a ser ahora muy necesarios y es una de las propiedades de esta tecnología.
- Una característica importante de la red ABCS de Nortel Dasa. es la de ser una red Frame Relay. Esta red Frame Relay, que puede ser accesada mediante los puertos disponibles en cada nodo, es la base para diferentes tipos de aplicaciones.

Además, las aplicaciones de tiempo real básicas Frame Relay pueden ser soportadas completamente. Como interfaz con el sistema ABCS, se debe contar con un FRAD para permitir la conexión de PBX's y teléfonos. Además, se pueden integrar otros protocolos (X25 / HDLC), mediante la utilización de FRADS externos disponibles en el mercado.

- Muy eficiente respecto a la utilización del ancho de banda para datos y voz.- En ABCS, la portadora es compartida por todos los puntos; tanto para las aplicaciones voz como para las de datos sólo se utiliza el ancho de banda asignado, cuando efectivamente están activas. En el caso de la voz, se comprime a 8 kbps ó 4.8 kbps. También el aprovechamiento de la unidad de RF es muy eficiente, pues se transmite una sola

portadora por estación, minimizando los efectos del *Back Off*. El requerimiento de la unidad de RF, es de tamaño mediano o grande, debido a las altas de velocidades de la portadora a transmitir. Se considera entonces a la tecnología Nortel Dasa, como una solución óptima para redes medianas y grandes de voz y datos.

Para el dimensionamiento de la red DAMA, se deberá tomar en cuenta dos aspectos: a) Dimensionamiento del tráfico; y, b) Cálculo del enlace.

a) DIMENSIONAMIENTO DEL TRAFICO

Se desea implementar una red de voz y datos. Esta red, enlazará a las 10 oficinas de la corporación, distribuidas en los países antes mencionados.

Dimensionar una red DAMA ABCS, implica determinar el número de puertas, tanto de voz como datos, que se necesitan para satisfacer las necesidades de tráfico y grado de servicio.

Para el diseño de esta red, se tienen los siguientes datos iniciales:

- Cantidad total de puntos: 10
- Topología: Malla Completa
- Tipos de servicios:
 - Real time Voz
 - No Real Time Datos
- Cantidad total de canales de voz / fax
por estación en Quito, Guayaquil, Miami 8 (en cada uno)
- Cantidad de canales de voz / fax en los demás puntos 4 (en cada uno)

a.1) TRAFICO DE VOZ

Para el caso de la red de voz, la tecnología Nortel Dasa considera la necesidad de colocar multiplexores Frame Relay en cada uno de los puntos de la red.

Como el sistema ABCS es un sistema conmutado, existirá un ahorro significativo en el número de tarjetas de voz requeridas en cada sitio de la corporación; el número de tarjetas de voz en cada una, será inferior a la suma de tarjetas de voz de los sitios remotos de la red.

La red, al tener topología malla completa, permitirá comunicación con un salto satelital entre todos los puntos. Se dispondrá de 8 troncales en Quito, Guayaquil y Miami, mientras que 4 canales serán necesarios en el resto de puntos de la red. En cada caso los canales telefónicos serán conectados a sus respectivas PBX, lo que permitirá que cada punto de la red pueda comunicarse a cualquier extensión interna del resto de oficinas corporativas.

Conociendo el número de canales de voz necesarios en cada regional, se deberá estimar el número de llamadas simultáneas que existirán en la red corporativa. Para esto, se reúne en la tabla 4-5, el número de canales de cada sucursal y el tráfico generado en cada una de ellas, considerando que cada punto aporte con la mitad del tráfico total (entrante más saliente).

| # DE ESTACION | CIUDAD | # CANALES | Erl |
|---------------|--------------|-----------|----------|
| 1 | Bogotá | 4 | 0.5 |
| 2 | Cali | 4 | 0.5 |
| 3 | Cuenca | 4 | 0.5 |
| 4 | Guayaquil | 8 | 1.5 |
| 5 | Miami | 8 | 1.5 |
| 6 | Loja | 4 | 0.5 |
| 7 | Portoviejo | 4 | 0.5 |
| 8 | Quevedo | 4 | 0.5 |
| 9 | Quito | 8 | 1.5 |
| 10 | Sto. Domingo | 4 | 0.5 |
| TOTAL | | 52 | 8 |

Tabla 4-5. Tráfico telefónico generado en la red corporativa

De esta tabla, se podrá obtener finalmente, el tráfico total ofrecido existente en la red en la hora cargada. Se puede calcular un promedio de ocupación por cada línea. En este caso, para las 52 líneas es: $8 \text{ Erlangs} / 52 = 0.1538 \text{ Erlang/línea}$. Si se requiere una probabilidad de bloqueo del 1%, y 8 Erl de tráfico, se puede obtener el número de llamadas simultáneas que se tendrán en la red, considerando este grado de servicio. Utilizando las tablas de Erlang (Anexo A) y los datos anteriores, se deduce la existencia de 15 llamadas simultáneas en la red. Esta es una consideración válida tomando en cuenta que se estimaron valores para la hora cargada; además este valor, incidirá mucho en el costo del proyecto, pues el número de llamadas simultáneas tiene que ver directamente con la cantidad de ancho de banda satelital que se requiere contratar para poner en marcha el proyecto.

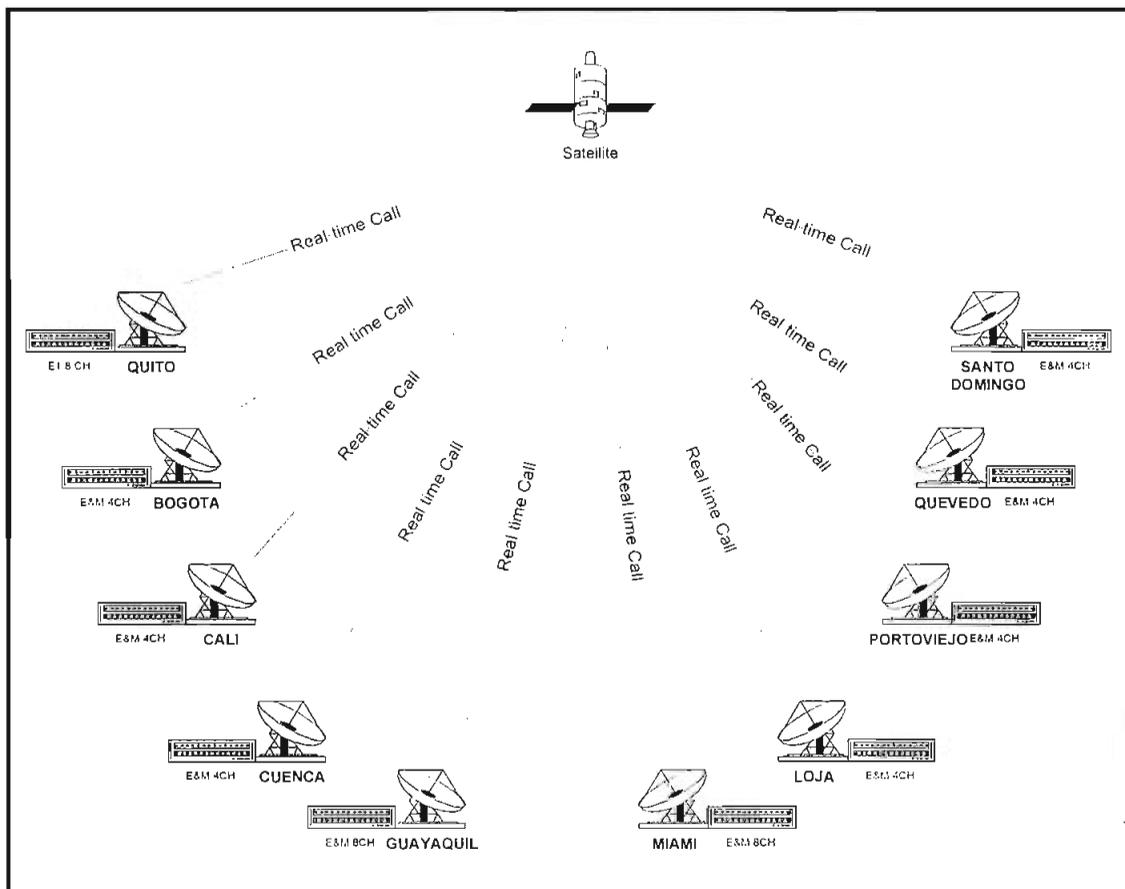


Figura 4-6. Red de voz corporativa

En la figura 4-6, se muestra un esquema de lo que sería la red corporativa de voz. En cada estación, junto con el equipo ABCS Nortel Dasa, se colocará un MUX Frame Relay ACT. Cada MUX Frame Relay ACT SDM 9400, tiene una capacidad máxima de 8 *slots* donde se colocan las tarjetas para los canales de voz. Este tipo de multiplexores serán utilizados en los puntos principales: Quito, Guayaquil y Miami.

En el resto de puntos se utilizarán multiplexores ACT SDM-9350, que permiten hasta cuatro canales de voz analógicos y son suficientes para los requerimientos de la corporación en esos puntos.

a.2) TRAFICO DE DATOS

Para el tráfico de datos, se requiere de un buen conocimiento de la aplicación que será utilizada, para aprovechar las ventajas de las características de tráfico. Esto es especialmente válido para los tráficos LAN *Internetworking* de naturaleza ráfaga. Muchas veces la mejor aproximación será asumir ciertas características como puntos de partida y luego hacer los ajustes necesarios. Como aproximaciones iniciales, se pueden hacer las siguientes suposiciones:

Tráfico LAN *Internetworking*: se recomienda dejar un margen de hasta 32 kbps sobre el total de la suma de los bits asignados para todos otros tipos de tráfico (voz, fax, datos y otros servicios LAN)[7]. Se asume que el tráfico ráfagas LAN utilizará algún ancho de banda no utilizado por las otras aplicaciones; en este caso, la aplicación (*Baan*) y requerimiento de la corporación, exige canales mayores hacia la matriz.

El punto matriz de la red, está ubicado en Ecuador (Quito), por lo que se asigna un canal de 48 kbps para datos y correo electrónico (la asignación dinámica le permite disponer de un canal mayor el momento que requiera), desde aquí hacia las otras filiales de la corporación. Adicionalmente, se ha considerado el utilizar canales de 16 kbps -ya que el flujo de información será mucho menor (correo electrónico) y ocasional-, para enlazar el resto de países entre sí, formando una malla completa de voz y datos. Esta tasa es suficiente para cubrir los requerimientos de la corporación (4.1.2.1.).

Los canales de datos, se dimensionan para tráfico LAN, de tal manera que exista la probabilidad de transferencia entre cada planta, tráfico que corresponderá a intercambio de archivos y correo electrónico, teniendo la ventaja de utilizar un único salto satelital. Esto implica menor tiempo y disminuye la posibilidad de errores en la información recibida al no existir el paso por puntos intermedios. Los canales de datos desde cada planta hacia la matriz serán más grandes, debido a que los reportes más importante se concentran allí, donde está ubicado el principal centro de cómputo y se centraliza la información financiera de la corporación.

Los canales de datos quedan determinados, realizando la suma de los CIR asociados a cada uno de los PVC's que existirán entre las estaciones de la red DAMA. Para facilitar esta tarea, se arma una matriz donde las filas y columnas representan a cada uno de los nodos y/o puertos Frame Relay del usuario, y cada celda contenga el CIR requerido. (Tabla 4-6). Para este caso, la tabla 4-6 muestra los requerimientos. El número de identificación de cada estación se ha tomado según la asignación hecha (tabla 4-1) y se consideran canales de 48 Kbps entre la matriz y el resto de puntos además de canales de 16 Kbps entre todas las otras oficinas.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | SUMA |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
| 1 | | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 48 | 16 | 176 |
| 2 | 16 | | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 48 | 16 | 176 |
| 3 | 16 | 16 | | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 48 | 16 | 176 |
| 4 | 16 | 16 | 16 | | 16 | 16 | 16 | 16 | 48 | 16 | 176 |
| 5 | 16 | 16 | 16 | 16 | | 16 | 16 | 16 | 48 | 16 | 176 |
| 6 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | | 16 | 16 | 48 | 16 | 176 |
| 7 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | | 16 | 48 | 16 | 176 |
| 8 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | | 48 | 16 | 176 |
| 9 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | | 48 | 432 |
| 10 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 48 | | 176 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | 2016 |

Tabla 4-6. CIR para el tráfico de datos estimado en la red (Kbps)

b) CALCULO DEL ENLACE

- VOZ

Para las aplicaciones de voz, en la tecnología Nortel Dasa, es necesario utilizar un multiplexor Frame Relay⁸. En este caso se analizará la utilización de equipos marca ACT, que como se indicó antes es el estándar tomado por el fabricante. [4]

| ACELP RATE | Muestras por seg | Muestras por frame | Duración del frame | Frames por sec | Bytes por frame | Real vs overhead | Tasa real |
|--------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------|
| 8 K | 8000 | 192 | 24 ms | 41.66 | 32 | 24/8 | 10.66 K |
| 5.8 K single | 8000 | 192 | 25 ms | 41.67 | 25 | 17/8 | 8.33 K |
| 5.8 K double | 8000 | 384 | 48 ms | 20.83 | 45 | 35/10 | 7.5 K |
| 4.8 K single | 8000 | 240 | 30 ms | 33.33 | 26 | 18/8 | 6.93 K |
| 4.8 K double | 8000 | 480 | 60 ms | 16.67 | 47 | 37/10 | 6.26 K |

Tabla 4-7. Algoritmos de compresión de voz permitidos por ACT [5]

Existen algoritmos de compresión de voz, que permiten disminuir el ancho de banda requerido, conservando la calidad necesaria para ofrecer un servicio satisfactorio. El fabricante ACT define el caudal de bits por segundo que genera un canal de voz a diferentes grados de compresión. Esto se muestra en la tabla 4-7. La estructura típica de un *frame* (trama) se encuentra en la figura 4-7:

ACT soporta dos tipos de algoritmos ACELP: 8.5 / 5.8 K y 4.8 K. El primero normalmente usa el caudal de 8 K cayendo a 5.8 K en casos de congestión.

⁸ La tecnología ABCS, fue desarrollada basándose en multiplexores de la marca ACT NETWORKS.

Existen dos tipos de congestión: Severe C y Mild C. La Mild ocurre cuando 2 *frames* de voz se “encolan” entre las tarjetas de voz VFC-03 y el *Baseboard*. En el seteo de 8 K el algoritmo conmutará a 5.8 K *Single Packet Mode*. Este modo ahorra ancho de banda pero agrega 24 ms adicionales de retardo de voz. El algoritmo 4.8 K ACELP lleva a una doble paquetización en caso de “encolamiento” de 3 *frames* de voz o indicación de BECN. (Un canal con compresión ACELP 4.8 K utiliza 7 Kbps, incluyendo el *overhead* debido a los procesos TDMA – DAMA, según el fabricante Nortel Dasa⁹).

| | | | | |
|-------------|---------------|----------|-------------------|-----|
| <i>FLAG</i> | <i>HEADER</i> | MUX BYTE | <i>VOICE INFO</i> | FCS |
| 1 byte | 2 bytes | 1 | Tabla anterior | 2 |

Figura 4-7. Trama Frame Relay

Cuando se envía fax, el caudal entre páginas puede cambiar, puesto que el tamaño del *frame* también podría variar. Utilizando 8 K ACELP, a 9.6 Kbps por página, el *frame* tendrá un total de 59 bytes, consistentes en 6 bytes de *Overhead* (ver figura 4-6), 50 de información Fax y 3 bytes adicionales de *Overhead* debido al algoritmo utilizado.

Además se puede utilizar el parámetro *Silence Supression*, el cual sirve para especificar el nivel de supresión de los silencios en una conversación telefónica. Cuanto mayor es el nivel de supresión, mayor es el ahorro de ancho de banda, ya que en los momentos de silencio no se transmiten *frames* a través del canal . Sin embargo un alto nivel de supresión puede deteriorar la calidad de la voz.

- **DATOS**

El fabricante NORTEL DASA, recomienda para el tráfico LAN, considerar el 30 % de los requerimiento totales de la red [6]. Para este caso, la tasa requerida, fue obtenida en

⁹ ABCS INTERFACE CHARACTERISTICS AND SIZING, Nortel Dasa

la tabla 4-5, dando un total de 2016 K. Según la recomendación, se requiere 604.8 Kbps en la red DAMA.

Para esta red, el cálculo del *rate* de datos y voz necesario se resume en la tabla 4-8:

| Descripción | Cantidad | Unidad |
|---|--------------|-------------|
| Canales de voz <i>full duplex</i> simultáneos | 15 | |
| Canales <i>single duplex</i> (x2) | 30 | |
| Ancho de banda [6] por <i>C.Single Duplex</i> incluido <i>overhead Frame Relay</i> y TDMA | 8 | Kbps |
| BW total canales de voz (8 x 30 Kbps) | 240 | Kbps |
| Información efectiva de datos | 604.8 | Kbps |
| Información efectiva total | 844.8 | Kbps |

Tabla 4-8. Requerimiento de ancho de banda satelital de la red corporativa de voz y datos ABCS

El cálculo de información efectiva real total, es de 844.8 Kbps. Sobre este valor, se deberá considerar un 10 % por *overhead* del sistema [6]. En este caso el resultado total es:

TOTAL INCLUIDO 10% *OVERHEAD* DEL SISTEMA: 929.28 Kbps

Esto se logrará con una red ABCS que opere con un *rate* a 1024 Kbps. ABCS permite velocidades de 512 Kbps, 1024 Kbps y 2048 Kbps. La configuración del *rate* en el módem (tarjeta de la *indoor unit*) se realiza por *switches*.

- **RED SATELITAL**

Existen muchos satélites disponibles, con diferentes parámetros de transmisión (Potencia, ancho de banda, sensibilidad, etc), tarifas por utilización, etc. El cálculo de enlace permite determinar el ancho de banda satelital que se debe alquilar y dimensionar en la estación terrena (diámetro de antena y potencia de HPA)

Se trabajará con el satélite Intelsat 805 que opera en banda C, con cobertura sobre los diez sitios de la red.

En el cálculo del enlace satelital, realizado con la ayuda del programa computacional LST, se debe garantizar un mínimo E_b/N_0 para la peor condición, como función de la disponibilidad de la red. Este E_b/N_0 mínimo es el necesario para una tasa de errores BER de 10^{-8} . El fabricante, Nortel Dasa, de la tabla E_b/N_0 vs BER en función del FEC, para una tasa de 1/2 indica que se requiere un E_b/N_0 de 7.0 dB, para alcanzar un BER de 10^{-8} [2] (una limitante de esta versión de ABCS es el no permitir otras tasas de FEC). Con este dato, el resto es semejante al cálculo de un SCPC, con la salvedad que la portadora utilizada tiene características pulsantes (no es una portadora continua). Lo importante en todo caso, es calcular para la peor condición.

Existen márgenes adicionales necesarios, entre los que se incluyen los márgenes por lluvia, errores de apuntamiento, etc. Si por ejemplo, se añade un margen de 3 dB por lluvia, el enlace operará con una tasa mejor que $10E^{-10}$ para condición de cielo despejado.

Otro parámetro importante es el tamaño de la antena de transmisión que se utilice, debiendo ser escogido considerando aspectos técnicos y económicos.

Se deberá realizar el cálculo de enlace, que permitirá dimensionar el equipamiento terreno necesario además del ancho de banda que se requiere alquilar para implementar la red. Estos datos se resumen en la tabla 4.9, la cual lista los resultados principales del programa LST de INTELSAT, considerando las diferencias de este sistema respecto de un SCPC, puesto que en este sistema, todas las estaciones “levantarán” una sola portadora, la cual será compartida por las estaciones bajo el esquema que ha sido descrito. Levantar una portadora en cada estación, reduce la limitación por *Back Off* existente en los HPA’s cuando se transmite más de una. Igualmente se han considerado los dos puntos críticos dentro del área del *footprint* del satélite INTELSAT 805 utilizado en este diseño.

| CIUDAD | QUITO | MIAMI |
|-------------------------|--------------------|--------------|
| Antena | 3.8 m | 3.8 m |
| G / T con LNA 45 K | 22.8 ¹⁰ | 22.8 |
| <i>Tracking</i> | NO | NO |
| Tipo portadora | Digital | Digital |
| Técnica de Modulación | QPSK | QPSK |
| <i>Information Rate</i> | 1024 kbps | 1024kbps |
| <i>FEC coding</i> | 1/2 | 1/2 |
| Margen por lluvia U/L | 1 dB | 1 dB |
| Margen por lluvia D/L | 0.5 dB | 0.5 dB |
| Eb/No | 7 dB ¹¹ | 7 dB |
| Tamaño HPA requerido | 20 W | 20 W |
| BW requerido | 1433.6 | 1433.6 |

Tabla 4-9. Parámetros principales del cálculo de enlace para las ciudades menos favorecidas respecto a la cobertura del INTELSAT 805 para una red DAMA ABCS

c) DIMENSIONAMIENTO DE LA TRAMA

El fabricante provee las fórmulas adecuadas para determinar si el dimensionamiento de la red es el adecuado, tomando en cuenta el número de estaciones, y los valores asignados a la trama TDMA: *slots* de datos, tamaño del *container*, número de tramas por supertrama, que están ya definidos por el fabricante, dependiendo del *rate* con el que se va a trabajar y del número de estaciones. El dimensionamiento de trama, se vuelve crítico en el caso en que se desee pasar tráfico de vídeo o que la red crezca mucho en el número de estaciones.

Para el *rate* de 1024 K que se considera para esta red, se define un *Container Size* de 194 *bytes* (Recomendación del fabricante).

¹⁰ Manual ANDREW, Catálogo 37.

¹¹ Requerimiento ABCS NORTEL DASA

Según el caso específico de cada red, puede ser necesario escoger otro valor del *container size*, para lo cual se realizan ajustes al momento de implementar, variando también el número de *slots* por trama, hasta encontrar el funcionamiento adecuado; estos parámetros están directamente relacionados además con el tiempo de trama y supertrama. (Se debe considerar los valores del *data rate*, *container size*, *slots per frame*, *Network Size* y *Frames per Superframe*; los resultados se entregan como consecuencia de parámetros dados por el fabricante al implementar la tecnología). Las limitaciones y restricciones impuestas por el fabricante son que: el tiempo de un *slot* (*slot time*) no sea menor que 1 ms; el tiempo de una trama (*frame time*) esté entre 30 ms y 1 s y que el tamaño de *container* esté entre 97 *bytes* y 800 *bytes*.

Para el tiempo de *slot*, se tiene la siguiente fórmula:

$$Slot\ time = \lceil \lceil (Container + Overhead1) \times 8 \rceil / DataRate \times 1000 \rceil + \lceil GuardTime / 1000 \rceil$$

Donde:

$$Overhead1 = 32\ bytes$$

$$GuardTime = 60\ \mu s\ para\ 1024\ Kbps\ (30\ \mu s\ para\ 2048\ Kbps\ y\ 120\ \mu s\ para\ 2048\ Kbps)$$

[6]

En este caso, reemplazando los valores recomendados, se tiene:

$$Slot\ time = \lceil \lceil (194 + 32) \times 8 \rceil / 1024000 \times 1000 \rceil + \lceil 60 / 1000 \rceil\ [ms]$$

$$Slot\ time = 1.826\ [ms]$$

El Tiempo de trama, estará dado por:

$$Frame\ time = Slots\ por\ trama \times Slot\ Time$$

$$Frame\ time = \lceil 60 \times 1.826 \rceil = 109.53\ [ms]$$

Los resultados anteriores, comprueban que los parámetros actuales del sistema, están dentro de las restricciones del fabricante, y cualquier modificación o ajuste que se haga en la etapa de puesta en marcha de la red, deberá cumplir con estos requisitos.

Además se recomienda escoger el sistema de una trama por supertrama, pues considerar una segunda trama implicará que las estaciones que la conformen, tengan que esperar un tiempo adicional para que les sean asignados *time slots*, dentro de la subtrama dinámica, bajando el desempeño de la red. Otro parámetro importante, es el *Datarate per slot*, que en este caso es 12.124 kbits, que garantiza que al menos un canal de voz (8 Kbps) pueda ser llevado por un *time slot* de la trama.

Este parámetro se obtiene utilizando la fórmula:

$$\text{Datarate per slot} = [(\text{Container} - \text{Overhead2}) \times 8] / \text{Frame Time [Kbps]}$$

Donde:

$$\text{Overhead2} = 28 \text{ bytes [6]}$$

En este caso:

$$\text{Datarate per slot} = [(194 - 28) \times 8] / 109.53 \text{ [Kbps]}$$

$$\text{Datarate per slot} = 12.1245 \text{ [Kbps]}$$

4.3 PRUEBAS CURSANDO TRAFICO DE DATOS

El objetivo de la prueba realizada es comprobar la diferencia que existe en el tiempo necesario para transferir paquetes de datos de distinto tamaño entre dos puntos, al utilizar una red satelital. La primera parte es determinar el tiempo necesario para la transferencia con uno y dos saltos satelitales (SCPC). En la segunda parte se compara con la transferencia de paquetes similares, utilizando un enlace con una red satelital DAMA ABCS.

Para la realización de la primera parte de esta prueba, se utiliza una red como la mostrada en la figura 4-8, en la que existe un Punto Central y dos estaciones remotas A y B, formando una topología en estrella.

Cada estación posee su estación terrena, formada por la antena parabólica, la electrónica y equipamiento de RF, *modem* satelital, *router* y un computador personal (en general una red de computadores). Los *routers* están configurados de tal manera que se pueda realizar transferencias de datos entre los tres equipos.

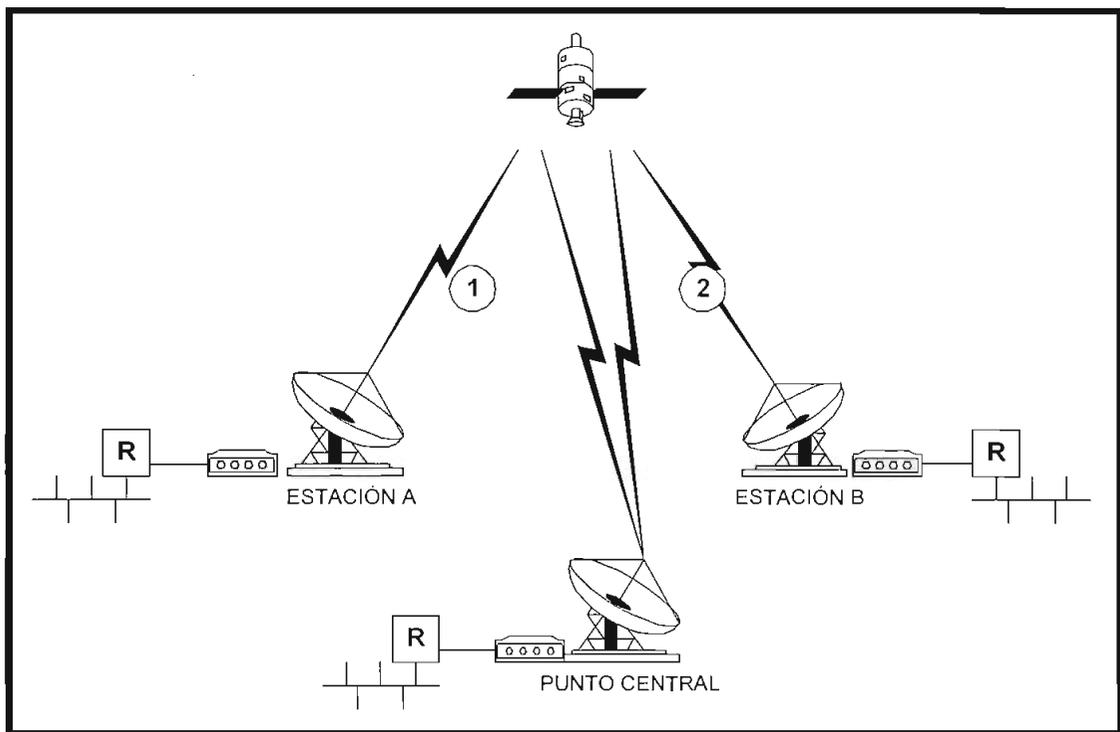


Figura 4-8. Transferencia de datos con simple y doble salto satelital

Se han considerado dos enlaces satelitales de 64 Kbps. El primero entre la estación A y el punto central y el segundo entre el punto central y la estación B. La herramienta que se utilizará para determinar los tiempos de retardo, será el *PING*¹² ip. Los *routers* permiten variar el tamaño de datagrama a transferirse en la prueba.

¹² *PING*: *Packet Internet Groper*, se refiere a un mensaje de eco ICMP (*Internet Control Message Protocol*). Es una herramienta utilizada a menudo para comprobar la factibilidad de alcanzar un dispositivo de red y comprobar el tiempo necesario para ello.

a) UN SALTO SATELITAL

Se realiza *pings* desde la estación remota A hacia el punto central. El paquete de datos se origina en un computador perteneciente a la red de la estación A, en donde el *router* indica que para alcanzar a la estación central, debe utilizar el enlace WAN satelital.

Luego de llegar a su destino (punto central), el paquete retorna al origen, registrando el *router* de la estación A, el tiempo transcurrido para esta transferencia.

Para cada tamaño de datagrama, se ha obtenido un valor de tiempo mínimo, máximo y promedio en milisegundos. Esto se muestra en la tabla 4-9.

b) DOBLE SALTO SATELITAL

Se utiliza la misma red de la figura 4-8. El *ping* se realiza entre las estaciones remotas A y B. Para que el paquete de datos desde la estación A llegue a B, tiene como único camino a seguir, pasar por dos saltos satelitales 1 y 2.

El paquete tiene su origen en la estación A y para alcanzar B, utiliza el enlace WAN Satelital (1), mediante el cual llega al punto central. Estando en la estación punto central y para alcanzar B, debe utilizar el enlace WAN satelital (B). Luego retorna a su origen usando el mismo camino.

Igualmente se varía el tamaño de paquete y los tiempos necesarios para cada transferencia se muestran en la tabla 4-10, presentándose tiempos mínimo, máximo y promedio, para doble salto satelital.

Los resultados obtenidos para simple y doble salto satelital, se grafican en la figura 4-9, donde el eje vertical representa el tiempo de *ping* y el horizontal, el tamaño del paquete transferido. En ambos casos se grafican los tiempos mínimos, máximo y promedio (*Average: Avg*).

| Tamaño datagrama | Un salto Min | Un salto Avg | Un salto Máx | Dos saltos Min | Dos saltosAvg | Dos saltos Máx | DAMA Avg | DAMA 2 Avg |
|------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------|----------------|----------|------------|
| 100 | 564 | 571 | 584 | 1136 | 1150 | 1172 | 620 | 888 |
| 400 | 620 | 628 | 640 | 1236 | 1238 | 1244 | 668 | 969 |
| 700 | 704 | 721 | 740 | 1308 | 1334 | 1380 | 1252 | 1120 |
| 800 | 732 | 735 | 748 | 1328 | 1344 | 1352 | 1147 | 1193 |
| 1200 | 844 | 859 | 880 | 1432 | 1456 | 1480 | 1487 | 1298 |
| 1600 | 960 | 980 | 1008 | 1556 | 1576 | 1608 | 1306 | 1400 |
| 2000 | 1072 | 1123 | 1364 | 1660 | 1680 | 1688 | 1373 | 1437 |
| 2400 | 1112 | 1152 | 1260 | 1724 | 1740 | 1764 | 1779 | 1487 |
| 2800 | 1280 | 1290 | 1308 | 1888 | 1917 | 2016 | 1806 | 1559 |
| 3200 | 1392 | 1413 | 1432 | 2000 | 2021 | 2060 | 1744 | 1609 |
| 3600 | 1512 | 1547 | 1744 | 2132 | 2220 | 2380 | 1776 | 1641 |
| 4000 | 1632 | 1648 | 1672 | 2232 | 2260 | 2316 | 1931 | 1700 |
| 4096 | 1640 | 1669 | 1740 | 2256 | 2264 | 2280 | 2001 | 1786 |

Tabla 4-10. Tiempos de ping, variando el tamaño de datagrama transferido, al atravesar: un salto, doble salto SCPC y un salto a través de una red satelital DAMA

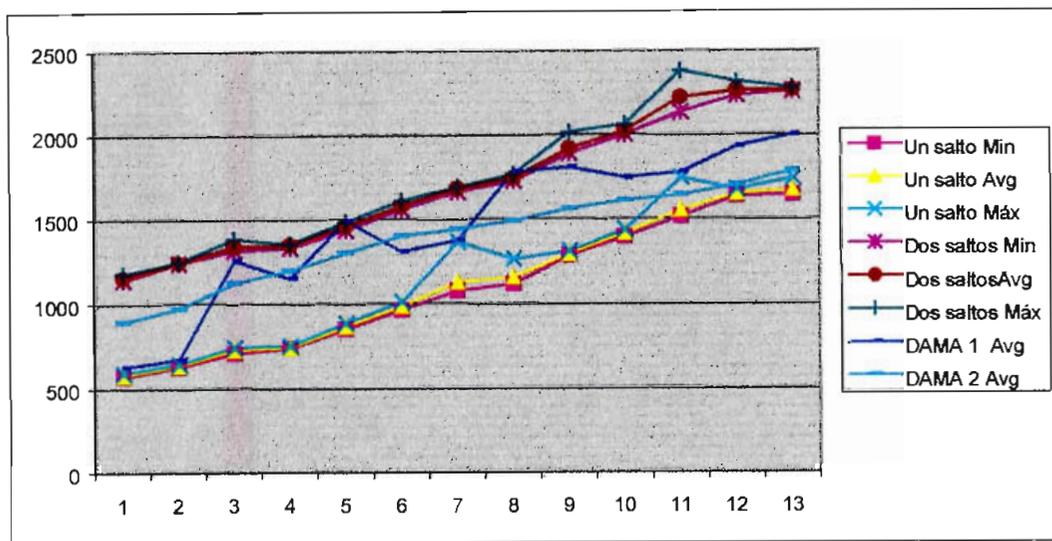


Figura 4-9. Tiempo de ping vs tamaño de datagrama transferido, para uno y dos saltos satelitales y un salto satelital con una red DAMA ABCS

c) RED SATELITAL DAMA ABCS

En esta segunda parte y para tener una idea clara de los retardos que se tendrán al transferir datos por una red DAMA ABCS, se realiza una prueba similar a la primera parte (pings de varios tamaños). Se han colocado equipos terminales de datos en tres

estaciones de una red implementada y se ha utilizado el *PING* como herramienta. Se envían paquetes de datos hacia las dos estaciones y los tiempos resultantes se han registrado en la tabla 4-10 y se grafican en la figura 4-9 para efectos de comparación.

Los resultados de estas pruebas, tuvieron la tendencia esperada, es decir, cuando se trata de un salto satelital, un datagrama de 100 bytes utiliza 571 mseg. Conforme el tamaño del datagrama se incrementa, crece también el tiempo necesario para dicha transferencia, llegando a ser 1669 mseg, cuando el datagrama es de 4096 bytes.

Cuando se realiza la prueba entre las estaciones A y B, pasando por un doble salto satelital, el comportamiento es igual, pero con tiempos más altos. Para 100 bytes fue 1150 mseg y cuando se prueba con 4096 bytes, 2264 mseg.

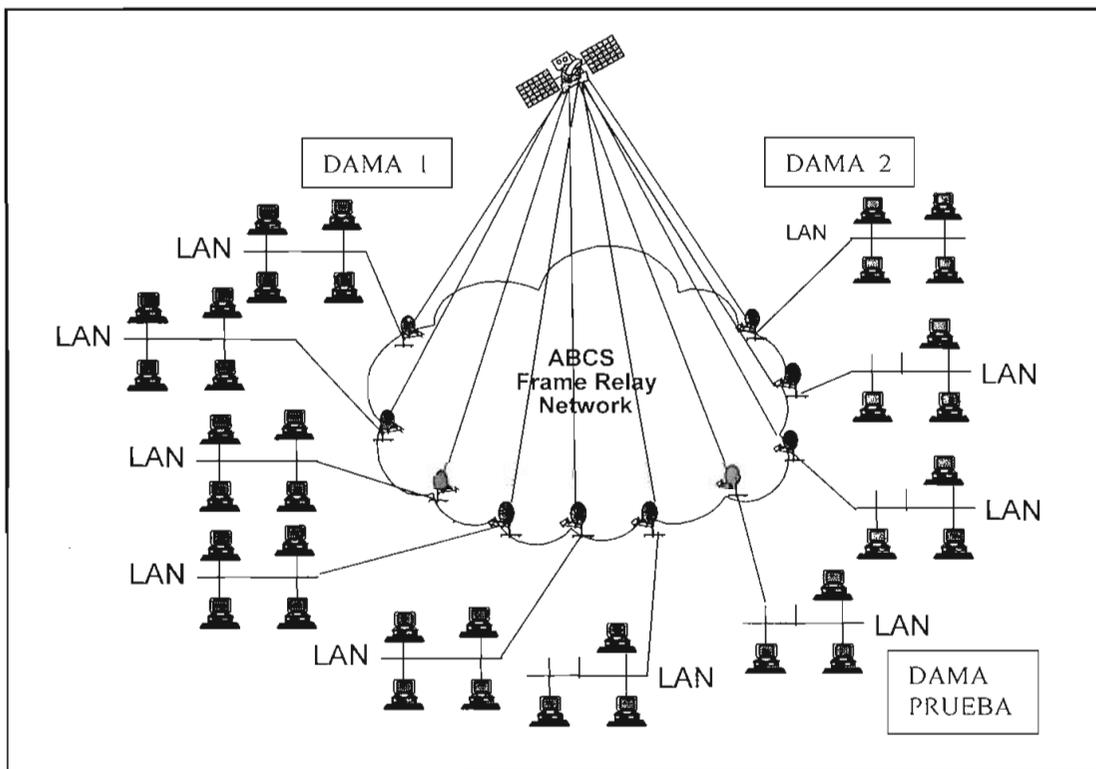


Figura 4-10. Conexión de redes LAN mediante una red satelital DAMA ABCS

Al implementar una red tipo DAMA ABCS, con topología malla completa, el doble salto se elimina ya que cualquier estación podrá alcanzar a otra con un solo salto. Esto

se refleja en los datos mostrados en las pruebas con las estaciones DAMA 1 y DAMA 2 de la figura 4-9. La transferencia se ha realizado desde una estación esclava (DAMA PRUEBA) hacia la estación *MASTER* de la red ABCS (DAMA 1) y luego hacia otra estación esclava (DAMA 2).

Cuando la transferencia se realizó desde la estación DAMA PRUEBA hacia la *MASTER*, los tiempos variaron desde 620 ms para un paquete de 100 *bytes* hasta 2001 ms con 4096 *bytes*, resultados que se tabulan en la tabla 4-10. El tiempo requerido fue intermedio entre simple y doble salto satelital. Aunque los datos pasan un salto satelital, se introduce un tiempo, utilizado por el sistema para la asignación del canal. Además se observa un comportamiento que no es completamente regular y está relacionado con la asignación de ancho de banda que tenga dicha estación en cada momento. Cuando existan recursos disponibles en la red, la estación puede acceder a mayor ancho de banda satelital, disminuyendo el tiempo de transmisión.

La siguiente prueba es enviar paquetes desde la estación esclava (DAMA PRUEBA) hacia otra estación esclava (DAMA 2). Los resultados obtenidos muestran un incremento en el tiempo de transferencia, que va desde 888 ms para un paquete de 100 bytes hasta 1786 ms para uno de 4096 bytes (tabla 4-10). En este caso el tiempo se incrementó para un paquete pequeño (con respecto a la transferencia hacia la estación *MASTER* de la red), pero para un paquete de 4096 bytes, resultó ser menor. En general se observa un comportamiento similar para una transferencia Esclava – Esclava que para una transferencia Esclava – *Master*; y, se tendrá un comportamiento igual entre todas las estaciones de la red.

Para las dos pruebas que se realizaron en la red DAMA, el resultado fue similar: un tiempo de transferencia inferior al requerido para una red SCPC con doble salto satelital. El doble retardo de la red SCPC, podría resultar crítico para cierto tipo de aplicaciones de datos y lo será definitivamente para una red de voz.

El comportamiento del tráfico de voz es igual en la red DAMA, pues el doble salto satelital se ha eliminado completamente y todos los puntos pueden alcanzarse con un

solo salto satelital. El retardo que implica el doble salto (que sería necesario con configuraciones de red en estrella) ocasiona una disminución en la calidad de la comunicación problema que ha sido eliminado con la utilización de una red de malla completa y que utiliza criterio de asignación de ancho de banda, según la necesidad de cada estación participante.

4.4 CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED

La implementación de las estaciones que conforman la red ABCS, implica el seguir varios procedimientos que permitirán alcanzar el mejor rendimiento de los equipos.

Se debe hacer un reconocimiento previo del lugar donde se va a instalar la estación satelital; en este caso, será directamente en las oficinas de la corporación en cada uno de las 10 ciudades a enlazar.

4.4.1 INSTALACIÓN DE EQUIPOS

Se deberán tomar en cuenta los siguientes pasos:

- Selección del sitio para la estación
- Selección del sitio para ubicación de la *Indoor* y *Outdoor Units*.
- Plan de cableado
- Plan de montaje de la antena (base)
- Plan de suministro de energía
- Aprobación arquitectónica

Para la unidad interior, se debe determinar la ubicación, que será de preferencia en un *rack* (gabinete de equipos) adecuado para ello. Es necesario considerar además las condiciones ambientales como la temperatura y ventilación adecuados y la conexión de energía adecuada. Se determinará luego el camino que seguirá el cableado así como la identificación de los interfaces requeridos para la aplicación final. Además, seleccionar los puertos destinados para la conexión de las aplicaciones del usuario.

Las condiciones ambientales deberán ser: Temperatura en el rango de +10°C a +40°C. Humedad relativa entre el 10% y el 90%. Se debe evitar el calor extremo (directa exposición al sol) e instalar un sistema de aire acondicionado de ser necesario.

Las tareas relacionadas con la *Indoor Unit* son:

- Ubicación en un *rack* de equipos
- Plan de cableado hacia:
 - Equipos del usuario (PBX, *router*, LAN)
 - Suministro de energía
 - Unidad exterior

Luego se deberá preparar lo que será la base para la antena, instalación de cableado, protección para rayos, y suministro de energía eléctrica.

La instalación del hardware se debe realizar en el siguiente orden:

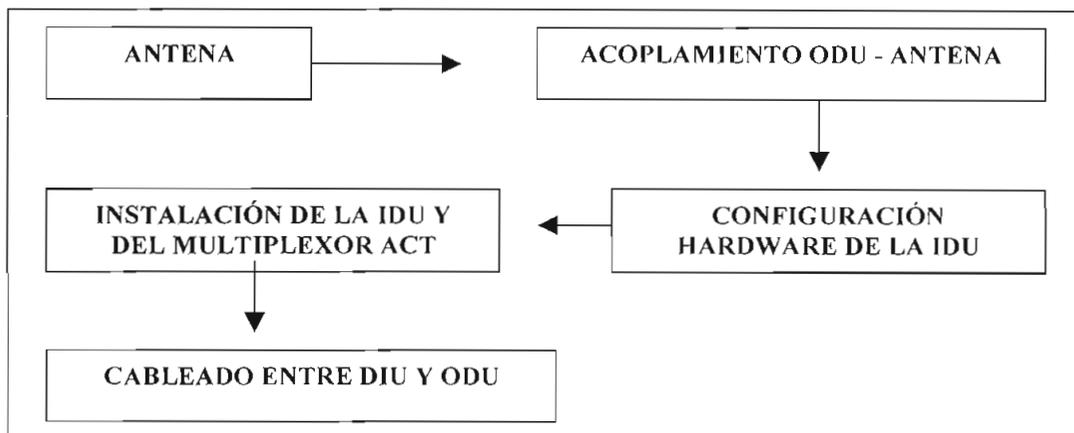


Figura 4-11. Secuencia de instalación del hardware de la estación ABCS

Luego de la instalación del hardware, se realizan los ajustes de cada uno de los componentes de la estación ABCS, lo que permitirá poner en marcha el nodo. Para esto se seguirán los pasos mostrados en la figura 4-12.

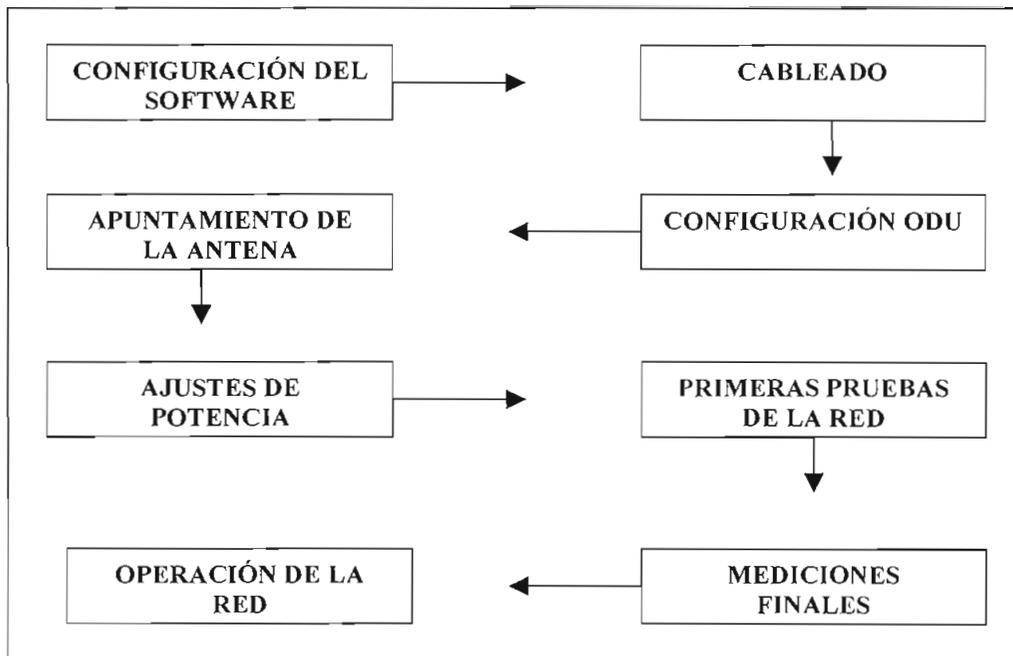


Figura 4-12. Secuencia para puesta en marcha

4.4.2 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

Para el caso de esta tecnología, los parámetros que se han obtenido luego del dimensionamiento de la red, se deben almacenar en el disco duro de cada una de las estaciones.

Los distintos parámetros, se han subdividido y están contenidos en distintos archivos de configuración. Los principales son:

- Parámetros de equipamiento de la estación Máster
- Parámetros de Red
- Parámetros de la estación
- Parámetros de los puertos de usuario
- Parámetros de acceso

Cada uno de estos parámetros, fue explicado en la parte teórica, capítulo 3 de este trabajo.

CABLEADO

Un punto muy importante a considerarse, es la longitud que deberá tener los cables entre la unidad interior y exterior. Según el tipo de cable, existirá una distancia máxima recomendada por el fabricante, y que en este caso es de 100 m sin la necesidad de amplificadores de IF.

CONFIGURACIÓN DE LA ODU

En la ODU, se debe configurar las frecuencias del *up* y *down converter*. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$RF = IF - 70 \text{ MHz} + f \text{ del amplificador}$$

RF: Radiofrecuencia

IF: Frecuencia intermedia

Según esta fórmula, conociendo las frecuencias asignadas en RF y la f que se pondrá en el amplificador, se puede obtener la frecuencia en IF, que deberá programarse en la IDU.

Otro parámetro a programarse en la ODU, es la atenuación en subida y bajada, de tal manera que se tenga un enlace ajustado, para trabajar dentro del rango que permita un máximo aprovechamiento de los recursos satelitales ancho de banda y potencia.

APUNTAMIENTO DE LA ANTENA

El sitio adecuado para la antena deberá cumplir con algunas características importantes:

- Línea de vista hacia la posición del satélite
- Conocer si será ubicada en la terraza ó en la planta baja
- Dejar en claro los detalles finales con los dueños del local, arquitectos y autoridades
- Distancia hacia la unidad interior

- Plan de cableado y suministro de energía eléctrica

Para localizar la posición del satélite se realizan ajustes primeramente en azimut. Luego se debe chequear la elevación con un inclinómetro. Es necesario contar con línea de vista hacia el satélite. Los datos de azimut y elevación, se pueden obtener con el software que entrega en este caso Intelsat, que es el proveedor satelital.

AJUSTES DE POTENCIA

La potencia de transmisión, debe ser ajustada lo mejor posible, en el proceso de calibración. La IDU, cuenta con el equipo necesario capaz de realizar un ajuste fino, el cual hace un control sobre la potencia de transmisión automáticamente. La estación detecta su propia señal y ajusta la potencia de transmisión, teniendo además la capacidad de evitar la saturación¹³ de la ODU permaneciendo bajo esos límites.

Para el apuntamiento y ajuste de potencia de la estación, se utilizará el analizador de espectros. Para poder realizar la medición, se utiliza un *splitter* en el cable de recepción de IF. A este *splitter*, se debe conectar el analizador de espectros y configurarlo a la misma frecuencia IF de la IDU.

Se deberá ajustar el nivel de referencia del analizador de espectros hasta poder observar la señal recibida de las otras estaciones de la red. Luego, un ajuste final del equipo, permitirá distinguir los *bursts* transmitidos por las estaciones de la red.

Un ajuste adecuado del analizador de espectros permitirá identificar los *bursts* de cada estación. Cuando una nueva estación entra en operación, se podrá observar un pequeño *burst* inicialmente, para luego ocupar la ubicación definitiva dentro de un espacio antes vacío. Cuando la estación que está siendo puesta en marcha es la primera de la red, se deberá ampliar el rango de observación en el analizador, a fin de ubicar el *burst* emitido por ésta. Luego, como ya se explicó antes, pasará a ser la estación *master* de la red. Si la

¹³ La potencia máxima que puede transmitir un 55PA estará siempre especificada a 1 dB de compresión. El punto de 1 dB de compresión es aquel donde la curva de transferencia entrada/salida se aparta de una línea recta en 1 dB.

que entra en operación es la segunda estación de la red, pasará a ser automáticamente la *Máster backup*.

Cuando en la red se está cursando tráfico, el identificar el *burst* emitido por determinada estación se vuelve más complejo. De ser necesario, se puede reducir la potencia emitida, y reconocer el *burst* de menor amplitud.

PRUEBAS DE LA RED Y AJUSTE FINAL

El equipamiento de la unidad interior ABCS, tiene la capacidad de realizar pruebas mediante *loopbacks* lógicos (transmisión de un patrón de datos, que son recibidos por la misma estación para comprobar el buen estado del hardware del equipo y cableado). Se deben ejecutar procesos de ajuste fino. En la *indoor unit*, se podría observar como la estación monitorea continuamente la señal que transmite (*ABC'S.- Indoor Unit Installation Manual*). Los resultados que puede entregar, están en función de un porcentaje de bits transmitidos por la misma estación y que son recibidos sin error. El proceso de alineación final consiste en tener un resultado del 100% en este parámetro. (*Good own bursts*). Obtenidos los resultados óptimo, se deberá asegurar definitivamente el hardware del equipo y estará listo para empezar a operar.

OPERACIÓN DE LA RED

La operación de la red comienza con la implementación de la primera estación. Cuando empieza a transmitir, la estación busca la *máster* de la red, y al no encontrarla asume ese papel. Como ya se había indicado, todas las estaciones contienen el hardware necesario para cumplir las funciones de estación *master*. La segunda estación asumirá la función de *master backup*.

La estación *master* reservará *slots* de tiempo dentro de la trama, destinados al comisionamiento de cada nueva estación, proceso que se realiza al encenderla: el comisionamiento implica que dicha estación transmita *bursts* aleatoriamente hasta

conocer el plan de transmisión enviado por la *master* y aplicarlo, pasando a formar desde ese momento, parte de la red DAMA.

4.5 ANALISIS DE COSTOS

Consiste en la determinación de los costos de la inversión física y de operación del proyecto, en términos totales.

En este caso los costos de inversión física incluirán los gastos por construcción de la obra física, adquisición, transporte, montaje y puesta en marcha de los equipos y la provisión de repuestos.

Los costos de operación comprenden los gastos totales de administración y mantenimiento de la red, materiales, servicios (energía, servicio telefónico público utilizado para acceso hacia el *modem* del equipo en caso de falla en la operación), alquiler de ancho de banda, etc.

4.5.1 COSTOS REFERENCIALES DE UNA RED MALLA COMPLETA DAMA ABCS NORTEL DASA

a) Costo total de la inversión física

- a.1) La obra física en este caso constituye la preparación del lugar donde será instalada la antena parabólica en cada una de las oficinas de la corporación. Una vez escogido el lugar, se deberá contratar, de ser necesaria la adecuación del lugar, lo que implica disponer del espacio adecuado, instalaciones eléctricas, ductería para cables de IF, instalación de pararrayos cuando no se dispone. Estos trabajos implican un gasto de USD 500 ¹⁴ por cada una de las oficinas de la corporación.

¹⁴ Costo proporcionado por un prestador de servicios local.

- a.2) Luego se deberá considerar los costos que implica la compra del equipamiento necesario para la implementación de la red, incluyendo aquí los gastos por transporte y montaje de la red.

En este caso, el dimensionamiento indica que se tendrán estaciones similares en los 10 puntos de la red, los cuales estarán conformados por una Indoor Unit ABCS NORTEL DASA, el multiplexor Frame Relay, y la Outdoor Unit (electrónica y antena parabólica). Además debe considerarse la instalación de una estación de gestión para la red, la cual se ubicará en el lugar elegido, en este caso en la matriz Quito. Esta estación permitirá obtener estadísticas de tráfico, monitorear el correcto funcionamiento de las estaciones y realizar configuraciones remotas. Los costos unitarios se muestran en la tabla 4.11.

| EQUIPO | COSTO UNITARIO USD |
|---------------------------|---------------------------|
| Antena parabólica 3.8 mts | 7450 |
| Unidad RF 20 W | 9640 |
| Unidad ABCS NORTEL DASA | 13820 |
| <i>Power Box</i> | 875 |
| Conjunto cables 100 mts | 570 |
| Tarjeta SLIK V35 | 260 |
| SUBTOTAL | 32615 |
| Estación NMS ABCS | 22630 |

Tabla 4-11. Costos del equipamiento NORTEL DASA a utilizar

El modelo de multiplexor *Frame Relay* dependerá básicamente del número de canales de voz que permite cada uno. El multiplexor ACT elegido en este caso, por ser el escogido por NORTEL DASA como un estándar, tiene dos presentaciones: el SDM 9350 que entrega hasta 4 canales de voz y será utilizado en el mayor número de puntos de esta red. Adicionalmente se considera el SDM 9400, que se colocará en los puntos de mayor número de canales de voz, pues este equipo brinda hasta 8 *slots*, en los cuales se colocará una tarjeta de voz VFC-03 por cada canal.

El equipamiento en cada caso incluirá el multiplexor ACT, las tarjetas de voz para cada uno y el cableado adecuado en cada caso. La configuración de estos equipos y la conexión hacia las PBX de cada punto de la red, sale del alcance del presente trabajo.

En la tabla 4-12 se muestran los costos referenciales del equipamiento ACT.

| EQUIPO | COSTO UNITARIO USD |
|----------------------------------|---------------------------|
| SDM 9350 – 4V (4 canales de voz) | 4495 |
| SDM 9400 | 4250 |
| VFC-03 (Tarjeta de voz) | 995 |
| CABLE DE DATOS | 100 |

Tabla 4-12. Costos del equipamiento ACT a utilizar

Sobre la base de estos costos unitarios, se obtiene los valores a invertirse para la compra del equipamiento necesario en cada una de las estaciones. Cada remota a implementarse estará formada por: Antena parabólica 3.8 mts, Unidad RF 20 W, Unidad ABCS NORTEL DASA, Power Box, Conjunto cables 100 mts, 2 Tarjetas SLIK V35 (una adicional que puede ser para crecimiento futuro o como *backup* en cada estación, y que el fabricante recomienda tenerla en cada estación). Tomando los valores de la tabla 4-10, el costo de la estación básica (subtotal en la tabla 4-10) más una SLIK adicional, implica un costo total de:

Estación ABCS: USD 32875

Los multiplexores Frame Relay ACT, tendrán para este caso, dos configuraciones tipo:

- SDM 9350 (4 canales de voz) y cable de datos, con un costo de: USD 4595
- SDM 9400 con 8 canales de voz más cable de datos: USD 12310

El multiplexor Netperformer ACT SDM 9350 tiene como ventajas el integrar los servicios de voz y datos con un precio muy competitivo dentro del mercado, además de ser un equipo de un performance bueno, creado para sitios de red, con necesidades de comunicación medianas a altas.

El multiplexor Netperformer ACT SDM 9400 tiene una tarjeta de procesamiento de más alto performance que el SDM 9350, con buenas herramientas de monitoreo local y remoto, compatible con todas las familias de multiplexores ACT Netperformer y que permite la instalación de interfaces digitales T1 y E1 hacia una PBX.

Además Nortel Dasa considera los parámetros de ACT, para un óptimo funcionamiento de una red, lo que garantiza un buen desempeño y soporte técnico, al adquirir esta combinación de marcas. La siguiente tabla resume los costos que implica cada una de las estaciones:

| ESTACION | NORTEL DASA USD | EQUIPO ACT | FRAD ACT USD | TOTAL USD |
|-----------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|
| Bogotá | 32875 | 1 SDM 9350 | 4595 | 37470 |
| Cali | 32875 | 1 SDM 9350 | 4595 | 37470 |
| Cuenca | 32875 | 1 SDM 9350 | 4595 | 37470 |
| Guayaquil | 32875 | 1 SDM 9400 | 12310 | 45185 |
| Miami | 32875 | 1 SDM 9400 | 12310 | 45185 |
| Loja | 32875 | 1 SDM 9350 | 4595 | 37470 |
| Portoviejo | 32875 | 1 SDM 9350 | 4595 | 37470 |
| Quevedo | 32875 | 1 SDM 9350 | 4595 | 37470 |
| Quito | 32875 | 1 SDM 9400 | 12310 | 45185 |
| Sto Dgo | 32875 | 1 SDM 9350 | 4595 | 37470 |
| TOTAL | 328750 | | 69095 | 397845 |

Tabla 4-13. Costo del equipamiento a utilizarse en cada una de las remotas

Adicionalmente se debe considerar el costo de la estación NMS de gestión. La necesidad de tener un control centralizado, que permita verificar el correcto desempeño

de la red global, así como realizar configuraciones remotas y mejoras en la red, obligan a la instalación de esta estación. Consiste básicamente en un PC con el software adecuado para esta tarea. Por ser remotas similares, podrá localizarse en cualquier estación. En este caso se ubicará en la matriz Quito.

Costo estación NMS: **USD 22630**

La instalación de cada una de las estaciones tiene un costo estimado promedio de USD 3000 (costo referencial proporcionado por un proveedor local de telecomunicaciones), por lo que el montaje de toda la red (10 estaciones) implica un costo:

Costo instalación de la red: **USD 30000**

Se considera este valor promedio, considerando costos de viajes dentro y fuera del país, gastos adicionales, contratar personal para movilización de equipos, etc.

- a.3) Finalmente se considera los costos que implica el mantener un equipamiento de *backup*, el cual permitiría reemplazar una unidad o elemento dañado y así disminuir el tiempo fuera de servicio de una estación, que implica detener procesos que implique transferencia de datos o voz entre las operativas.

No se considera *backup* para antena parabólica pues es un elemento con baja probabilidad de falla y un eventual daño se podría cubrir con el alquiler temporal ó compra local.

La estación NMS tampoco tiene *backup*, pues implica un alto costo y no representa un recurso indispensable para el funcionamiento de la red. Cualquier daño podría estar sujeto a reparación o reemplazo, sin implicar que la red deje de trabajar.

Para el caso de los multiplexores, se ha considerado un ACT SDM 9400, el cual puede servir como *backup* para éstos o para los SDM-9350, considerando la compatibilidad entre multiplexores de la familia ACT Netperformer.

El equipamiento de *backup* necesario consistirá en:

| EQUIPO | CANTIDAD | COSTO USD |
|----------------------------|-----------------|------------------|
| Unidad RF 20 W | 1 | 9640 |
| Unidad ABCS NORTEL DASA | 1 | 13820 |
| Power Box | 1 | 875 |
| Conjunto cables 100 mts | 1 | 570 |
| SDM 9400 | 1 | 4250 |
| Tarjetas de Voz VFC 03 | 6 | 5970 |
| Módulo voz para SDM 9350 | 1 | 1000 |
| | TOTAL | 36125 |

Tabla 4-14. Costo del equipamiento de *backup*

En todos los casos, se ha considerado un 10% del total del equipamiento en la red, porcentaje aceptable para mantener como *stock* en bodega y que solucionará cualquier daño eventual en una de las estaciones.

b) Costo total de operación

b.1) Primeramente se debe considerar personal técnico que tendrá como misión el mantener operativa la red.

En este caso se asignarán dos ingenieros, encargados de la operación y mantenimiento de la red, con un sueldo mensual de USD 600 y que recibirán capacitación en fábrica. Adicionalmente como parte de la negociación con el fabricante, se capacitará a un técnico que estará en Estados Unidos y otro en Colombia, que brindarán soporte en primera etapa, ante la existencia de problemas. Adicionalmente, los ingenieros se encargarán de capacitar a personal de cada una de las remotas en Ecuador para que puedan brindar el soporte necesario en la solución de problemas.

Los encargados en cada una de las operativas son personal ya existente en la compañía y no tendrán dedicación exclusiva a la red, sino que recibirán una preparación adicional a las funciones que desempeñan actualmente. El único gasto adicional en este proyecto, será el ingreso de los dos ingenieros a cargo.

Costo operación y mantenimiento: **USD 1200 mensuales**

b.2) Para operar la red, se deberá alquilar un ancho de banda satelital, el cual se ha obtenido al realizar el dimensionamiento de la red.

En este caso se necesita 1500 KHz. Considerando que se utilizará el Intelsat 805, se ha asumido el costo que consta en el libro oficial de tarifas, el cual indica un valor de USD 58600 anuales por cada MHz, si el contrato se hace a 5 años. Para 1,5 MHz, se obtiene una anualidad de (58600×1.5) USD 87900 que se pagará por la capacidad alquilada.

Costo alquiler Ancho de Banda Satelital: USD 87900 anuales

Lo que implicará un abono mensual de $(USD 87900 / 12)$ USD 7325.

En resumen, los costos para la implementación de la red DAMA serán:

| RUBRO | CANTIDAD | TOTAL USD |
|------------------------|----------------------|------------------|
| Obras civiles previas | 10 | 5000 |
| Equipamiento de la red | 10 estaciones | 397845 |
| Instalación | 10 | 30000 |
| Estación NMS | 1 | 22630 |
| Equipo <i>backup</i> | (Detalle tabla 4-13) | 36125 |
| | TOTAL | 491600 |

Tabla 4-15. Resumen de la inversión inicial necesaria para poner en marcha la red DAMA ABCS

Adicionalmente se tiene un egreso mensual por alquiler de capacidad satelital y por costos operativos:

| RUBRO | COSTO MENSUAL USD |
|------------------------------------|--------------------------|
| Alquiler 1500 KHz satelital | 7325 |
| Personal técnico a cargo de la red | 1200 |
| TOTAL | 8525 |

Tabla 4-16. Costos mensuales por gastos operativos

4.5.2 COSTOS REFERENCIALES RED SCPC EN MALLA COMPLETA

Como una referencia, a continuación se indican los costos que implicaría la implementación de una red con topología malla, utilizando la tecnología SCPC, y que fue desarrollada en sus parámetros principales en el punto 4.3.1 de este trabajo.

Cada estación estará conformada por una unidad exterior, que para esta red resultó ser de 3.8 metros pero con la diferencia ahora, que la unidad RF (*transceiver*) deberá ser de una potencia mayor (30W) con respecto a la necesitada al utilizar DAMA. Adicionalmente, la unidad interior cambia, y se utilizarán en este caso 9 módems satelitales en cada una de las remotas (para conseguir la malla total). Como equipo multiplexor de voz y datos, se pueden utilizar los mismos ACT SDM-9350 y SDM-9400 utilizados en el dimensionamiento NORTEL DASA. Para este caso, es necesario adicionar tarjetas de red en estos multiplexores, a fin de que funcionen como *routers*. Este gasto no era necesario con NORTEL DASA, pues la unidad interior incluye la tarjeta Ethernet.

El costo por instalación de la red se incrementa, pues la topología que se quiere implementar, lo hace más complicado. al requerir cableado que permita la conexión de 9 módems a la antena y el consiguiente ajuste de enlaces satelitales con sus correspondientes puntos remotos. Todo este proceso aumenta el número de personas que se deberán dedicar a la instalación de cada estación y el tiempo necesario para ello.

El rubro por repuestos y equipo de *backup* se ha considerado igual que antes el 10 % del equipamiento electrónico, sin considerar el costo de una antena parabólica, que igual que antes, es un gasto no necesario.

El resumen del costo de implementación de esta red, se muestra en la tabla 4-17, desglosando un primer costo por equipamiento y luego los de instalación, obras civiles y repuestos.

| CONCEPTO | COSTO UNITARIO USD | CANTIDAD | COSTO TOTAL USD |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------------|
| Antena parabólica 3.8 mts | 7450 | 10 | 74500 |
| Módem satelital | 3300 | 90 | 297000 |
| Unidad RF 30 W | 12740 | 10 | 127400 |
| FRAD ACT 9400 + 8 canales de voz | 12310 | 4 | 49240 |
| FRAD ACT 9350 / 4 canales de voz | 4595 | 7 | 32165 |
| Módulo Ethernet para SDM 9400 | 595 | 4 | 2380 |
| Módulo Ethernet para SDM 9350 | 895 | 7 | 6265 |
| SUBTOTAL EQUIPOS | | | 588950 |
| Instalación | 4000 | 10 | 40000 |
| Obras civiles | 500 | 10 | 5000 |
| Repuestos | | 1 | 51445 |
| TOTAL | | | 685395 |

Tabla 4-17. Costo de implementación de la red utilizando tecnología SCPC con topología malla completa

Adicionalmente se deberá considerar un *switch* que realice la conmutación de datos en cada uno de los puntos remotos, incrementando más aún el costo de la red global. El diseño de este sistema de conmutación implica un estudio más profundo, que no es el objetivo de este trabajo.

Al igual que la red utilizando NORTEL DASA, se tendrán costos operativos mensuales a cubrir. Estos incluyen básicamente un rubro para pagar a personal técnico que se encargue de la red y otro que significa el pago por alquiler de ancho de banda satelital.

Según el dimensionamiento hecho, sería necesarios 6.8 MHz satelitales para alcanzar la configuración malla completa. Para esta capacidad, utilizando el libro de tarifas de Intelsat, indica un costo de USD 350880 de abono anual. (USD 258000 anuales por cada 5 MHz; entonces USD 51600 anuales por cada MHz; se requieren 6.8 MHz. entonces el valor total será: USD 51600 x 6.8 = 350880 anuales; el abono mensual será 350880/12 = USD 29240)

Los costos mensuales operativos de esta red serán los mostrados en la tabla 4-18

| RUBRO | COSTO MENSUAL USD |
|------------------------------------|--------------------------|
| Alquiler 6,8 MHz satelital | 29240 |
| Personal técnico a cargo de la red | 1200 |
| TOTAL | 30440 |

Tabla 4-18. Costo mensual por gastos operativos de la red SCPC en malla

Los resultados obtenidos, tanto en costos no recurrentes (equipamiento y puesta en marcha) como en costos recurrentes (personal técnico y ancho de banda), indican claramente que la mejor opción es la tecnología DAMA; la diferencia la pone el costo del alquiler de ancho de banda satelital, que en el caso de SCPC implica un abono mensual de USD 29240 mientras que con DAMA, será USD 7325 (el 25.05 % del costo utilizando SCPC).

CAPITULO 5



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La utilización de enlaces satelitales implica un retardo entre 250 ms y 270 ms provocado por la gran distancia (36000 Km aproximadamente) existente entre la tierra y los satélites de telecomunicaciones geoestacionarios, el mismo que no puede ser evitado por ningún tipo de tecnología que implique este medio de comunicación. El implementar una red con doble salto, duplicaría el retardo, sumando además un tiempo de procesamiento en la estación intermedia, lo cual en aplicaciones de tiempo real tal como la voz, puede llegar a ser crítico.
- A pesar de las ventajas que presentan los sistemas DAMA, no se suele utilizar la técnica desde el comienzo de un proyecto de red satelital, debido a la alta inversión que implica. Lo común es comenzar utilizando el modo de asignación previa, pero equipando los terminales con unidades compatibles con DAMA e introducir el esquema de asignación de ancho de banda por demanda cuando el tráfico aumenta, hasta un punto en que el crecimiento justifica la utilización de equipos DAMA, esto debido al ahorro en el arrendamiento del segmento satelital que esta tecnología permite.
- La tecnología DAMA con topología malla, está dirigida a redes corporativas con aplicaciones de voz y datos de un número medio de estaciones debido al elevado costo actual del hardware. Para mayor número de estaciones es ideal, por cuanto la inversión inicial podría ser recuperada rápidamente con el ahorro en los costos del alquiler de ancho de banda satelital.
- El esquema DAMA permite la creación de topologías de red variadas, las cuales se adaptan a la necesidad del usuario. Esto se vuelve importante en la actualidad, cuando las empresas tienden a descentralizar su administración y las aplicaciones que son llevadas por sus redes LAN (por ejemplo correo electrónico) realizan validación de usuarios localmente, y no como anteriormente se hacía, en un servidor ubicado en la

matriz, lo cual implicaba pérdida de tiempo a los usuarios y desperdicio de recursos en el medio de transmisión WAN.

- Para aplicaciones en las que el número de estaciones es bajo y con topologías que no sean de malla completa, sino estrella o malla parcial, se recomienda estudiar otras tecnologías. Se podría por ejemplo crear redes Frame Relay utilizando enlaces SCPC, o la tecnología *Skyframe* (de ACT Networks), donde los costos actuales de hardware son más bajos y ofrecen soluciones para este tipo de necesidades.
- En aplicaciones LAN, ABCS constituye un *bridge* inteligente (realiza funciones de memoria de *routing*, tablas de enrutamiento, *aging* por la cual elimina direcciones IP de las tablas de rutas de máquinas que no están activas un determinado tiempo, etc.) que reenvía los paquetes Ethernet de una red a otra. La diferencia con *bridges* en tierra es el hecho de que no solamente dos *bridges* están conectados mediante sus puertos, sino que son varias estaciones conectadas utilizando la característica *broadcast* del canal satelital, por lo que podría describirse como una red "Ethernet en el cielo". El objetivo es discriminar el destino del tráfico a fin de no sobrecargar el recurso satelital. Este recurso simplifica los requerimientos cuando se desea interconectar redes LAN de varias localidades, evitando costos de equipos adicionales.
- Una nueva versión de ABCS denominada SKYWAN, básicamente tiene los mismos conceptos de ingeniería que ABCS I pero permite que la red transmita hasta 8 portadoras de 2 Mbs lo que da una capacidad máxima de transmisión de 16 Mbps. y permite la transmisión de voz, datos y aplicaciones multimedia. En esta red multi-canal, cada nodo es asignado a un "*home channel*" en el cual recibirá todo el tráfico de usuario. El plan de trama TDMA (asignación de capacidad de transmisión) es recibido en el canal de la estación *master*. Para comunicarse con una estación remota, un nodo debe transmitir en el "*home channel*" del nodo destino. Este nuevo *release* es incompatible con la versión anterior ABCS y fue liberado a finales de 1999.

- El dimensionamiento del canal de datos, se debe realizar analizando las aplicaciones que se cursarán por la red WAN que se esté diseñando. Adicionalmente se debe considerar las tendencias de tráfico promedio tanto en tamaño de archivos transmitidos como la frecuencia con que se lo hace. Con este diseño inicial, se implementará la red y se deberán realizar los ajustes necesarios, analizando el desempeño real de las aplicaciones en la red de comunicaciones.
- Una red corporativa de telecomunicaciones privada, le permite a una corporación realizar transferencia de datos y voz entre sus operativas estando disponible el canal cuando sea requerido. Adicionalmente tendrá control total sobre su red con la posibilidad de adecuarla a su necesidad específica y supervisar su correcto funcionamiento todo el tiempo.
- La amplia cobertura de las comunicaciones satelitales implica que sea la tecnología escogida por corporaciones internacionales para sus redes privadas. Lo mismo ocurre en países de gran área como por ejemplo Estados Unidos. Una razón importante, es el evitar la utilización de varios proveedores intermedios para enlazar sus operativas, debido a los problemas técnicos, administrativos y regulatorios que esto conlleva.
- El sistema ABCS de Nortel Dasa fue concebido para trabajar con antenas de diámetro pequeño (típicamente hasta 3.8 metros en banda C). Si adicionalmente se emplea banda Ku para este tipo de redes, permitirá reducir aún más las dimensiones del equipamiento satelital (antena y unidad de RF), lo cual disminuye los costos y permite instalar los equipos en el local del usuario, evitando gastos por utilización de otro local y por accesos innecesarios de última milla.
- Las redes antiguas de comunicaciones empleaban esquemas centralizados, *poll/select*, etc, lo cual implicaba anchos de banda grandes y retardos elevados. Esto se complicaría más con enlaces de doble salto donde los tiempos de respuesta se elevarían más allá de

lo aceptable. Esto ha cambiado en la actualidad haciendo conveniente esquemas de malla con salto satelital simple.

- Actualmente hay mucho desarrollo en redes de banda ancha; sin embargo, la tecnología VSAT no perderá vigencia por los costos bajos que implica, su facilidad de instalación, acceso a lugares remotos y por las mejoras de eficiencia que se han logrado al desarrollar tecnologías como las de NORTEL-DASA.
- Para una entidad, contar con una red privada de telecomunicaciones le significa disponer de un medio de comunicación de voz, alternativo a las redes públicas. Incluyendo el esquema de asignación de ancho de banda por demanda, le permite optimizar la utilización de este costoso recurso, pues la tecnología permite que el ancho de banda que no esté utilizado para comunicaciones telefónicas, pueda ser ocupado por sus aplicaciones de datos ó por otra estación que lo requiera. Además por la cobertura que pueden alcanzar las redes satelitales, se pueden formar redes privadas, que reducirán los gastos que tienen las empresas por llamadas nacionales o internacionales hacia sus sucursales.
- El esquema DAMA brinda al usuario de una red satelital, la posibilidad de ejecutar aplicaciones que requieran grandes anchos de banda, tales como video o aplicaciones multimedia. Además lo realizan en una forma económica, pues en muchas ocasiones, se ejecutan en momentos específicos y cuando no lo hacen, ese ancho de banda es utilizado para otras tareas, lo que en esquemas de asignación fija no se puede hacer. SCPC sencillo, fácil de implementar y bajo en costos de equipos, porque no ejecuta procesos de control y asignación de ancho de banda, pero al momento de crear redes en malla, en ancho de banda ocupado por enlaces que no estén pasando tráfico, no podrá ser utilizado por otras estaciones que lo requieran, lo que se logra al implementar esquemas con asignación de ancho de banda por demanda.

- En ciertas aplicaciones, podría darse el caso que resulte menos costoso implementar una red utilizando SCPC, debido a los altos precios de los equipos DAMA en la actualidad. Pero, el beneficio se verá en la economía que se tendrá al reducir los costos debidos al alquiler de ancho de banda satelital.

ANEXO A

Tablas de Erlang

Se presentan las tablas de Erlang para valores dentro del rango que fue utilizado en el dimensionamiento de la red telefónica para la red corporativa de telecomunicaciones que utiliza el sistema satelital DAMA

$n = 1 - 51$

Offered traffic flow A in erlang

| n | Loss Probability (E) | | | | | | | | | | n |
|----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | .00001 | .00005 | .0001 | .0005 | .001 | .002 | .003 | .004 | .005 | .006 | |
| 1 | .00001 | .00005 | .00010 | .00050 | .00100 | .00200 | .00301 | .00402 | .00503 | .00604 | 1 |
| 2 | .00448 | .01005 | .01424 | .03213 | .04576 | .06534 | .08064 | .09373 | .10540 | .11608 | 2 |
| 3 | .03967 | .06849 | .08682 | .15170 | .19384 | .24872 | .28851 | .32099 | .34900 | .37395 | 3 |
| 4 | .12853 | .19544 | .23471 | .36235 | .43927 | .53503 | .60209 | .65568 | .70120 | .74124 | 4 |
| 5 | .27526 | .38848 | .45195 | .64857 | .76211 | .89986 | .99446 | 1.0692 | 1.1320 | 1.1870 | 5 |
| 6 | .47569 | .63922 | .72822 | .99566 | 1.1459 | 1.3252 | 1.4468 | 1.5421 | 1.6218 | 1.6912 | 6 |
| 7 | .72365 | .93919 | 1.0541 | 1.3922 | 1.5786 | 1.7984 | 1.9463 | 2.0614 | 2.1575 | 2.2408 | 7 |
| 8 | 1.0132 | 1.2812 | 1.4219 | 1.8297 | 2.0513 | 2.3105 | 2.4837 | 2.6181 | 2.7299 | 2.8266 | 8 |
| 9 | 1.3391 | 1.6593 | 1.8256 | 2.3016 | 2.5575 | 2.8549 | 3.0526 | 3.2056 | 3.3326 | 3.4422 | 9 |
| 10 | 1.6970 | 2.0688 | 2.2601 | 2.8028 | 3.0920 | 3.4265 | 3.6480 | 3.8190 | 3.9607 | 4.0829 | 10 |
| 11 | 2.0831 | 2.5058 | 2.7216 | 3.3294 | 3.6511 | 4.0215 | 4.2661 | 4.4545 | 4.6104 | 4.7447 | 11 |
| 12 | 2.4944 | 2.9670 | 3.2069 | 3.8781 | 4.2314 | 4.6368 | 4.9038 | 5.1092 | 5.2789 | 5.4250 | 12 |
| 13 | 2.9283 | 3.4499 | 3.7133 | 4.4465 | 4.8305 | 5.2700 | 5.5588 | 5.7807 | 5.9638 | 6.1214 | 13 |
| 14 | 3.3826 | 3.9522 | 4.2387 | 5.0324 | 5.4464 | 5.9190 | 6.2290 | 6.4670 | 6.6632 | 6.8320 | 14 |
| 15 | 3.8553 | 4.4721 | 4.7811 | 5.6339 | 6.0772 | 6.5822 | 6.9129 | 7.1665 | 7.3755 | 7.5552 | 15 |
| 16 | 4.3448 | 5.0079 | 5.3389 | 6.2496 | 6.7215 | 7.2582 | 7.6091 | 7.8780 | 8.0995 | 8.2898 | 16 |
| 17 | 4.8498 | 5.5582 | 5.9109 | 6.8782 | 7.3781 | 7.9457 | 8.3164 | 8.6003 | 8.8340 | 9.0347 | 17 |
| 18 | 5.3690 | 6.1220 | 6.4958 | 7.5186 | 8.0459 | 8.6437 | 9.0339 | 9.3324 | 9.5780 | 9.7889 | 18 |
| 19 | 5.9013 | 6.6980 | 7.0927 | 8.1696 | 8.7239 | 9.3514 | 9.7606 | 10.073 | 10.331 | 10.552 | 19 |
| 20 | 6.4458 | 7.2854 | 7.7005 | 8.8310 | 9.4115 | 10.068 | 10.496 | 10.823 | 11.092 | 11.322 | 20 |
| 21 | 7.0015 | 7.8834 | 8.3186 | 9.5014 | 10.108 | 10.793 | 11.239 | 11.580 | 11.860 | 12.100 | 21 |
| 22 | 7.5679 | 8.4913 | 8.9462 | 10.180 | 10.812 | 11.525 | 11.989 | 12.344 | 12.635 | 12.885 | 22 |
| 23 | 8.1441 | 9.1084 | 9.5826 | 10.868 | 11.524 | 12.265 | 12.746 | 13.114 | 13.416 | 13.676 | 23 |
| 24 | 8.7297 | 9.7341 | 10.227 | 11.562 | 12.243 | 13.011 | 13.510 | 13.891 | 14.204 | 14.472 | 24 |
| 25 | 9.3239 | 10.368 | 10.880 | 12.264 | 12.969 | 13.763 | 14.279 | 14.673 | 14.997 | 15.274 | 25 |
| 26 | 9.9264 | 11.009 | 11.540 | 12.972 | 13.701 | 14.522 | 15.054 | 15.461 | 15.795 | 16.081 | 26 |
| 27 | 10.537 | 11.656 | 12.207 | 13.686 | 14.439 | 15.285 | 15.835 | 16.254 | 16.598 | 16.893 | 27 |
| 28 | 11.154 | 12.314 | 12.880 | 14.406 | 15.182 | 16.054 | 16.620 | 17.051 | 17.406 | 17.709 | 28 |
| 29 | 11.779 | 12.976 | 13.560 | 15.132 | 15.930 | 16.828 | 17.410 | 17.853 | 18.218 | 18.530 | 29 |
| 30 | 12.410 | 13.644 | 14.246 | 15.863 | 16.684 | 17.606 | 18.204 | 18.660 | 19.034 | 19.355 | 30 |
| 31 | 13.048 | 14.318 | 14.937 | 16.599 | 17.442 | 18.389 | 19.002 | 19.470 | 19.854 | 20.183 | 31 |
| 32 | 13.691 | 14.997 | 15.633 | 17.340 | 18.205 | 19.176 | 19.805 | 20.284 | 20.678 | 21.015 | 32 |
| 33 | 14.341 | 15.682 | 16.335 | 18.085 | 18.972 | 19.966 | 20.611 | 21.102 | 21.505 | 21.850 | 33 |
| 34 | 14.995 | 16.372 | 17.041 | 18.835 | 19.743 | 20.761 | 21.421 | 21.923 | 22.336 | 22.689 | 34 |
| 35 | 15.655 | 17.067 | 17.752 | 19.589 | 20.517 | 21.559 | 22.234 | 22.748 | 23.169 | 23.531 | 35 |
| 36 | 16.321 | 17.766 | 18.468 | 20.346 | 21.296 | 22.361 | 23.050 | 23.575 | 24.006 | 24.376 | 36 |
| 37 | 16.990 | 18.470 | 19.188 | 21.108 | 22.078 | 23.166 | 23.870 | 24.406 | 24.846 | 25.223 | 37 |
| 38 | 17.665 | 19.178 | 19.911 | 21.873 | 22.864 | 23.974 | 24.692 | 25.240 | 25.689 | 26.074 | 38 |
| 39 | 18.344 | 19.890 | 20.639 | 22.642 | 23.652 | 24.785 | 25.518 | 26.076 | 26.534 | 26.926 | 39 |
| 40 | 19.027 | 20.606 | 21.371 | 23.414 | 24.444 | 25.599 | 26.346 | 26.915 | 27.382 | 27.782 | 40 |
| 41 | 19.715 | 21.326 | 22.106 | 24.189 | 25.239 | 26.416 | 27.177 | 27.756 | 28.232 | 28.640 | 41 |
| 42 | 20.406 | 22.049 | 22.845 | 24.967 | 26.037 | 27.235 | 28.010 | 28.600 | 29.085 | 29.500 | 42 |
| 43 | 21.101 | 22.776 | 23.587 | 25.748 | 26.837 | 28.057 | 28.846 | 29.447 | 29.940 | 30.362 | 43 |
| 44 | 21.800 | 23.507 | 24.332 | 26.532 | 27.641 | 28.882 | 29.684 | 30.295 | 30.797 | 31.227 | 44 |
| 45 | 22.503 | 24.240 | 25.080 | 27.319 | 28.447 | 29.708 | 30.525 | 31.146 | 31.656 | 32.093 | 45 |
| 46 | 23.209 | 24.977 | 25.832 | 28.109 | 29.255 | 30.538 | 31.367 | 31.999 | 32.517 | 32.962 | 46 |
| 47 | 23.918 | 25.717 | 26.586 | 28.901 | 30.066 | 31.369 | 32.212 | 32.854 | 33.381 | 33.832 | 47 |
| 48 | 24.631 | 26.460 | 27.343 | 29.696 | 30.879 | 32.203 | 33.059 | 33.711 | 34.246 | 34.704 | 48 |
| 49 | 25.346 | 27.206 | 28.103 | 30.493 | 31.694 | 33.039 | 33.908 | 34.570 | 35.113 | 35.578 | 49 |
| 50 | 26.065 | 27.954 | 28.866 | 31.292 | 32.512 | 33.876 | 34.759 | 35.431 | 35.982 | 36.454 | 50 |
| 51 | 26.787 | 28.706 | 29.631 | 32.094 | 33.332 | 34.716 | 35.611 | 36.293 | 36.852 | 37.331 | 51 |
| n | .00001 | .00005 | .0001 | .0005 | .001 | .002 | .003 | .004 | .005 | .006 | n |

Offered traffic flow A in erlang

| n | Loss Probability (E) | | | | | | | | | n | |
|----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | .007 | .008 | .009 | .01 | .02 | .03 | .05 | .1 | .2 | | .4 |
| 1 | .00705 | .00806 | .00908 | .01010 | .02041 | .03093 | .05263 | .11111 | .25000 | .66667 | 1 |
| 2 | .12600 | .13532 | .14416 | .15259 | .22347 | .28155 | .38132 | .59543 | 1.0000 | 2.0000 | 2 |
| 3 | .39664 | .41757 | .43711 | .45549 | .60221 | .71513 | .89940 | 1.2708 | 1.9299 | 3.4796 | 3 |
| 4 | .77729 | .81029 | .84085 | .86942 | 1.0923 | 1.2589 | 1.5246 | 2.0454 | 2.9452 | 5.0210 | 4 |
| 5 | 1.2362 | 1.2810 | 1.3223 | 1.3608 | 1.6571 | 1.8752 | 2.2185 | 2.8811 | 4.0104 | 6.5955 | 5 |
| 6 | 1.7531 | 1.8093 | 1.8610 | 1.9090 | 2.2759 | 2.5431 | 2.9603 | 3.7584 | 5.1086 | 8.1907 | 6 |
| 7 | 2.3149 | 2.3820 | 2.4437 | 2.5009 | 2.9354 | 3.2497 | 3.7378 | 4.6662 | 6.2302 | 9.7995 | 7 |
| 8 | 2.9125 | 2.9902 | 3.0615 | 3.1276 | 3.6271 | 3.9865 | 4.5430 | 5.5971 | 7.3692 | 11.419 | 8 |
| 9 | 3.5395 | 3.6274 | 3.7080 | 3.7825 | 4.3447 | 4.7479 | 5.3702 | 6.5464 | 8.5217 | 13.045 | 9 |
| 10 | 4.1911 | 4.2889 | 4.3784 | 4.4612 | 5.0840 | 5.5294 | 6.2157 | 7.5106 | 9.6850 | 14.677 | 10 |
| 11 | 4.8637 | 4.9709 | 5.0691 | 5.1599 | 5.8415 | 6.3280 | 7.0764 | 8.4871 | 10.857 | 16.314 | 11 |
| 12 | 5.5543 | 5.6708 | 5.7774 | 5.8760 | 6.6147 | 7.1410 | 7.9501 | 9.4740 | 12.036 | 17.954 | 12 |
| 13 | 6.2607 | 6.3863 | 6.5011 | 6.6072 | 7.4015 | 7.9667 | 8.8349 | 10.470 | 13.222 | 19.598 | 13 |
| 14 | 6.9811 | 7.1154 | 7.2382 | 7.3517 | 8.2003 | 8.8035 | 9.7295 | 11.473 | 14.413 | 21.243 | 14 |
| 15 | 7.7139 | 7.8568 | 7.9874 | 8.1080 | 9.0096 | 9.6500 | 10.633 | 12.484 | 15.608 | 22.891 | 15 |
| 16 | 8.4579 | 8.6092 | 8.7474 | 8.8750 | 9.8284 | 10.505 | 11.544 | 13.500 | 16.807 | 24.541 | 16 |
| 17 | 9.2119 | 9.3714 | 9.5171 | 9.6516 | 10.656 | 11.368 | 12.461 | 14.522 | 18.010 | 26.192 | 17 |
| 18 | 9.9751 | 10.143 | 10.296 | 10.437 | 11.491 | 12.238 | 13.385 | 15.548 | 19.216 | 27.844 | 18 |
| 19 | 10.747 | 10.922 | 11.082 | 11.230 | 12.333 | 13.115 | 14.315 | 16.579 | 20.424 | 29.498 | 19 |
| 20 | 11.526 | 11.709 | 11.876 | 12.031 | 13.182 | 13.997 | 15.249 | 17.613 | 21.635 | 31.152 | 20 |
| 21 | 12.312 | 12.503 | 12.677 | 12.838 | 14.036 | 14.885 | 16.189 | 18.651 | 22.848 | 32.808 | 21 |
| 22 | 13.105 | 13.303 | 13.484 | 13.651 | 14.896 | 15.778 | 17.132 | 19.692 | 24.064 | 34.464 | 22 |
| 23 | 13.904 | 14.110 | 14.297 | 14.470 | 15.761 | 16.675 | 18.080 | 20.737 | 25.281 | 36.121 | 23 |
| 24 | 14.709 | 14.922 | 15.116 | 15.295 | 16.631 | 17.577 | 19.031 | 21.784 | 26.499 | 37.779 | 24 |
| 25 | 15.519 | 15.739 | 15.939 | 16.125 | 17.505 | 18.483 | 19.985 | 22.833 | 27.720 | 39.437 | 25 |
| 26 | 16.334 | 16.561 | 16.768 | 16.959 | 18.383 | 19.392 | 20.943 | 23.885 | 28.941 | 41.096 | 26 |
| 27 | 17.153 | 17.387 | 17.601 | 17.797 | 19.265 | 20.305 | 21.904 | 24.939 | 30.164 | 42.755 | 27 |
| 28 | 17.977 | 18.218 | 18.438 | 18.640 | 20.150 | 21.221 | 22.867 | 25.995 | 31.388 | 44.414 | 28 |
| 29 | 18.805 | 19.053 | 19.279 | 19.487 | 21.039 | 22.140 | 23.833 | 27.053 | 32.614 | 46.074 | 29 |
| 30 | 19.637 | 19.891 | 20.123 | 20.337 | 21.932 | 23.062 | 24.802 | 28.113 | 33.840 | 47.735 | 30 |
| 31 | 20.473 | 20.734 | 20.972 | 21.191 | 22.827 | 23.987 | 25.773 | 29.174 | 35.067 | 49.395 | 31 |
| 32 | 21.312 | 21.580 | 21.823 | 22.048 | 23.725 | 24.914 | 26.746 | 30.237 | 36.295 | 51.056 | 32 |
| 33 | 22.155 | 22.429 | 22.678 | 22.909 | 24.626 | 25.844 | 27.721 | 31.301 | 37.524 | 52.718 | 33 |
| 34 | 23.001 | 23.281 | 23.536 | 23.772 | 25.529 | 26.776 | 28.698 | 32.367 | 38.754 | 54.379 | 34 |
| 35 | 23.849 | 24.136 | 24.397 | 24.638 | 26.435 | 27.711 | 29.677 | 33.434 | 39.985 | 56.041 | 35 |
| 36 | 24.701 | 24.994 | 25.261 | 25.507 | 27.343 | 28.647 | 30.657 | 34.503 | 41.216 | 57.703 | 36 |
| 37 | 25.556 | 25.854 | 26.127 | 26.378 | 28.254 | 29.585 | 31.640 | 35.572 | 42.448 | 59.365 | 37 |
| 38 | 26.413 | 26.718 | 26.996 | 27.252 | 29.166 | 30.526 | 32.624 | 36.643 | 43.680 | 61.026 | 38 |
| 39 | 27.272 | 27.583 | 27.867 | 28.129 | 30.081 | 31.468 | 33.609 | 37.715 | 44.913 | 62.690 | 39 |
| 40 | 28.134 | 28.451 | 28.741 | 29.007 | 30.997 | 32.412 | 34.596 | 38.787 | 46.147 | 64.353 | 40 |
| 41 | 28.999 | 29.322 | 29.616 | 29.888 | 31.916 | 33.357 | 35.584 | 39.861 | 47.381 | 66.016 | 41 |
| 42 | 29.866 | 30.194 | 30.494 | 30.771 | 32.836 | 34.305 | 36.574 | 40.936 | 48.616 | 67.679 | 42 |
| 43 | 30.734 | 31.069 | 31.374 | 31.656 | 33.758 | 35.253 | 37.565 | 42.011 | 49.851 | 69.342 | 43 |
| 44 | 31.605 | 31.946 | 32.256 | 32.543 | 34.682 | 36.203 | 38.557 | 43.082 | 51.086 | 71.006 | 44 |
| 45 | 32.478 | 32.824 | 33.140 | 33.432 | 35.607 | 37.155 | 39.550 | 44.165 | 52.322 | 72.669 | 45 |
| 46 | 33.353 | 33.705 | 34.026 | 34.322 | 36.534 | 38.108 | 40.545 | 45.243 | 53.559 | 74.333 | 46 |
| 47 | 34.230 | 34.587 | 34.913 | 35.215 | 37.462 | 39.062 | 41.540 | 46.322 | 54.796 | 75.997 | 47 |
| 48 | 35.108 | 35.471 | 35.803 | 36.109 | 38.392 | 40.018 | 42.537 | 47.401 | 56.033 | 77.660 | 48 |
| 49 | 35.988 | 36.357 | 36.694 | 37.004 | 39.323 | 40.975 | 43.534 | 48.481 | 57.270 | 79.324 | 49 |
| 50 | 36.870 | 37.245 | 37.586 | 37.901 | 40.255 | 41.933 | 44.533 | 49.562 | 58.508 | 80.988 | 50 |
| 51 | 37.754 | 38.134 | 38.480 | 38.800 | 41.189 | 42.892 | 45.533 | 50.644 | 59.746 | 82.652 | 51 |
| n | Loss Probability (E) | | | | | | | | | n | |
| | .007 | .008 | .009 | .01 | .02 | .03 | .05 | .1 | .2 | .4 | |

Offered traffic flow A in erlang

| n | Loss Probability (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | .00001 | .00005 | .0001 | .0005 | .001 | .002 | .003 | .004 | .005 | .006 | |
| 51 | 26.787 | 28.706 | 29.631 | 32.094 | 33.332 | 34.716 | 35.611 | 36.293 | 36.852 | 37.331 | 51 |
| 52 | 27.511 | 29.459 | 30.399 | 32.898 | 34.153 | 35.558 | 36.466 | 37.157 | 37.724 | 38.211 | 52 |
| 53 | 28.239 | 30.216 | 31.169 | 33.704 | 34.977 | 36.401 | 37.322 | 38.023 | 38.598 | 39.091 | 53 |
| 54 | 28.969 | 30.975 | 31.942 | 34.512 | 35.803 | 37.247 | 38.180 | 38.891 | 39.474 | 39.973 | 54 |
| 55 | 29.702 | 31.736 | 32.717 | 35.322 | 36.630 | 38.094 | 39.040 | 39.760 | 40.351 | 40.857 | 55 |
| 56 | 30.437 | 32.500 | 33.494 | 36.134 | 37.460 | 38.942 | 39.901 | 40.630 | 41.229 | 41.742 | 56 |
| 57 | 31.175 | 33.266 | 34.273 | 36.948 | 38.291 | 39.793 | 40.763 | 41.502 | 42.109 | 42.629 | 57 |
| 58 | 31.915 | 34.034 | 35.054 | 37.764 | 39.124 | 40.645 | 41.628 | 42.376 | 42.990 | 43.516 | 58 |
| 59 | 32.657 | 34.804 | 35.838 | 38.581 | 39.959 | 41.498 | 42.493 | 43.251 | 43.873 | 44.406 | 59 |
| 60 | 33.402 | 35.577 | 36.623 | 39.401 | 40.795 | 42.353 | 43.360 | 44.127 | 44.757 | 45.296 | 60 |
| 61 | 34.149 | 36.351 | 37.411 | 40.222 | 41.633 | 43.210 | 44.229 | 45.005 | 45.642 | 46.188 | 61 |
| 62 | 34.899 | 37.127 | 38.200 | 41.045 | 42.472 | 44.068 | 45.099 | 45.884 | 46.528 | 47.081 | 62 |
| 63 | 35.650 | 37.906 | 38.991 | 41.869 | 43.313 | 44.927 | 45.970 | 46.764 | 47.416 | 47.975 | 63 |
| 64 | 36.404 | 38.686 | 39.784 | 42.695 | 44.156 | 45.788 | 46.843 | 47.646 | 48.305 | 48.870 | 64 |
| 65 | 37.159 | 39.468 | 40.579 | 43.523 | 45.000 | 46.650 | 47.716 | 48.528 | 49.195 | 49.766 | 65 |
| 66 | 37.917 | 40.252 | 41.375 | 44.352 | 45.845 | 47.513 | 48.591 | 49.412 | 50.086 | 50.664 | 66 |
| 67 | 38.676 | 41.038 | 42.173 | 45.183 | 46.691 | 48.378 | 49.467 | 50.297 | 50.978 | 51.562 | 67 |
| 68 | 39.438 | 41.825 | 42.973 | 46.015 | 47.540 | 49.243 | 50.345 | 51.183 | 51.872 | 52.462 | 68 |
| 69 | 40.201 | 42.615 | 43.774 | 46.848 | 48.389 | 50.110 | 51.223 | 52.071 | 52.766 | 53.362 | 69 |
| 70 | 40.966 | 43.405 | 44.577 | 47.683 | 49.239 | 50.979 | 52.103 | 52.959 | 53.662 | 54.264 | 70 |
| 71 | 41.733 | 44.198 | 45.382 | 48.519 | 50.091 | 51.848 | 52.984 | 53.848 | 54.558 | 55.166 | 71 |
| 72 | 42.502 | 44.992 | 46.188 | 49.357 | 50.944 | 52.718 | 53.865 | 54.739 | 55.455 | 56.070 | 72 |
| 73 | 43.272 | 45.787 | 46.996 | 50.195 | 51.799 | 53.590 | 54.748 | 55.630 | 56.354 | 56.974 | 73 |
| 74 | 44.044 | 46.585 | 47.805 | 51.035 | 52.654 | 54.463 | 55.632 | 56.522 | 57.253 | 57.880 | 74 |
| 75 | 44.818 | 47.383 | 48.615 | 51.877 | 53.511 | 55.337 | 56.517 | 57.415 | 58.153 | 58.786 | 75 |
| 76 | 45.593 | 48.183 | 49.427 | 52.719 | 54.369 | 56.211 | 57.402 | 58.310 | 59.054 | 59.693 | 76 |
| 77 | 46.370 | 48.985 | 50.240 | 53.563 | 55.227 | 57.087 | 58.289 | 59.205 | 59.956 | 60.601 | 77 |
| 78 | 47.148 | 49.797 | 51.054 | 54.408 | 56.087 | 57.964 | 59.177 | 60.101 | 60.859 | 61.510 | 78 |
| 79 | 47.928 | 50.592 | 51.870 | 55.254 | 56.948 | 58.842 | 60.065 | 60.998 | 61.763 | 62.419 | 79 |
| 80 | 48.709 | 51.397 | 52.687 | 56.101 | 57.810 | 59.720 | 60.955 | 61.895 | 62.668 | 63.330 | 80 |
| 81 | 49.492 | 52.204 | 53.506 | 56.949 | 58.673 | 60.600 | 61.845 | 62.794 | 63.573 | 64.241 | 81 |
| 82 | 50.276 | 53.012 | 54.325 | 57.798 | 59.537 | 61.480 | 62.737 | 63.693 | 64.479 | 65.153 | 82 |
| 83 | 51.062 | 53.822 | 55.146 | 58.649 | 60.403 | 62.362 | 63.629 | 64.594 | 65.386 | 66.065 | 83 |
| 84 | 51.849 | 54.633 | 55.968 | 59.500 | 61.268 | 63.244 | 64.522 | 65.495 | 66.294 | 66.979 | 84 |
| 85 | 52.637 | 55.445 | 56.791 | 60.352 | 62.135 | 64.127 | 65.415 | 66.396 | 67.202 | 67.893 | 85 |
| 86 | 53.427 | 56.258 | 57.615 | 61.206 | 63.003 | 65.011 | 66.310 | 67.299 | 68.111 | 68.808 | 86 |
| 87 | 54.218 | 57.072 | 58.441 | 62.060 | 63.872 | 65.896 | 67.205 | 68.202 | 69.021 | 69.724 | 87 |
| 88 | 55.010 | 57.887 | 59.267 | 62.915 | 64.742 | 66.782 | 68.101 | 69.106 | 69.932 | 70.640 | 88 |
| 89 | 55.803 | 58.704 | 60.095 | 63.772 | 65.612 | 67.669 | 68.998 | 70.011 | 70.843 | 71.557 | 89 |
| 90 | 56.598 | 59.522 | 60.923 | 64.629 | 66.484 | 68.556 | 69.896 | 70.917 | 71.755 | 72.474 | 90 |
| 91 | 57.394 | 60.341 | 61.753 | 65.487 | 67.356 | 69.444 | 70.794 | 71.823 | 72.668 | 73.393 | 91 |
| 92 | 58.191 | 61.161 | 62.584 | 66.346 | 68.229 | 70.333 | 71.693 | 72.730 | 73.581 | 74.311 | 92 |
| 93 | 58.990 | 61.982 | 63.415 | 67.206 | 69.103 | 71.222 | 72.593 | 73.637 | 74.495 | 75.231 | 93 |
| 94 | 59.789 | 62.804 | 64.248 | 68.067 | 69.978 | 72.113 | 73.493 | 74.545 | 75.410 | 76.151 | 94 |
| 95 | 60.590 | 63.627 | 65.082 | 68.928 | 70.853 | 73.004 | 74.394 | 75.454 | 76.325 | 77.072 | 95 |
| 96 | 61.391 | 64.451 | 65.917 | 69.791 | 71.729 | 73.895 | 75.296 | 76.364 | 77.241 | 77.993 | 96 |
| 97 | 62.194 | 65.276 | 66.752 | 70.654 | 72.606 | 74.788 | 76.199 | 77.274 | 78.157 | 78.915 | 97 |
| 98 | 62.998 | 66.102 | 67.589 | 71.518 | 73.484 | 75.681 | 77.102 | 78.185 | 79.074 | 79.837 | 98 |
| 99 | 63.803 | 66.929 | 68.426 | 72.383 | 74.363 | 76.575 | 78.000 | 79.000 | 79.900 | 80.700 | 99 |
| 100 | 64.609 | 67.757 | 69.265 | 73.248 | 75.242 | 77.469 | 78.910 | 80.008 | 80.910 | 81.884 | 100 |
| 101 | 65.416 | 68.586 | 70.104 | 74.115 | 76.122 | 78.364 | 79.815 | 80.920 | 81.829 | 82.608 | 101 |
| n | .00001 | .00005 | .0001 | .0005 | .001 | .002 | .003 | .004 | .005 | .006 | n |

Loss Probability (E)

Offered traffic flow A in erlang

| n | Loss Probability (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | .007 | .008 | .009 | .01 | .02 | .03 | .05 | .1 | .2 | .4 | |
| 51 | 37.754 | 38.134 | 38.480 | 38.800 | 41.189 | 42.892 | 45.533 | 50.644 | 59.746 | 82.652 | 51 |
| 52 | 38.639 | 39.024 | 39.376 | 39.700 | 42.124 | 43.852 | 46.533 | 51.726 | 60.985 | 84.317 | 52 |
| 53 | 39.526 | 39.916 | 40.273 | 40.602 | 43.060 | 44.813 | 47.534 | 52.808 | 62.224 | 85.981 | 53 |
| 54 | 40.414 | 40.810 | 41.171 | 41.505 | 43.997 | 45.776 | 48.536 | 53.891 | 63.463 | 87.645 | 54 |
| 55 | 41.303 | 41.705 | 42.071 | 42.409 | 44.936 | 46.739 | 49.539 | 54.975 | 64.702 | 89.310 | 55 |
| 56 | 42.194 | 42.601 | 42.972 | 43.315 | 45.875 | 47.703 | 50.543 | 56.059 | 65.942 | 90.974 | 56 |
| 57 | 43.087 | 43.499 | 43.875 | 44.222 | 46.816 | 48.669 | 51.548 | 57.144 | 67.181 | 92.639 | 57 |
| 58 | 43.980 | 44.398 | 44.778 | 45.130 | 47.758 | 49.635 | 52.553 | 58.229 | 68.421 | 94.303 | 58 |
| 59 | 44.875 | 45.298 | 45.683 | 46.039 | 48.700 | 50.602 | 53.559 | 59.315 | 69.662 | 95.968 | 59 |
| 60 | 45.771 | 46.199 | 46.589 | 46.950 | 49.644 | 51.570 | 54.566 | 60.401 | 70.902 | 97.633 | 60 |
| 61 | 46.669 | 47.102 | 47.497 | 47.861 | 50.589 | 52.539 | 55.573 | 61.488 | 72.143 | 99.297 | 61 |
| 62 | 47.567 | 48.005 | 48.405 | 48.774 | 51.534 | 53.508 | 56.581 | 62.575 | 73.384 | 100.96 | 62 |
| 63 | 48.467 | 48.910 | 49.314 | 49.688 | 52.481 | 54.478 | 57.590 | 63.663 | 74.625 | 102.63 | 63 |
| 64 | 49.368 | 49.816 | 50.225 | 50.603 | 53.428 | 55.450 | 58.599 | 64.750 | 75.866 | 104.29 | 64 |
| 65 | 50.270 | 50.723 | 51.137 | 51.518 | 54.376 | 56.421 | 59.609 | 65.839 | 77.108 | 105.96 | 65 |
| 66 | 51.173 | 51.631 | 52.049 | 52.435 | 55.325 | 57.394 | 60.619 | 66.927 | 78.350 | 107.62 | 66 |
| 67 | 52.077 | 52.540 | 52.963 | 53.353 | 56.275 | 58.367 | 61.630 | 68.016 | 79.592 | 109.29 | 67 |
| 68 | 52.982 | 53.450 | 53.877 | 54.272 | 57.226 | 59.341 | 62.642 | 69.106 | 80.834 | 110.95 | 68 |
| 69 | 53.888 | 54.361 | 54.793 | 55.191 | 58.177 | 60.316 | 63.654 | 70.196 | 82.076 | 112.62 | 69 |
| 70 | 54.795 | 55.273 | 55.709 | 56.112 | 59.129 | 61.291 | 64.667 | 71.286 | 83.318 | 114.28 | 70 |
| 71 | 55.703 | 56.185 | 56.626 | 57.033 | 60.082 | 62.267 | 65.680 | 72.376 | 84.561 | 115.95 | 71 |
| 72 | 56.612 | 57.099 | 57.545 | 57.956 | 61.036 | 63.244 | 66.694 | 73.467 | 85.803 | 117.61 | 72 |
| 73 | 57.522 | 58.014 | 58.464 | 58.879 | 61.990 | 64.221 | 67.708 | 74.558 | 87.046 | 119.28 | 73 |
| 74 | 58.432 | 58.929 | 59.384 | 59.803 | 62.945 | 65.199 | 68.723 | 75.649 | 88.289 | 120.94 | 74 |
| 75 | 59.344 | 59.846 | 60.304 | 60.728 | 63.900 | 66.177 | 69.738 | 76.741 | 89.532 | 122.61 | 75 |
| 76 | 60.256 | 60.763 | 61.226 | 61.653 | 64.857 | 67.156 | 70.753 | 77.833 | 90.776 | 124.27 | 76 |
| 77 | 61.169 | 61.681 | 62.148 | 62.579 | 65.814 | 68.136 | 71.769 | 78.925 | 92.019 | 125.94 | 77 |
| 78 | 62.083 | 62.600 | 63.071 | 63.506 | 66.771 | 69.116 | 72.786 | 80.018 | 93.262 | 127.61 | 78 |
| 79 | 62.998 | 63.519 | 63.995 | 64.434 | 67.729 | 70.096 | 73.803 | 81.110 | 94.506 | 129.27 | 79 |
| 80 | 63.914 | 64.439 | 64.919 | 65.363 | 68.688 | 71.077 | 74.820 | 82.203 | 95.750 | 130.94 | 80 |
| 81 | 64.830 | 65.360 | 65.845 | 66.292 | 69.647 | 72.059 | 75.838 | 83.297 | 96.993 | 132.60 | 81 |
| 82 | 65.747 | 66.282 | 66.771 | 67.222 | 70.607 | 73.041 | 76.856 | 84.390 | 98.237 | 134.27 | 82 |
| 83 | 66.665 | 67.204 | 67.697 | 68.152 | 71.568 | 74.024 | 77.874 | 85.484 | 99.481 | 135.93 | 83 |
| 84 | 67.583 | 68.128 | 68.625 | 69.084 | 72.529 | 75.007 | 78.893 | 86.578 | 100.73 | 137.60 | 84 |
| 85 | 68.503 | 69.051 | 69.553 | 70.016 | 73.490 | 75.990 | 79.912 | 87.672 | 101.97 | 139.26 | 85 |
| 86 | 69.423 | 69.976 | 70.481 | 70.948 | 74.452 | 76.974 | 80.932 | 88.767 | 103.21 | 140.93 | 86 |
| 87 | 70.343 | 70.901 | 71.410 | 71.881 | 75.415 | 77.959 | 81.952 | 89.861 | 104.46 | 142.60 | 87 |
| 88 | 71.264 | 71.827 | 72.340 | 72.815 | 76.378 | 78.944 | 82.972 | 90.956 | 105.70 | 144.26 | 88 |
| 89 | 72.186 | 72.753 | 73.271 | 73.749 | 77.342 | 79.929 | 83.993 | 92.051 | 106.95 | 145.93 | 89 |
| 90 | 73.109 | 73.680 | 74.202 | 74.684 | 78.306 | 80.915 | 85.014 | 93.146 | 108.19 | 147.59 | 90 |
| 91 | 74.032 | 74.608 | 75.134 | 75.620 | 79.271 | 81.901 | 86.035 | 94.242 | 109.44 | 149.26 | 91 |
| 92 | 74.956 | 75.536 | 76.066 | 76.556 | 80.236 | 82.888 | 87.057 | 95.338 | 110.68 | 150.92 | 92 |
| 93 | 75.880 | 76.465 | 76.999 | 77.493 | 81.201 | 83.875 | 88.079 | 96.434 | 111.93 | 152.59 | 93 |
| 94 | 76.805 | 77.394 | 77.932 | 78.430 | 82.167 | 84.862 | 89.101 | 97.530 | 113.17 | 154.26 | 94 |
| 95 | 77.731 | 78.324 | 78.866 | 79.368 | 83.133 | 85.850 | 90.123 | 98.626 | 114.42 | 155.92 | 95 |
| 96 | 78.657 | 79.255 | 79.801 | 80.306 | 84.100 | 86.838 | 91.146 | 99.722 | 115.66 | 157.59 | 96 |
| 97 | 79.584 | 80.186 | 80.736 | 81.245 | 85.068 | 87.826 | 92.169 | 100.82 | 116.91 | 159.25 | 97 |
| 98 | 80.511 | 81.117 | 81.672 | 82.184 | 86.035 | 88.815 | 93.193 | 101.92 | 118.15 | 160.92 | 98 |
| 99 | 81.439 | 82.050 | 82.608 | 83.124 | 87.003 | 89.804 | 94.216 | 103.01 | 119.40 | 162.59 | 99 |
| 100 | 82.367 | 82.982 | 83.545 | 84.064 | 87.972 | 90.794 | 95.240 | 104.11 | 120.64 | 164.25 | 100 |
| 101 | 83.296 | 83.916 | 84.482 | 85.005 | 88.941 | 91.784 | 96.265 | 105.21 | 121.89 | 165.92 | 101 |
| n | Loss Probability (E) | | | | | | | | | | n |
| | .007 | .008 | .009 | .01 | .02 | .03 | .05 | .1 | .2 | .4 | |

ANEXO B

Caraterísticas del satélite INTELSAT 805

Se presentan las principales características del satélite INTELSAT 805, que fue utilizado para los dimensionamientos realizados en esta tesis.

Estos datos los entrega INTELSAT en su página Web

www.intelsat.int



INTELSAT

IS-805 @ 304.50°E

Hemi A

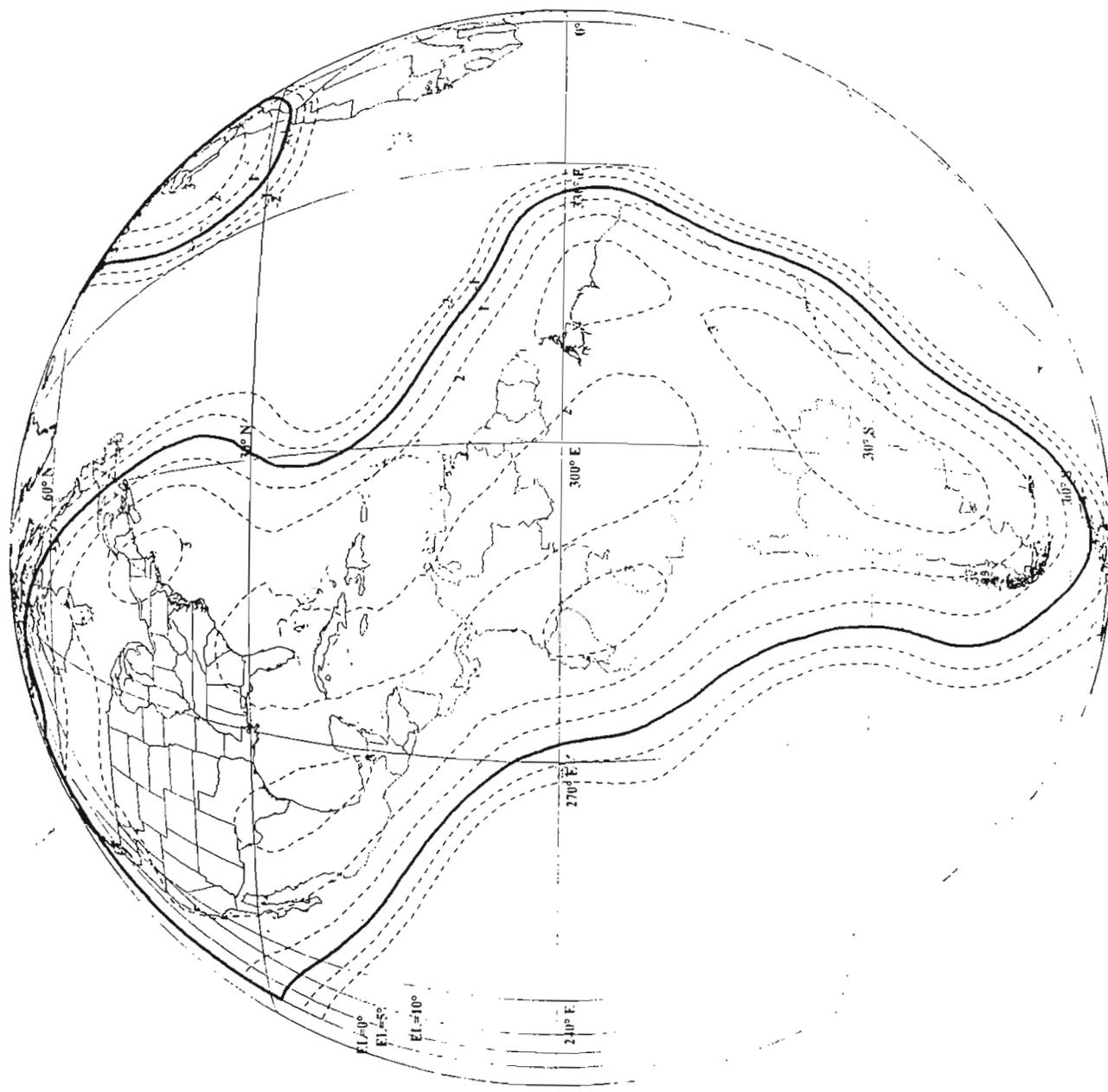
Transmit Coverage

Platform Bias: 1.50°W 0.30°N
Yaw: 0.00°

Contours EIRP [dBW]

| Beam Peak (3.5) | EIRP [dBW] |
|-----------------|------------|
| 3.0 | 41.0 |
| 2.0 | 40.5 |
| 1.0 | 39.5 |
| -1.0 | 38.5 |
| -2.0 | 37.5 |
| -3.0 | 36.5 |
| -4.0 | 35.5 |

Beam Edge e.i.r.p. values from IESS-110, Rev. 5. Nominal Beam Peak e.i.r.p. and contour values (dB from B.E. derived from RCF 202 Rev. 5.9.



**INTELSAT****Technical Resources:****The Satellites:**
Coverage Maps
Launches

Technical Search:

*SSOG, IESS,
IICM

*Sun Interference

*Non-INTELSAT

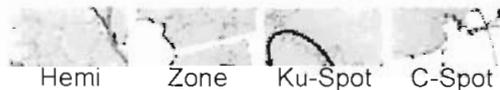
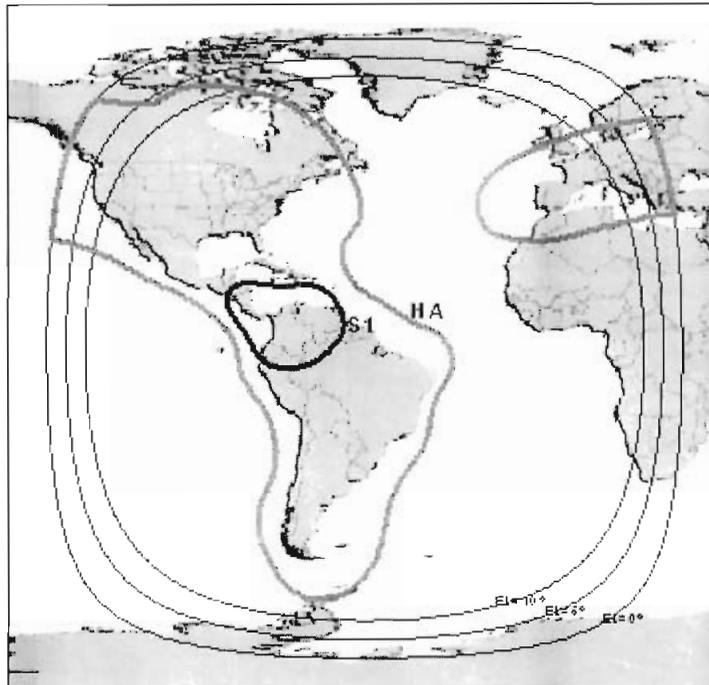
Sun Interference

Ephemeris Data

Non-INTELSAT

Ephemeris

LST

**SEARCH
SITE TOOLS
CONTACTS****INTELSAT 805 @ 304.5°E (AOR)**
Satellite Coverage Map and Key Parameters[← Back](#)**Key Parameters**

| | |
|--|---|
| Total Transponders | C-Band: 36 (in equiv. 36 MHz units) Ku-Band: 6 (in equiv. 36 MHz units) |
| Polarization | C-Band: Linear Ku-Band: Linear |
| e.i.r.p. (Beam Edge to Beam Peak) | Hemi Beam: 37.5 up to 43.0 dBW |
| Uplink Frequency | C-Band: 5850 to 6650 MHz Ku-Band: 14.00 to 14.25 GHz |
| Downlink Frequency | C-Band: 3400 to 4200 MHz Ku-Band: 12.50 to 12.75 GHz |
| Typical G/T Range (Beam Peak to Beam Edge) | Hemi Beam: -8.0 to -3.5 dB/K Ku Spot 1: +6.2 to +2.7 dB/K |
| SFD Range (Beam Edge) | C-Band: -89.0 to -70.0 dBW/m ² Ku-Band: -96.0 to -74.0 dBW/m ² |

marketing.communications@intelsat.int

**INTELSAT****Technical Resources:****The Satellites**[IS5 series](#)[IS6 series](#)[IS7 series](#)[IS8 series](#)[IS9 series](#)[Coverage Maps](#)[Launches](#)[The Earth Stations](#)[Technical Search:](#)[SSOG, IESS, IICM](#)[Sun Interference](#)[Non-INTELSAT](#)[Sun Interference](#)[Keplerian Data](#)[Ephemeris Data](#)[Y2K Testing Info](#)[Non-INTELSAT](#)[Ephemeris](#)[LST](#)[SEARCH](#)
[SITE TOOLS](#)
[CONTACTS](#)**The INTEL SAT 8 Satellites**

As of May 1999, four INTEL SAT VIII satellites are in service in the Atlantic, Indian and Pacific Ocean Regions. The last INTEL SAT VIII/A satellite (INTEL SAT 805) was launched successfully on 18 June for deployment in the Atlantic Ocean Region (AOR) at 304.5°E.



The INTEL SAT VIII-VIII/A series has been designed to meet the needs of INTEL SAT users throughout the system for improved C-band coverage and service. These spacecraft incorporate six-fold C-band frequency reuse, two-fold frequency reuse of expanded C-band capacity, and the highest C-band power level ever for an INTEL SAT satellite. Consequently, INTEL SAT VIII will provide significantly more C-band capacity for public switched telephony and INTEL SAT Business Service, better quality for video services, and encourage new international VSAT applications.

Locations and Launches

| Spacecraft | Location | Launch Vehicle | Date | Result |
|------------|----------|----------------|------------------|---------|
| 801 | 328.5°E | Ariane 44 LP | 27 February 1997 | Success |
| 802 | 174°E | Ariane 44 LP | 25 June 1997 | Success |
| 804 | 64°E | Atlas II AS | 21 December 1997 | Success |
| 805 | 304.5°E | Atlas II AS | 18 June 1998 | Success |

Capacity

INTEL SAT VIII: 22,500 two-way telephone circuits and three TV channels; up to 112,500 two-way telephone circuits with the use of digital circuit multiplication equipment (DCME).

Lifetime

14-17 years, depending on the launch vehicle.

Launch Vehicles

Arianespace:
Ariane 44P
ILS International Launch Services:
Atlas II AS.

Capabilities

| Transponders | INTEL SAT VIII | INTEL SAT VIII/A |
|----------------------|----------------|------------------|
| C-band Transponders | 38 | 28 |
| Ku-band Transponders | 06 | 03 |
| Total | 44 | 31 |

ANEXO C

Cálculo satelital para 64 Kbps y 1024 Kbps

Se presentan los resultados del cálculo de enlace satelital utilizando LST, ayuda computacional que entrega INTELSAT para que los usuarios puedan comprobar el balance del sistema y dimensionar sus requerimientos de ancho de banda y potencia.

Está disponible en Internet: www.intelsat.int

TRANSMISSION PLAN FORMAT FOR LEASED XPONDER RESOURCES

To: Sales Support, INTELSAT, 3400 International Dr. NW, Washington D.C. 20008, U.S.A

From: (Party designated to submit plan)

Subj: Proposed Transmission Plan For Leased Transponder Capacity

| A. GENERAL INFORMATION | | UNITS | | | | |
|---------------------------------------|-----------|---------|--------|--------|--------|----------------------|
| 1. Country (transmit/receive) | ECU/USA | | | | | |
| 2. Beam type (transmit/receive) | Hemi/Hemi | | | | | |
| 3. U/L xponder center frequency | 6.1300 | | | | | GHz |
| 4. D/L xponder center frequency | 3.9050 | | | | | GHz |
| 5. Satellite location | 304.5 | | | | | ° E Longitude |
| 6. Satellite series | VIIIA | | | | | V, VA, etc., |
| 7. Assumed adj. S/C spacing | 3.0 | | | | | Deg. |
| 8. Xponder number (up/down) | 23/23 | | | | | 14/14, 24/24, etc |
| 9. Service activation date | -- | | | | | d/m/yr |
| 10. Duration of service | -- | | | | | Days, Months, or Yrs |
| 11. SVO-L number | -- | | | | | - |
| B. LEASED XPONDER BE RESOURCES | | | | | | |
| 1. Table used in IESS 410 | 1 | | | | | - |
| 2. Bandwidth | 0.2 | | | | | MHz |
| 3. e.i.r.p. | 8.9 | | | | | dBW |
| 4. Flux density | -109.4 | | | | | dBW/m2 |
| 5. G/T | -8.0 | | | | | dB/K |
| 6. Gain step | n/a | | | | | High, Low, etc., |
| C. E/S CHARACTERISTICS | | | | | | |
| | link 1 | link 2 | link 3 | link 4 | link 5 | |
| 1. Transmit E/S | | | | | | |
| a. E/S name | GYE | MIA | -- | -- | -- | |
| b. Antenna diameter | 3.80 | 3.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | meters |
| c. Voltage axial ratio | -- | -- | -- | -- | -- | - |
| d. Peak antenna gain | 45.8 | 45.8 | ** | ** | ** | dB |
| e. Sidelobe gain at(deg) 3 | 20.1 | 20.1 | ** | ** | ** | dB |
| f. E/S longitude (+ east, - west) | -79.9 | -80.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | degrees |
| g. E/S latitude (+ north, - south) | -2.2 | 25.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | degrees |
| h. S/C pattern advantage at E/S | 2.5 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| i. Tracking (Yes/No) | NO | NO | -- | -- | -- | (Yes/No) |
| 2. Receive E/S | | | | | | |
| a. E/S name | MIA | GYE | -- | -- | -- | |
| b. Antenna diameter | 3.80 | 3.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | meters |
| c. Voltage axial ratio | 0.00 | 0.00 | -- | -- | -- | - |
| d. G/T of E/S at 4 or 11 GHz | 22.8 | 22.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB/K |
| e. E/S longitude (+ east, - west) | -80.2 | -79.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | degrees |
| f. E/S latitude (+ north, - south) | 25.8 | -2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | degrees |
| g. S/C pattern advantage at E/S | 2.0 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| h. Tracking (Yes/No) | NO | NO | -- | -- | -- | (Yes/No) |
| i. Peak antenna gain | 41.9 | 41.9 | ** | ** | ** | dB (For Intersystem) |
| j. Sidelobe gain at(deg) 3 | 20.1 | 20.1 | ** | ** | ** | dB (coordination) |
| D. CARRIER CHARACTERISTICS | | | | | | |
| | link 1 | link 2 | link 3 | link 4 | link 5 | |
| 1. Carrier type number | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 2. Carrier type | Digital | Digital | -- | -- | -- | Digital, SCPC, etc. |
| 3. Modulation technique | QPSK | QPSK | 0 | 0 | 0 | FM, QPSK, etc. |
| 4. Digital carriers | | | | | | |
| a. Information rate | 64.0 | 64.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kbits/s |
| b. Overhead | 0.0 | 0.0 | n/a | n/a | n/a | kbits/s |
| c. Data rate (Info + OH) | 64.0 | 64.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kbits/s |
| d. FEC coding | 0.750 | 0.750 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.5, 0.75, etc. |
| e. RS outer code | n/a | n/a | 0.000 | n/a | n/a | |
| f. Transmission rate | 85.3 | 85.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kbits/s |
| 5. Analog carriers | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| a. | Multichannel r.m.s deviation | n/a | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| b. | No. of channels per carrier | n/a | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | - |
| c. | Peak test-tone deviation | n/a | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| d. | Companding advantage | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | dB |
| e. | Weighting plus emphasis | n/a | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | dB |
| f. | EDF of unmodulated TV carrier | n/a | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| g. | Activity factor (if voice-activated) | 100.0 | 100.0 | n/a | n/a | n/a | % |
| h. | Maximum baseband frequency | n/a | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| i. | Type of TV system | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | NTSC,B-MAC,etc., |
| 6. | Carrier's allocated bandwidth | 0.0597 | 0.0597 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| 7. | Carrier's noise bandwidth | 0.0427 | 0.0427 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| E. | REQUIRED C/N PER CARRIER | link 1 | link 2 | link 3 | link 4 | link 5 | |
| 1. | Carrier type | Digital | Digital | -- | -- | -- | |
| 2. | Carr size (kbit/s (dig), MHz (FM)) | 64.00 | 64.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - |
| 3. | C/N threshold | 8.8 | 8.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 4. | Eb/No threshold (info+OH) | 7.0 | 7.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 5. | U/L rain margin | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 6. | D/L rain margin | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 7. | No. of assigned carriers per link | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | - |
| F. | PER CARRIER U/L AND D/L eirp (clr-sky) | | | | | | |
| 1. | Transmit E/S elevation angle | 61.3 | 49.2 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | degrees |
| 2. | U/L e.i.r.p. per carrier | 46.3 | 46.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW |
| 3. | Path loss at U/L frequency | 199.5 | 199.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 4. | Gain of 1 m2 antenna | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | dB/m2 |
| 5. | U/L rain loss | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 6. | Per carrier FD arriving at S/C | -115.9 | -115.6 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | dBW/m2 |
| 7. | S/C pattern advantage at E/S | 2.5 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 8. | Per carr BE FD arriving at S/C | -113.4 | -113.6 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | dBW/m2 |
| 9. | Xponder BE SFD | -79.0 | -79.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/m2 |
| 10. | Per carrier input back-off | -34.4 | -34.6 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | dB |
| 11. | Xponder TWT I/O difference | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | dB |
| 12. | Per carrier output backoff | -32.6 | -32.8 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | dB |
| 13. | Xponder BE saturation eirp | 37.5 | 37.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW |
| 14. | D/L BE eirp per carrier | 4.9 | 4.7 | n/a | n/a | n/a | dBW |
| G. | LINK BUDGETS (clear-sky) | | | | | | |
| 1. | U/L C/T Per Carrier | | | | | | |
| a. | Per carrier U/L e.i.r.p. | 46.3 | 46.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW |
| b. | Path loss at U/L frequency | 199.5 | 199.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| c. | Satellite G/T at BE | -8.0 | -8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB/K |
| d. | S/C pattern advantage at E/S | 2.5 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| e. | U/L rain loss | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| f. | C/T up, thermal | -158.6 | -158.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 2. | HPA IM at E/S elevation angle | 15.4 | 16.6 | n/a | n/a | n/a | dBW/4 kHz |
| | C/T E/S HPA-IM per carrier | -161.7 | -162.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 3. | Satellite TWTA IM at BE | -24.0 | -24.0 | n/a | n/a | n/a | dBW/4 kHz |
| | C/T TWTA IM per carrier | -163.7 | -163.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 4. | D/L C/T per Carrier (clear-sky) | | | | | | |
| a. | Receive E/S elevation angle | 49.2 | 61.3 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | degrees |
| b. | Per carrier D/L BE e.i.r.p. | 4.9 | 4.7 | n/a | n/a | n/a | dBW |
| c. | S/C pattern advantage at E/S | 2.0 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| d. | Path loss at D/L frequency | 195.7 | 195.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| e. | E/S G/T at D/L frequency | 22.6 | 22.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB/K |
| f. | D/L rain loss | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| g. | C/T down, thermal | -166.3 | -165.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 5. | C/I co-channel interf., total | 20.8 | 20.8 | 20.8 | 20.8 | 20.8 | dB |
| | C/T co-channel interf., total | -161.5 | -161.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 6. | Total C/T, C/N and Eb/No (clr-sky) | | | | | | |

| | | | | | | |
|----|--------------------------------------|--------|--------|------|------|--------------|
| a. | C/T total per carrier | -170.1 | -170.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/K |
| b. | Margin for ASI & terrestrial interf. | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 dB |
| c. | Other losses (tracking, etc) | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 dB |
| d. | C/T available per carrier | -172.5 | -172.5 | -2.4 | -2.4 | -2.4 dBW/K |
| e. | Boltzmann's constant | -228.6 | -228.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/K-Hz |
| f. | Receiver noise bandwidth | 46.3 | 46.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB-Hz |
| g. | C/N total (clear-sky) | 9.7 | 9.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| h. | Eb/No total (clear-sky) | 8.0 | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| i. | S/N (Analog) | n/a | n/a | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |

H. E/S OFF-AXIS eirp DENSITY LIMIT

| | | | | | | |
|-----|----------------------------|-------|-------|------|------|----------------|
| 1. | Transmit antenna diameter | 3.8 | 3.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 meters |
| 2. | Per carrier U/L e.i.r.p. | 46.3 | 46.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW |
| 3. | Energy dispersal | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 MHz |
| 4. | Conversion to 4 kHz | 10.28 | 10.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 dB |
| 5. | Peak antenna gain | 45.8 | 45.8 | ** | ** | ** dBi |
| 6. | Power at antenna feed | -9.7 | -9.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/4 kHz |
| 7. | Antenna sidelobe gain at 3 | 20.1 | 20.1 | ** | ** | ** dBi |
| 8. | U/L e.i.r.p. density at 3 | 10.3 | 10.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/4 kHz |
| 9. | Off-axis eirp limit at 3 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 dBW/4 kHz |
| 10. | Margin | 9.8 | 9.3 | n/a | n/a | n/a dB |

I. STD Gx E/S ON-AXIS e.i.r.p. LIMIT

| | | | | | | |
|----|----------------------------------|------|------|-----|-----|---------------|
| 1. | Per carrier U/L e.i.r.p. density | 36.1 | 36.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/4 kHz |
| 2. | Gx U/L e.i.r.p. density limit | 37.7 | 37.7 | n/a | n/a | n/a dBW/4 kHz |
| 3. | Margin | 1.6 | 1.2 | n/a | n/a | n/a dB |

J. MAXIMUM PFD AT THE EARTH'S SURFACE

| | | | | | | |
|-----|-------------------------------------|--------|--------|------|------|------------------|
| 1. | Per carrier D/L BE eirp | 4.9 | 4.7 | n/a | n/a | n/a dBW |
| 2. | Assumed angle of arrival | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 degrees |
| 3. | Pattern advantage at angle of arri | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 dB |
| 4. | Energy dispersal | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 kHz or MHz |
| 5. | Conversion to per 4 kHz | 10.28 | 10.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 dB |
| 6. | eirp density per 4 kHz | -2.4 | -2.6 | 3.0 | 3.0 | 3.0 dBW/4 kHz |
| 7. | Path loss toward angle of arrival | 196.6 | 196.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| 8. | Gain of 1 m^2 antenna | 33.3 | 33.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBi/m2 |
| 9. | PFD arriving at the earth's surface | -165.7 | -165.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 dBW/m2/4 kHz |
| 10. | ITU Radio Reg. limit (RR28) | -152.0 | -152.0 | n/a | n/a | n/a dBW/m2/4 kHz |
| 11. | Margin | 13.7 | 13.9 | n/a | n/a | n/a dB |

K. TOTAL XPONDER RESOURCE USAGE

| | | | | | | |
|----|---|--------|--------|------|------|-------------|
| 1. | Total Flux Density Arriving at S/C | | | | | |
| a. | Per carr BE FD arriving at S/C | -113.4 | -113.6 | 37.2 | 37.2 | 37.2 dBW/m2 |
| b. | No. of active carriers | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 - |
| c. | Total FD at S/C per carr type | -113.4 | -113.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/m2 |

GRAND TOTAL

| | | | | | | |
|----|------------------------------|--------|--|--|--|--------|
| d. | Total FD arriving at the S/C | -110.5 | | | | dBW/m2 |
| e. | Total BE FD available | -109.4 | | | | dBW/m2 |
| f. | Margin | 1.2 | | | | dB |

2. Total BE eirp Utilized

| | | | | | | |
|----|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|
| a. | Per carrier BE e.i.r.p. | 4.9 | 4.7 | n/a | n/a | n/a dBW |
| b. | No. of active carriers | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 - |
| c. | Total BE eirp per carrier type | 4.9 | 4.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW |

GRAND TOTAL

| | | | | | | |
|----|--------------------------|------|--|--|--|-----|
| a. | Total e.i.r.p. utilized | 7.77 | | | | dBW |
| b. | Total e.i.r.p. available | 8.94 | | | | dBW |
| c. | Margin | 1.20 | | | | dB |

3. Total xponder Bandwidth Utilized

| | | | | | | |
|----|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|------------|
| a. | Allocated bandwidth per carrier | 0.0597 | 0.0597 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 MHz |
| b. | No. of assigned carriers | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 - |
| c. | Total bandwidth per carrier type | 0.0597 | 0.0597 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 MHz |

GRAND TOTAL

| | | |
|------------------------------|------|-----|
| a. Total bandwidth Utilized | 0.12 | MHz |
| b. Total bandwidth available | 0.20 | MHz |
| c. Margin | 0.10 | MHz |

L. CARRIER FREQUENCY PLAN (Optional)

| Carrier No. | Carrier Type | Carrier Type # | U/L Freq (MHz) |
|-------------|--------------|----------------|----------------------|
| 1 | -- | 0 | 0.00 |
| 2 | -- | 0 | 0.00 |
| 3 | -- | 0 | 0.00 |
| 4 | -- | 0 | 0.00 |
| 5 | -- | 0 | 0.00 |
| 6 | -- | 0 | 0.00 |
| . | -- | 0 | 0.00 |
| . | Cband* | 0 | 0.00(Beginning freq) |
| . | | | 0.00(End freq) |
| n | Cband* | 0 | 0.00(Beginning freq) |
| | | | 0.00(End freq) |

* Band of carriers

----- END OF LST FORM -----

HPA POWER REQUIREMENTS

(This analysis is not automated. See HPA-Sizing under Help)

| | HPA1 | HPA2 | HPA3 | HPA4 | HPA5 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|-----------|
| Total e/s uplink eirp through HPA | 46.3 | 46.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW |
| Peak antenna gain | 45.8 | 45.8 | ** | ** | ** dBi |
| Losses from HPA to antenna feed. | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 dB |
| Required power at HPA output port | 1.5 | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 dBW |
| HPA output back-off | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 dB |
| Saturated HPA output power | 4.5 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 dBW |
| Required HPA size | 2.8 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.2 Watts |

----- END of HPA Sizing Analysis -----

LINK ANALYSIS SUMMARY

| | link 1 | link 2 | link 3 | link 4 | link 5 - |
|--|-------------|---------|--------|--------|------------|
| Carrier Type | Digital | Digital | -- | -- | -- |
| Earth Station uplink eirp per carrier | 46.3 | 46.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW |
| S/C DL beam edge eirp per carrier | 4.9 | 4.7 | n/a | n/a | n/a dBW |
| C/N total threshold required per carrier | 8.8 | 8.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| C/N total clear-sky available per carrier | 9.7 | 9.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| No. of assigned carriers per link | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 - |
| <u>Margins Against Constraints</u> (see Note 1) | | | | | |
| Off-axis eirp density (ITU-R S.524) | 9.8 | 9.3 | n/a | n/a | n/a dB |
| PFD @ earth's Surface (ITU-RR-28) | 13.7 | 13.9 | n/a | n/a | n/a dB |
| Gx On-axis eirp density (IESS-601) | 1.6 | 1.2 | n/a | n/a | n/a dB |
| <u>Total Leased Resource Usage</u> | | | | | |
| Total e.i.r.p. utilized | 7.8 | | | | dBW |
| Total e.i.r.p. available | 8.9 | | | | dBW |
| Margin | 1.2 | | | | dB |
| Power Equivalent Bandwidth (PEB) | 0.15 | | | | MHz |
| Total bw allocated (all carriers) | 0.12 | | | | MHz |
| Total Leased BW Required | 0.20 | | | | MHz |
| <u>Margin</u> | 0.10 | | | | MHz |

Note A negative margin indicates the limit is exceeded.

TRANSMISSION PLAN FORMAT FOR LEASED XPONDER RESOURCES

To: Sales Support, INTELSAT, 3400 International Dr. NW, Washington D.C. 20008, U.S.A

From: (Party designated to submit plan)

Subj: Proposed Transmission Plan For Leased Transponder Capacity

| A. GENERAL INFORMATION | | UNITS | | | | |
|------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|----------------------|
| 1. Country (transmit/receive) | ECU/USA | | | | | |
| 2. Beam type (transmit/receive) | Hemi/Hemi | | | | | |
| 3. U/L xponder center frequency | 6.1300 | | | | | GHz |
| 4. D/L xponder center frequency | 3.9050 | | | | | GHz |
| 5. Satellite location | 304.5 | | | | | ° E Longitude |
| 6. Satellite series | VIIIA | | | | | V, VA, etc., |
| 7. Assumed adj. S/C spacing | 3.0 | | | | | Deg. |
| 8. Xponder number (up/down) | 23/23 | | | | | 14/14, 24/24, etc |
| 9. Service activation date | -- | | | | | d/m/yr |
| 10. Duration of service | -- | | | | | Days, Months, or Yrs |
| 11. SVO-L number | -- | | | | | - |
| B. LEASED XPONDER BE RESOURCES | | | | | | |
| 1. Table used in IESS 410 | 1 | | | | | - |
| 2. Bandwidth | 1.5 | | | | | MHz |
| 3. e.i.r.p. | 17.7 | | | | | dBW |
| 4. Flux density | -103.6 | | | | | dBW/m ² |
| 5. G/T | -8.0 | | | | | dB/K |
| 6. Gain step | n/a | | | | | High, Low, etc., |
| C. E/S CHARACTERISTICS | | | | | | |
| | | link 1 | link 2 | link 3 | link 4 | link 5 |
| 1. Transmit E/S | | | | | | |
| a. E/S name | GYE | -- | -- | -- | -- | -- |
| b. Antenna diameter | 3.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | meters |
| c. Voltage axial ratio | -- | -- | -- | -- | -- | - |
| d. Peak antenna gain | 45.8 | ** | ** | ** | ** | dB |
| e. Sidelobe gain at(deg) 3 | 20.1 | ** | ** | ** | ** | dB |
| f. E/S longitude (+ east, - west) | -79.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | degrees |
| g. E/S latitude (+ north, - south) | -2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | degrees |
| h. S/C pattern advantage at E/S | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| i. Tracking (Yes/No) | NO | -- | -- | -- | -- | (Yes/No) |
| 2. Receive E/S | | | | | | |
| a. E/S name | MIA | -- | -- | -- | -- | -- |
| b. Antenna diameter | 3.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | meters |
| c. Voltage axial ratio | 0.00 | -- | -- | -- | -- | - |
| d. G/T of E/S at 4 or 11 GHz | 22.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB/K |
| e. E/S longitude (+ east, - west) | -80.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | degrees |
| f. E/S latitude (+ north, - south) | 25.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | degrees |
| g. S/C pattern advantage at E/S | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| h. Tracking (Yes/No) | NO | -- | -- | -- | -- | (Yes/No) |
| i. Peak antenna gain | 41.9 | ** | ** | ** | ** | dB (For Intersystem) |
| j. Sidelobe gain at(deg) 3 | 20.1 | ** | ** | ** | ** | dB (coordination) |
| D. CARRIER CHARACTERISTICS | | link 1 | link 2 | link 3 | link 4 | link 5 |
| 1. Carrier type number | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 2. Carrier type | Digital | -- | -- | -- | -- | Digital, SCPC, etc. |
| 3. Modulation technique | QPSK | 0 | 0 | 0 | 0 | FM, QPSK, etc. |
| 4. Digital carriers | | | | | | |
| a. Information rate | 1024.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kbits/s |
| b. Overhead | 0.0 | n/a | n/a | n/a | n/a | kbits/s |
| c. Data rate (Info + OH) | 1024.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kbits/s |
| d. FEC coding | 0.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.5, 0.75, etc. |
| e. RS outer code | n/a | n/a | 0.000 | n/a | n/a | |
| f. Transmission rate | 2048.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kbits/s |
| 5. Analog carriers | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| a. | Multichannel r.m.s deviation | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| b. | No. of channels per carrier | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | - |
| c. | Peak test-tone deviation | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| d. | Companding advantage | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | dB |
| e. | Weighting plus emphasis | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | dB |
| f. | EDF of unmodulated TV carrier | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| g. | Activity factor (if voice-activated) | 100.0 | n/a | n/a | n/a | n/a | % |
| h. | Maximum baseband frequency | n/a | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| i. | Type of TV system | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | NTSC,B-MAC,etc., |
| 6. | Carrier's allocated bandwidth | 1.4336 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| 7. | Carrier's noise bandwidth | 1.0240 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | MHz |
| E. | REQUIRED C/N PER CARRIER | link 1 | link 2 | link 3 | link 4 | link 5 | |
| 1. | Carrier type | Digital | -- | -- | -- | -- | |
| 2. | Carr size (kbit/s (dig), MHz (FM)) | 1024.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - |
| 3. | C/N threshold | 7.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 4. | Eb/No threshold (info+OH) | 7.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 5. | U/L rain margin | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 6. | D/L rain margin | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 7. | No. of assigned carriers per link | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| F. | PER CARRIER U/L AND D/L eirp (clr-sky) | | | | | | |
| 1. | Transmit E/S elevation angle | 61.3 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | degrees |
| 2. | U/L e.i.r.p. per carrier | 56.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW |
| 3. | Path loss at U/L frequency | 199.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 4. | Gain of 1 m2 antenna | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | dBi/m2 |
| 5. | U/L rain loss | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 6. | Per carrier FD arriving at S/C | -106.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | dBW/m2 |
| 7. | S/C pattern advantage at E/S | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| 8. | Per carr BE FD arriving at S/C | -103.7 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | dBW/m2 |
| 9. | Xponder BE SFD | -82.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/m2 |
| 10. | Per carrier input back-off | -21.7 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | dB |
| 11. | Xponder TWT I/O difference | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | dB |
| 12. | Per carrier output backoff | -19.9 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | dB |
| 13. | Xponder BE saturation eirp | 37.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW |
| 14. | D/L BE eirp per carrier | 17.6 | n/a | n/a | n/a | n/a | dBW |
| G. | LINK BUDGETS (clear-sky) | | | | | | |
| 1. | U/L C/T Per Carrier | | | | | | |
| a. | Per carrier U/L e.i.r.p. | 56.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW |
| b. | Path loss at U/L frequency | 199.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| c. | Satellite G/T at BE | -8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB/K |
| d. | S/C pattern advantage at E/S | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| e. | U/L rain loss | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| f. | C/T up, thermal | -148.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 2. | HPA IM at E/S elevation angle | 15.4 | n/a | n/a | n/a | n/a | dBW/4 kHz |
| | C/T E/S HPA-IM per carrier | -151.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 3. | Satellite TWTA IM at BE | -24.0 | n/a | n/a | n/a | n/a | dBW/4 kHz |
| | C/T TWTA IM per carrier | -151.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 4. | D/L C/T per Carrier (clear-sky) | | | | | | |
| a. | Receive E/S elevation angle | 49.2 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | degrees |
| b. | Per carrier D/L BE e.i.r.p. | 17.6 | n/a | n/a | n/a | n/a | dBW |
| c. | S/C pattern advantage at E/S | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| d. | Path loss at D/L frequency | 195.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| e. | E/S G/T at D/L frequency | 22.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB/K |
| f. | D/L rain loss | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dB |
| g. | C/T down, thermal | -153.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 5. | C/I co-channel interf., total | 20.8 | 20.8 | 20.8 | 20.8 | 20.8 | dB |
| | C/T co-channel interf., total | -147.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | dBW/K |
| 6. | Total C/T, C/N and Eb/No (clr-sky) | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|
| a. | C/T total per carrier | -158.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/K |
| b. | Margin for ASI & terrestrial interf. | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 dB |
| c. | Other losses (tracking, etc) | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 dB |
| d. | C/T available per carrier | -160.5 | -2.4 | -2.4 | -2.4 | -2.4 dBW/K |
| e. | Boltzmann's constant | -228.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/K-Hz |
| f. | Receiver noise bandwidth | 60.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB-Hz |
| g. | C/N total (clear-sky) | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| h. | Eb/No total (clear-sky) | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| i. | S/N (Analog) | n/a | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| H. E/S OFF-AXIS eirp DENSITY LIMIT | | | | | | |
| 1. | Transmit antenna diameter | 3.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 meters |
| 2. | Per carrier U/L e.i.r.p. | 56.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW |
| 3. | Energy dispersal | 1.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 MHz |
| 4. | Conversion to 4 kHz | 24.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 dB |
| 5. | Peak antenna gain | 45.8 | ** | ** | ** | ** dBi |
| 6. | Power at antenna feed | -13.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/4 kHz |
| 7. | Antenna sidelobe gain at 3 | 20.1 | ** | ** | ** | ** dBi |
| 8. | U/L e.i.r.p. density at 3 | 6.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/4 kHz |
| 9. | Off-axis eirp limit at 3 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 dBW/4 kHz |
| 10. | Margin | 13.8 | n/a | n/a | n/a | n/a dB |
| I. STD Gx E/S ON-AXIS e.i.r.p. LIMIT | | | | | | |
| 1. | Per carrier U/L e.i.r.p. density | 32.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/4 kHz |
| 2. | Gx U/L e.i.r.p. density limit | 37.7 | n/a | n/a | n/a | n/a dBW/4 kHz |
| 3. | Margin | 5.7 | n/a | n/a | n/a | n/a dB |
| J. MAXIMUM PFD AT THE EARTH'S SURFACE | | | | | | |
| 1. | Per carrier D/L BE eirp | 17.6 | n/a | n/a | n/a | n/a dBW |
| 2. | Assumed angle of arrival | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 degrees |
| 3. | Pattern advantage at angle of arri | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 dB |
| 4. | Energy dispersal | 1.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 kHz or MHz |
| 5. | Conversion to per 4 kHz | 24.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 dB |
| 6. | eirp density per 4 kHz | -3.4 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 dBW/4 kHz |
| 7. | Path loss toward angle of arrival | 196.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| 8. | Gain of 1 m ² antenna | 33.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBi/m ² |
| 9. | PFD arriving at the earth's surface | -166.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 dBW/m ² /4 kHz |
| 10. | ITU Radio Reg. limit (RR28) | -152.0 | n/a | n/a | n/a | n/a dBW/m ² /4 kHz |
| 11. | Margin | 14.7 | n/a | n/a | n/a | n/a dB |
| K. TOTAL XPONDER RESOURCE USAGE | | | | | | |
| 1. Total Flux Density Arriving at S/C | | | | | | |
| a. | Per carr BE FD arriving at S/C | -103.7 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 dBW/m ² |
| b. | No. of active carriers | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 - |
| c. | Total FD at S/C per carr type | -103.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW/m ² |
| GRAND TOTAL | | | | | | |
| d. | Total FD arriving at the S/C | -103.7 | | | | dBW/m ² |
| e. | Total BE FD available | -103.6 | | | | dBW/m ² |
| f. | Margin | 0.0 | | | | dB |
| 2. Total BE eirp Utilized | | | | | | |
| a. | Per carrier BE e.i.r.p. | 17.6 | n/a | n/a | n/a | n/a dBW |
| b. | No. of active carriers | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 - |
| c. | Total BE eirp per carrier type | 17.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW |
| GRAND TOTAL | | | | | | |
| a. | Total e.i.r.p. utilized | 17.64 | | | | dBW |
| b. | Total e.i.r.p. available | 17.69 | | | | dBW |
| c. | Margin | 0.00 | | | | dB |
| 3. Total xponder Bandwidth Utilized | | | | | | |
| a. | Allocated bandwidth per carrier | 1.4336 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 MHz |
| b. | No. of assigned carriers | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 - |
| c. | Total bandwidth per carrier type | 1.4336 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 MHz |

GRAND TOTAL

| | | |
|------------------------------|------|-----|
| a. Total bandwidth Utilized | 1.43 | MHz |
| b. Total bandwidth available | 1.50 | MHz |
| c. Margin | 0.10 | MHz |

L. CARRIER FREQUENCY PLAN (Optional)

| Carrier No. | Carrier Type | Carrier Type # | U/L Freq (MHz) |
|-------------|--------------|----------------|--|
| 1 | -- | 0 | 0.00 |
| 2 | -- | 0 | 0.00 |
| 3 | -- | 0 | 0.00 |
| 4 | -- | 0 | 0.00 |
| 5 | -- | 0 | 0.00 |
| 6 | -- | 0 | 0.00 |
| . | -- | 0 | 0.00 |
| . | Cband* | 0 | 0.00(Beginning freq) 0.00(End freq) |
| n | Cband* | 0 | 0.00(Beginning freq) 0.00(End freq) |

* Band of carriers

----- END OF LST FORM -----

HPA POWER REQUIREMENTS

(This analysis is not automated. See HPA-Sizing under Help)

| | HPA1 | HPA2 | HPA3 | HPA4 | HPA5 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|-----------|
| Total e/s uplink eirp through HPA | 56.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW |
| Peak antenna gain | 45.8 | ** | ** | ** | ** dBi |
| Losses from HPA to antenna feed. | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 dB |
| Required power at HPA output port | 11.3 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 dBW |
| HPA output back-off | 1.0 | 2.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 dB |
| Saturated HPA output power | 12.3 | 3.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 dBW |
| Required HPA size | 16.9 | 2.0 | 3.2 | 3.2 | 3.2 Watts |

----- END of HPA Sizing Analysis -----

LINK ANALYSIS SUMMARY

| | link 1 | link 2 | link 3 | link 4 | link 5 - |
|---|---------|--------|--------|--------|----------|
| Carrier Type | Digital | -- | -- | -- | -- - |
| Earth Station uplink eirp per carrier | 56.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dBW |
| S/C DL beam edge eirp per carrier | 17.6 | n/a | n/a | n/a | n/a dBW |
| C/N total threshold required per carrier | 7.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| C/N total clear-sky available per carrier | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 dB |
| No. of assigned carriers per link | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 - |

Margins Against Constraints (see Note 1)

| | | | | | |
|-------------------------------------|------|-----|-----|-----|--------|
| Off-axis eirp density (ITU-R S.524) | 13.8 | n/a | n/a | n/a | n/a dB |
| PFD @ earth's Surface (ITU-RR-28) | 14.7 | n/a | n/a | n/a | n/a dB |
| Gx On-axis eirp density (IESS-601) | 5.7 | n/a | n/a | n/a | n/a dB |

Total Leased Resource Usage

| | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|--|--|--|------------|
| Total e.i.r.p. utilized | 17.6 | | | | dBW |
| Total e.i.r.p. available | 17.7 | | | | dBW |
| Margin | 0.0 | | | | dB |
| Power Equivalent Bandwidth (PEB) | 1.48 | | | | MHz |
| Total bw allocated (all carriers) | 1.43 | | | | MHz |
| Total Leased BW Required | 1.50 | | | | MHz |
| Margin | 0.10 | | | | MHz |

Note A negative margin indicates the limit is exceeded.

ANEXO D

Configuración de las estaciones ABCS de la red corporativa

Se presentan los parámetros que se deben configurar en los archivos (basados en el editor de DOS) almacenados en el disco duro de la unidad interior. Estos valores corresponden al dimensionamiento de la red realizado en el capítulo 4 y cualquier ajuste se podría realizar una vez implementada la red. El valor de *round trip time* del archivo STAPAR.PRM es el tiempo que pasa entre el momento que un burst es transmitido y cuando es recibido. Se ajusta para cada estación automáticamente una vez que se la enciende. Solo es necesario darle un valor de arranque aproximado y luego modificar el archivo de acuerdo al valor real. Es recomendación del fabricante iniciar con 264000.

REFERENCIAS

CAPITULO 1

- [1] TOMASI, Wayne, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, México, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, Segunda Edición, 1996
- [2] HUGHES NETWORKS SYSTEMS, *Personal Earth Station*, General Reference 1, U.S.A., 1995
- [3] www.intelsat.int
- [4] TANENBAUM, Andrew S., *Computer Networks, Third Edition*, Prentice Hall PTR, United States of America, 1996
- [5] AHCIET.- Satélites de comunicaciones con cobertura sobre Latinoamérica: Panorámica, 1997

CAPITULO 2

- [1] CCIR, Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones –, *Manual de Telecomunicaciones por Satélite*, Ginebra, 1988
- [2] EGAS, Carlos Ing., *Comunicaciones Digitales Satelitales*, Junio, 1996
- [3] HUGHES NETWORKS SYSTEMS, *Personal Earth Station*, General Reference 1, U.S.A., 1995
- [4] REIN, Luik, , TIW Systems, *Telecommunications development Asia-Pacific*, Santa Clara, California, USA, <http://www.tiweco.com>
- [5] <http://www.comstream.com>
- [6] <http://www.viasat.com>.- *Advanced Technology in DAMA Networking*
- [7] TOMASI, Wayne, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, México, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, Segunda Edición, 1996
- [8] FREEMAN, Roger L., *Telecommunications Engineering, Reference Manual for Telecommunications Engineering*, Second Edition, Wiley-Interscience Publication, New York, 1994
- [9] HUGHES NETWORKS SYSTEMS, *ISBN-Traffic Engineering Guide*, May 1997

CAPITULO 3

- [1] NORTEL DASA, *ABCS. A global internetworking solution, integrating dataprocessing, LAN's and Telephone infrastructures. General part I, 1998*
- [2] NORTEL DASA, *ABCS. A global internetworking solution, integrating dataprocessing, LAN's and Telephone infrastructures. Technical part II, 1998*
- [3] NORTEL DASA, *ABCS, System description, Issue 2.01, 1997*
- [4] NORTEL DASA, *Advanced Business Communication via Satellite, Operator's Manual, Friedrichshafen, Germany, 1998*
- [5] NORTEL DASA, *Satellite communication ABCS, Indoor Unit Installation Manual, Issue G, 1998*
- [6] CASCADE COMMUNICATIONS, *Frame Relay Overview, 1998*
- [7] *<http://www.Ibw.com.ni/~alunb/frame-relay/cfr2.htm>*
- [8] *FRAME RELAY FORUM, A modern framework for networking, <http://www.frforum.com/>*
- [9] ACT NETWORKS, *Netperformer System Reference Manual, Diciembre, 1998*
- [10] ACT NETWORKS, *SDM-9400 Quick Setup Guide, USA, 1997*
- [11] NORTEL DASA, *VSAT NETWORKS, ABCS training, 1998*
- [12] SCAN TECHNOLOGIES, *Transparent Bridges, <http://scan-technologies.com>*

CAPITULO 4

- [1] ACT NETWORKS, *Manual Skyframe*.
- [2] NORTEL DASA, *ABCS - Operator System Manual*, 1998
- [3] SIEMENS, *Teoría de tráfico telefónico, tablas y diagramas*, 2da Edición. Aktiengesellschaft, Berlin, West, 1980
- [4] NORTEL DASA, *ABCS. System Description*
- [5] ACT NETWORKS, *Parámetros de configuración*, ACT Colombia, 1998
- [6] NORTEL DASA, *ABCS APPLICATIONS AND TRAFFIC SIZING*, 1998
- [7] ACT NETWORKS, *Skyperformer Design Guige*. Rev A, USA, 1999

BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA

- TOMASI, Wayne, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, México, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, Segunda Edición, 1996
- HUGHES NETWORKS SYSTEMS, *Personal Earth Station*, General Reference 1, U.S.A., 1995
- HUGHES NETWORKS SYSTEMS, *ISBN-Traffic Engineering Guide*, 1997
- TANENBAUM, Andrew S., *Computer Networks. Third Edition*, Prentice Hall PTR, United States of America, 1996
- CCIR, Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones, *Manual de Telecomunicaciones por Satélite*, Ginebra, 1988
- EGAS, Carlos Ing., *Comunicaciones Digitales Satelitales*, Junio, 1996
- FREEMAN, Roger L., *Telecommunications Engineering, Reference Manual for Telecommunications Engineering*, Second Edition, Wiley-Interscience Publication, New York, 1994
- SIEMENS, *Teoría de tráfico telefónico. tablas y diagramas*, 2da Edición, Aktiengesellschaft, Berlin, West, 1980
- ACT NETWORKS, Manual Skyframe.
- ACT NETWORKS, *SF Opción Módem Externo*, Guía Descripción & Configuración, Chile, 1997
- ACT NETWORKS, Parámetros de configuración. ACT Colombia, 1998
- ACT NETWORKS, *Netperformer System Reference Manual*, Diciembre, 1998
- ACT NETWORKS, *SDM-9400 Quick Setup Guide*, USA, 1997
- NORTEL DASA, *ABC'S Applications and traffic sizing*, 1998
- NORTEL DASA, *ABC'S - Operator System Manual*, 1998
- NORTEL DASA, *ABC'S. System Description*, 1998

- NORTEL DASA, *ABC'S. A global internetworking solution, integrating dataprocessing, LAN's and Telephone infrastructures. Technical part II.* 1998
- NORTEL DASA, *ABC'S, System description. Issue 2.01.* 1997
- NORTEL DASA, *Advanced Business Communication via Satellite. Operator's Manual, Friedrichshafen, Germany.* 1998
- NORTEL DASA, *Satellite communication ABC'S. Indoor Unit Installation Manual, Issue G.* 1998
- NORTEL DASA, *ABC'S. A global internetworking solution, integrating dataprocessing, LAN's and Telephone infrastructures. General part I.* 1998
- NORTEL DASA, *VSAT Networks, ABC'S training.* 1998
- AHCJET.- *Satélites de comunicaciones con cobertura sobre Latinoamérica: Panorámica*
- *CASCADE COMMUNICATIONS, Frame Relay Overview.* 1998
- MINA, Ramses, *Teletraffic Engineering.* Telephony Publishing Corporation, USA.
- EFDATA CORPORATION, *SDM-300 Satellite Modem Installation and Operation Manual.* USA, 1998
- INTELSAT, *Manual de Tarifas.* USA, 1998
- ANDREW, *System Panning, Product Specifications.* Services, 1998
- NORTEL DASA, *Skywan Data Sheet.* 1999
- IEEE, LAN MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, *Draft Standard for Media Access Control (MAC) Bridges (Draft revision of 802.1D-1990).* 1996
- INTELSAT, *VSAT Handbook.* USA. 1998
- INTELSAT, *Technical Memorandum. Lease Transmission Plan Program.* USA, 1997
- NORTEL DASA, *Order Information.* 1999

DIRECCIONES DE INTERNET

- www.li.net/~stmarya/phys97
- www.qpcomm.com
- Viasat, *Pacific Telecommunications Conference*, Hawaii, 1997
- http://ourworld.compuserve.com/homepages/satellite_journal/sj504.htm
- <http://www.comsys.co.uk/vsatnets.htm>
- www.globalcomms.co.uk/interactive/technology/dct/188.html
- www.hns.com
- <http://www.telecoms-mag.com/marketing/articles/aug96/dankberg.html>
- http://www.synopsys.com.tw/products/success/nortel_ss.html
- <http://www.inext.net/products/inod/inod.html>
- www.scientific-atlanta.com/D/satellitenetworks/techinfo.DAMA1.htm
- www.intelsat.int
- Dr. Luik, Rein, TIW Systems, *Telecommunications development Asia-Pacific*, Santa Clara, California, USA. <http://www.tiweco.com>
- <http://www.comstream.com>
- <http://www.viasat.com> - *Advanced Technology in DAMA Networking*
- <http://www.Ibw.com.ni/~alanb/frame-relay/cfr2.htm>
- *FRAME RELAY FORUM, A modern framework for networking,* <http://www.frforum.com/>
- SCAN TECHNOLOGIES, *Transparent Bridges*, <http://scan-technologies.com>
- <http://www.cmg.com.sg/>