

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**ESTUDIO TECNICO ECONÓMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE  
LA RED DE TELECOMUNICACIONES DE UNA INSTITUCION  
BANCARIA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**PABLO ROBERTO DUQUE ACOSTA**

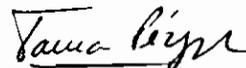
**HUGO FABIAN GUAMUSHIG TARCO**

**DIRECTOR: INGENIERA TANIA PÉREZ RAMOS**

**Quito, Febrero de 2002**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por: HUGO FABIÁN GUAMUSHIG TARCO y PABLO ROBERTO DUQUE ACOSTA, bajo mi supervisión.



---

Ing. Tania Pérez Ramos  
DIRECTORA DE PROYECTO

## DECLARACIÓN

Nosotros, HUGO FABIÁN GUAMUSHIG TARCO y PABLO ROBERTO DUQUE ACOSTA, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



---

PABLO ROBERTO DUQUE ACOSTA



---

HUGO FABIAN GUAMUSHIG TARCO

## **DEDICATORIA**

*A mi familia, soporte fundamental en mi formación, gracias por su apoyo incondicional sobre todo a Augusto y Rosa, mis padres, fuente de mis ganas de superación y desarrollo, a ellos mi corazón.  
A la vida y a Dios por el tiempo que me ha regalado y finalmente a esa mujer por la cual lucho día a día.*

**Faby**

*A Dios, por toda las cosas hermosas que me ha permitido disfrutar  
A mis Padres Alfonso y Rosario y a mis hermanos que gracias a su esfuerzo, dedicación y apoyo me han sabido encaminar por la senda correcta  
A Ruth A. que ha sido mi fuente de inspiración.*

**Pablo**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Politécnica Nacional, por habernos acogido en sus aulas y permitirnos lograr nuestra formación no solo profesional sino también humana.

A la Ing. Tania Pérez por su ayuda, comprensión y tiempo.  
A mis amigos y compañeros en especial a Doris Reinoso y Galo Salcedo por su desinteresada ayuda.

# INDICE

PRESENTACIÓN

RESUMEN

## CAPITULO I.

### SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES

1.1. LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	1
1.1.1. CABLE COAXIAL	2
1.1.2. CABLE COAXIAL DE BANDA ANCHA	2
1.1.3. PAR TRENZADO	3
1.1.4. FIBRA ÓPTICA	4
1.1.5. MEDIOS NO GUIADOS	5
1.2. MODELO GENERAL DE COMUNICACIONES OSI	6
1.3. REDES DE ÁREA EXTENDIDA WAN	7
1.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS WAN	8
1.3.2. ESTÁNDARES DE WAN	9
1.3.3. TECNOLOGÍAS DE WAN	11
1.4. TECNOLOGÍAS DE ACCESO Y TRANSPORTE	15
1.4.1. RED TELEFÓNICA CONMUTADA PUBLICA (PSTN)	16
1.4.1.1. SERVICIOS ANALÓGICOS DE TRANSMISIÓN DE DATOS, MEDIANTE LÍNEAS DEDICADAS LP's	16
1.4.1.2. SERVICIO DIGITAL DE TRANSMISIÓN DE DATOS	19
1.4.2. TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS MEDIANTE LA RED TELEFÓNICA CONMUTADA PUBLICA (PSTN)	21
1.4.2.1. LÍNEA DE ABONADO DIGITAL, xDSL	21
1.4.2.2. RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS, RDSI	22
1.4.3. SISTEMAS DE MICROONDAS	24
1.4.3.1. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL	24

1.4.3.2.	COMPONENTES DEL SISTEMA	25
1.4.3.3.	DIMENSIONAMIENTO Y EXPLOTACIÓN	27
1.4.3.4.	APLICACIONES	28
1.4.3.5.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS	29
1.4.4.	SISTEMAS SATELITALES	30
1.4.4.1.	REDES VSAT	32
1.4.4.1.1.	ELEMENTOS Y DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LAS REDES VSAT	32
1.4.4.1.2.	APLICACIONES DE LAS REDES VSAT	34
1.4.4.1.3.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES VSAT	35
1.4.4.2.	NUEVOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN SATELITAL	37
1.4.5.	SISTEMAS DE FIBRA ÓPTICA	40
1.4.5.1.	DESCRIPCIÓN FUNCIONAL Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE FIBRA OPTICA	41
1.4.5.2.	PLANIFICACIÓN DE UN ENLACE DE FIBRAS ÓPTICAS	42
1.4.5.3.	APLICACIONES DE LAS FIBRAS OPTICAS	43
1.4.5.4.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS	44

## **CAPITULO II.**

### **SISTEMA ACTUAL DE COMUNICACIONES DEL BANCO OBSERVADO**

2.1.	ANTECEDENTES	47
2.1.1.	DISTRIBUCIÓN NACIONAL DE AGENCIAS Y SUCURSALES	48
2.1.2.	DEFICIENCIAS TÉCNICAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DEL BANCO MODELO	52
2.1.3.	TECNOLOGÍA Y PLANES EXISTENTES	54
2.2.	RED REGIONAL NORTE (QUITO)	56
2.2.1.	DESCRIPCIÓN DE AGENCIAS Y SUCURSALES IBA-RN	57
2.2.1.1.	IDENTIFICACIÓN DE AGENCIAS Y SUCURSALES EN LA RED DEL IBA-RN.	58

2.2.1.2. CONFIGURACIÓN DE AGENCIAS	58
2.2.1.3. CONFIGURACIÓN DE SUCURSALES	61
2.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES	65
2.3. FACTORES TÉCNICOS QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO DE LA RED IBA-RN	67
2.3.1. ENLACES ARRENDADOS ANALÓGICOS	69
2.3.2. PROTOCOLO DE COMUNICACIONES	70

### **CAPITULO III.**

#### **REQUERIMIENTOS Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA**

3.1. INTRODUCCIÓN	72
3.2. SERVICIOS Y REQUERIMIENTOS DEL IBA	72
3.2.1. SERVICIOS	72
3.2.2. REQUERIMIENTOS	74
3.3. TRAFICO CURSADO EN EL IBA-RN	74
3.3.1. TRÁFICO DE DATOS	74
3.3.2. CALCULO DE TRÁFICO DE DATOS DE LAS SUCURSALES	75
3.3.3. OCUPACIÓN DEL CANAL DE DATOS	81
3.3.4. PROYECCIÓN DEL TRÁFICO DE DATOS	86
3.3.5. TRÁFICO TELEFÓNICO	87
3.3.6. CALCULO DE TRÁFICO TELEFÓNICO DE LAS SUCURSALES	88
3.4. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE WAN	91
3.4.1. TECNOLOGÍA FRAME RELAY	93
3.4.2. MODO DE OPERACIÓN DE FRAME RELAY	94
3.5. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍAS PARA LOS ENLACES	95
3.5.1. TECNOLOGÍA xDSL	96
3.5.1.1. CARACTERISTICAS TECNICAS	98
3.5.1.2. BENEFICIOS DE xDSL	99
3.5.2. SOLUCIÓN SATELITAL	100

3.5.2.1. CARACTERISTICAS TECNICAS	100
3.5.2.2. DIMENSIONAMIENTO DE TRAFICO DE UNA RED VSAT	101

## **CAPITULO IV.**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES**

4.1. CONSIDERACIONES INICIALES	103
4.1.1. EQUIPOS DE COMUNICACIONES	103
4.1.2. CANALES DE VOZ	103
4.1.3. PROTOCOLO DE COMUNICACIONES FRAME RELAY	105
4.1.4. CAPACIDAD REQUERIDA DE LOS ENLACES	105
4.2. ALTERNATIVAS PARA LOS ENLACES DE LA RED	106
4.2.1. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN VÍA HDSL	106
4.2.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN SATELITAL	110
4.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS	113
4.3. DISEÑO DEL SISTEMA	114
4.3.1. CONFIGURACIÓN DEL DISEÑO	116
4.3.2. COSTOS DEL DISEÑO	120

## **CAPITULO V.**

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	124
---------------------------------------	-----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO A:	CARACTERÍSTICA DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES MOTOROLA	DE
ANEXO B:	PROTOCOLOS DE WAN	
ANEXO C	TECNOLOGÍAS DE ACCESO SATELITAL	

## PRESENTACIÓN

Las telecomunicaciones (comunicación a distancia), tiene una historia tan larga como la de la humanidad, pues los hombres primitivos ya ideaban formas de transmitir sus primeros mensajes. Esta importante tecnología llamada TELECOMUNICACIONES, ha evolucionado vertiginosamente desde la invención del telégrafo, la telegrafía sin hilos, los primeros sistemas para transmitir voz, pasando por la radio, la televisión, hasta el teléfono celular, la puesta en el espacio de sofisticados satélites, la fibra óptica, la denominada guerra electrónica, la red Internet y la convergencia con la informática.

La evolución que ha sufrido el mundo en los últimos años ha hecho que el sector de las telecomunicaciones deba adecuarse a la misma y hoy en día la internacionalización de la economía conocida como *globalización*, ha originado un nuevo modelo de telecomunicaciones que se orienta fundamentalmente a atender a ese cada vez más importante sector del mercado que son las telecomunicaciones nacionales e internacionales tanto privadas como públicas. Desde la década de los 80 el desarrollo de nuevas tecnologías estimuladas por la competencia, originada a su vez por el deseo de captar nuevos mercados, ha revolucionado a las redes y servicios avanzados. Estos cambios sistemáticos en la industria de las telecomunicaciones han permitido que se de la globalización y se considere como la estrategia clave para llevar adelante el desarrollo en todos los campos del quehacer humano.

La globalización ha dado lugar a la expresión “aldea global”, la cual da la idea de una amplia red mundial de telecomunicaciones compuesta de enlaces de interconexión terrestres, submarinos y satelitales que permiten la transferencia rápida de un creciente tráfico telefónico, de datos y de imágenes. Sin embargo, la “aldea mundial” es todavía un sueño porque la mayor parte de la población mundial no cuenta con los recursos y la infraestructura para acceder a las redes de comunicación.

Tal vez la medida óptima de la globalización sea la capacidad de las compañías y empresas de telecomunicaciones, para prestar un servicio de extremo a extremo de manera transparente a los usuarios (bancos, cooperativas, hospitales, supermercados, etc.), con independencia de su demanda y ubicación, es decir los usuarios pueden acudir a una empresa que se encargue de todos sus problemas de telecomunicaciones y no tienen que ser especialistas en el área y más aún no necesitan implementar redes privadas independientes de las ya existentes, destinando recursos que representan costos muy altos.

Sin embargo nadie impide que pueden implementarse redes privadas pero esto implica destinar recursos a un área que tal vez no tenga nada que ver con la actividad económica del usuario.

En este camino se encuentran las instituciones bancarias, las cuales ponen mucho interés en mejorar sus sistemas de comunicaciones y brindar sus servicios de manera rápida e incluso ofrecer nuevos servicios, pero para esto deben mejorar sus comunicaciones y procesos internos que redundan en la mejoría de su imagen, utilizando los servicios de otras empresas probadas en el área de las comunicaciones y dedicándose el ciento por ciento de su tiempo a la satisfacción de sus clientes.

Es, en este contexto, que el presente proyecto, el mismo que no se limita a sólo un recuento de las posibles soluciones que se pueden usar, sino que intenta llegar a un punto más alto: la aplicabilidad en el contexto nacional. Cabe anotar las ventajas que representa para las instituciones bancarias el contar con un sistema de comunicaciones eficiente, rápido y con un ancho de banda suficiente para poder realizar sus actividades sin inconvenientes y sin pérdidas de información, permitiendo a sus clientes el acceso a recursos de redes centralizadas de manera transparente. Estas instituciones no pueden estar alejadas de esta tendencia, no por moda o por sentido comercial, sino por un sentido de prestar servicios para el bien de la sociedad y del país, especialmente, y pudiendo llegar a internacionalizar los servicios por medio de los mismos sistemas.

Este proyecto, intenta sentar las bases para posteriores desarrollos de los sistemas y subsistemas involucrados con el banco modelo, modernizando sus instalaciones a fin que el banco esté en capacidad de brindar a todos sus usuarios un servicio ágil, flexible, oportuno, eficiente y de gran seguridad que además le permita conseguir mayor número de clientes

## RESUMEN

El desarrollo de este proyecto incluye cinco capítulos cuyos contenidos resumidos son los siguientes:

- El capítulo I enfoca introducción a los sistemas y tecnologías de comunicaciones existentes, se hace un estudio general de los medios de transmisión, el modelo general de comunicaciones OSI; las redes WAN, sus características, tecnologías y estándares, sobre las cuales se basan las nuevas tecnologías de acceso y transporte, de las que se dan a conocer las más importantes utilizadas en nuestro país, con sus respectivas ventajas y desventajas.
- El capítulo II, describe el sistema actual de comunicaciones del banco modelo, denominado IBA-RN, su distribución de agencias y sucursales a nivel regional y nacional, indicando las tecnologías, planes y equipos existentes así como las deficiencias técnicas y factores que inciden en el rendimiento del IBA-RN. Finalmente se hace un muestreo y cálculo del tráfico cursado con el fin de determinar las sucursales que tienen problemas de transmisión y las horas de mayor tráfico.
- El capítulo III analiza la situación actual, los requerimientos del IBA-RN, además realiza una estimación del tráfico de voz y datos del banco modelo, para finalmente seleccionar las mejores alternativas tecnológicas que se podrían implementar.
- En el capítulo IV, se discuten las soluciones posibles de diseño final en base a necesidades y a un análisis de ventajas y desventajas, tanto económicas como técnicas, de las tecnologías seleccionadas en el capítulo anterior, en definitiva es un resumen de las mejores características tecnológicas adaptadas a los requerimientos de IBA-RN.

- El capítulo final, V, conclusiones y recomendaciones, en base de la experiencia y el desarrollo logrado, se realizan las principales observaciones y sugerencias.
- Los Anexos contienen información de apoyo y complemento a la temática tratada durante el desarrollo de la tesis, en aspectos de interés relativos a los sistemas planteados.

# 1. SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN

Se vive una economía globalizada, bajo la cual empresas y negocios son más y más dependientes unos de los otros para la oferta de bienes y servicios. Los negocios nacionales y transnacionales necesitan de la ayuda de redes de información, la eficiencia en el trabajo depende de que cada persona involucrada en un proceso sea capaz de comunicarse con los demás mediante voz, datos, texto y vídeo como si estuvieran en la misma localización, cuando en realidad estén a miles de kilómetros uno del otro, es decir utilizar redes extendidas. Dentro de estas empresas involucradas en la economía global, tenemos a las instituciones bancarias, las mismas que por obvias razones participan activamente en este proceso.

Para dar soluciones a estas necesidades y lograr eficiencia en las comunicaciones a través de grandes distancias, es necesario analizar los sistemas y tecnologías de comunicación existentes, es decir los medios de transmisión, redes de área extendida, tecnologías de acceso, etc.

## 1.1. LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Los medios de transmisión constituyen el camino físico entre el transmisor y el receptor de un sistema de transmisión. Las características y calidad de una transmisión están determinadas por la naturaleza de la señal así como también de la naturaleza del medio. En el caso de medios, estos por sí mismos son más importantes en la determinación de las limitaciones de la transmisión. Entre los principales medios de transmisión, se tienen los siguientes:

- Cable coaxial
- Cable coaxial de banda ancha
- Par trenzado
- Fibra óptica
- Medios no guiados

### 1.1.1. CABLE COAXIAL

Es un medio típico de transmisión, consta de un cable sólido de cobre en su parte central (núcleo), el cual se encuentra rodeado de un material aislante. Este material aislante está rodeado por un conductor cilíndrico con aspecto de una malla de tejido trenzado. El conductor externo se encuentra cubierto por una capa de plástico protector. Su característica principal es presentar un gran ancho de banda e inmunidad al ruido. El cable coaxial posee  $50 \Omega$  de impedancia característica y es utilizado para transmisión de señales digitales, pudiéndose alcanzar velocidades de 1 a 2 Gbps, con una distancia máxima entre equipos de 1000 m, sin necesidad de repetidores. Con distancias menores se puede aumentar la velocidad de transmisión. La figura 1.1 muestra la composición de un cable coaxial.

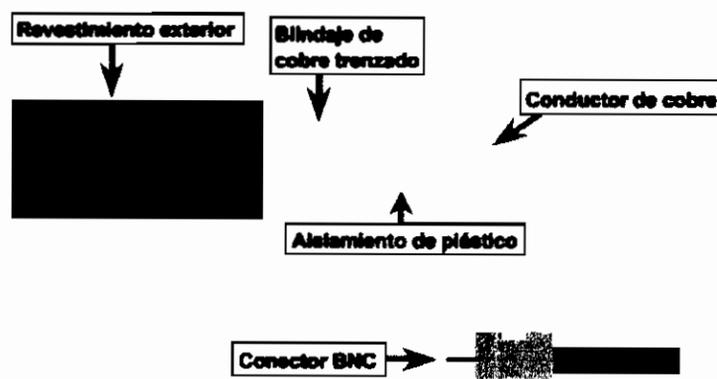


Figura 1.1. Cable coaxial

### 1.1.2. CABLE COAXIAL DE BANDA ANCHA

Posee una impedancia característica de  $75 \Omega$  y es utilizado para transmisión de señales analógicas como por ejemplo en televisión por cable; este cable es empleado para llevar señales de hasta 300 MHz con longitudes de hasta 100 Km. Normalmente los sistemas de banda ancha se dividen en varios canales; cada uno de estos se emplea para el envío y recepción de señales. Una diferencia entre los sistemas de banda base y los de banda ancha es que estos últimos necesitan amplificadores, además estos pueden ofrecer varios canales para transmitir voz, datos y señales de televisión, en el mismo cable.

### 1.1.3. PAR TRENZADO

Es el medio más antiguo; consiste en dos alambres de cobre aislados. Los alambres se entrelazan en forma helicoidal para reducir la interferencia eléctrica y evitar que el cable radíe y reciba señal como una antena. Su aplicación principal es el sistema telefónico; los pares trenzados se pueden utilizar tanto para transmisión analógica como para digital y su ancho de banda depende del calibre del conductor, el tipo de alambre (un solo hilo o múltiples hilos), recubrimiento del cable y trenzado del mismo.

Típicamente el cable de par trenzado empleado puede ser de tres categorías. La primera es el par trenzado de categoría 3 que consiste de pares de hilos aislados que se trenzan de manera dedicada. Cuatro de estos pares se agrupan, con una cubierta de plástico o un material de fluoropolímero (material que no produce humo y no se propaga la llama) para su protección. A este tipo de cable se lo conoce como par trenzado sin blindaje (UTP, Unshielded Twisted Pair) categoría 3 y se lo utiliza para aplicaciones que requieren hasta 16 MHz de ancho de banda. Con este cable se pueden alcanzar velocidades de transmisión de hasta 16 Mbps con una longitud de 100 m. El par trenzado categoría 4 tiene un ancho de banda de 20 MHz y posee también cuatro pares por cable.

El par trenzado categoría 5 posee más vueltas por centímetro, está cubierto con teflón y permite señales de mejor calidad a más largas distancias. Este cable se utiliza para aplicaciones que necesiten hasta 100 MHz de ancho de banda y se pueden alcanzar, con longitudes de 100 m, velocidades de 100 Mbps, pudiendo llegar a tenerse mayores velocidades, empleando diferentes técnicas de codificación. Actualmente se encuentran en desarrollo la categoría 6 y 7, para anchos de banda de 250 y 600 MHz respectivamente.

Otra variación de los pares trenzados es el denominado par trenzado blindado (STP, Shielded Twisted Pair); su diferencia con el UTP consiste en que solo existen dos pares trenzados con aislamiento independiente entre pares, lo

que mejora su desempeño y se puede alcanzar mayores velocidades y distancias. En la figura 1.2 se observa los cables UTP y STP.



Figura 1.2. Cables UTP y STP

#### 1.1.4. FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un medio de transmisión que puede conducir información con luz modulada. Si se compara con otros medios, es más caro, sin embargo, no es susceptible a la interferencia electromagnética y ofrece velocidades más altas que cualquiera de los demás tipos de medios descritos aquí. El cable de fibra óptica no transporta impulsos eléctricos, como lo hacen otros tipos de medios que usan cables de cobre. En cambio, las señales se convierten en haces de luz. Aunque la luz es una onda electromagnética, la luz en las fibras no se considera inalámbrica ya que las ondas electromagnéticas son guiadas por la fibra óptica. El término "inalámbrico" se reserva para las ondas electromagnéticas irradiadas, o no guiadas. La figura 1.3. muestra un tipo de fibra óptica.

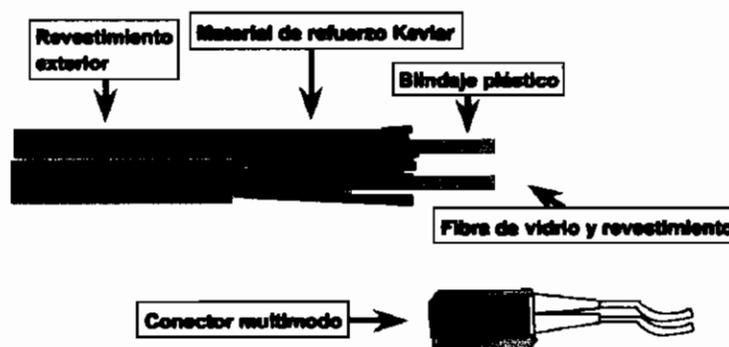


Figura 1.3. cable de fibra óptica

Al ancho de banda asequible para fibras excede los 50000 Gbps, pero el tiempo de respuesta de los fotodiodos es de alrededor de 1 ns, lo que limita la velocidad de transmisión de datos a cerca de 2 Gbps, aunque estas velocidades estén aumentando rápidamente.

La luz puede propagarse de dos maneras en la fibra: la primera en la cual la luz viaja por múltiples reflexiones en las paredes de ésta; a este tipo de fibra se la conoce como fibra multimodo; la segunda manera es aquella en que la luz viaja en línea recta; sin rebotar en las paredes, a este tipo de fibra se la conoce como monomodo.

#### **1.1.5. MEDIOS NO GUIADOS**

Cuando se trata de transmitir información para distancias o lugares en los cuales no se pueda o no convenga usar un medio físico, es preciso usar la transmisión radioeléctrica. La transmisión radioeléctrica se realiza a través de ondas electromagnéticas, que pueden recorrer el vacío del espacio exterior y medios como el aire. Por lo tanto, no es necesario un medio físico para las señales inalámbricas, lo que hace que sean un medio muy versátil para el desarrollo de redes.

La transmisión de las ondas de radio se puede definir como el procedimiento por medio del cual las señales de radio se transportan a través del espacio desde la antena transmisora hasta la antena receptora. Las señales de radio son ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz.

La aplicación más común de las comunicaciones inalámbricas es la que corresponde a los usuarios móviles. Esto incluye: los pasajeros de automóviles o aviones, los satélites, las sondas espaciales remotas, los transbordadores espaciales, cualquier persona/cualquier elemento que necesite comunicar datos a través de una red sin las limitaciones de la fibra óptica o el cobre

## 1.2. MODELO GENERAL DE COMUNICACIONES OSI

Durante las últimas dos décadas ha habido un enorme crecimiento en la cantidad y tamaño de las redes. Muchas de ellas sin embargo, se desarrollaron utilizando implementaciones de hardware y software diferentes. Como resultado, muchas de las redes eran incompatibles y se volvió muy difícil para las redes que utilizaban especificaciones distintas poder comunicarse entre sí.

Para solucionar este problema, la Organización Internacional para la Normalización (ISO) realizó varias investigaciones acerca de los esquemas de red. La ISO reconoció que era necesario crear un modelo de red que pudiera ayudar a los diseñadores de red a implementar redes que pudieran comunicarse y trabajar en conjunto (interoperabilidad y compatibilidad) y por lo tanto, elaboraron el modelo de referencia OSI en 1984.

En el modelo de referencia OSI, hay siete capas numeradas, cada una de las cuales ilustra una función de red particular. Esta división de las funciones de networking se denomina *división en capas*. La división de la red en capas presenta las siguientes ventajas:

- Normaliza los componentes de red para permitir el desarrollo y el soporte de los productos de diferentes fabricantes.
- Permite a los distintos tipos de hardware y software de red comunicarse entre sí.
- Impide que los cambios en una capa puedan afectar las demás capas, de manera que se puedan desarrollar con más rapidez.
- Divide la comunicación de red en partes más pequeñas para simplificar el aprendizaje.

El problema de trasladar información entre computadores, el modelo de referencia OSI, se lo divide en siete problemas más pequeños y de tratamiento

más simple. Cada uno de los siete problemas más pequeños está representado por su propia capa en el modelo. Las siete capas del modelo de referencia OSI son:

- Capa 7: La capa de aplicación
- Capa 6: La capa de presentación
- Capa 5: La capa de sesión
- Capa 4: La capa de transporte
- Capa 3: La capa de red
- Capa 2: La capa de enlace de datos
- Capa 1: La capa física

Cada capa individual del modelo OSI tiene un conjunto de funciones que debe realizar para que los paquetes de datos puedan viajar en la red desde el origen hasta el destino. En la figura 1.4 se resume las funciones que realiza cada capa.



Figura 1.4. Las 7 capas del modelo de referencia OSI

### 1.3. REDES DE ÁREA EXTENDIDA WAN

Las redes de computadores constituyen el principal sustento en las comunicaciones modernas de cualquier institución u organización, estas generalmente se las clasifica de acuerdo a: la tecnología de transmisión o a la cobertura de las redes.

Según la tecnología de transmisión tenemos:

- Redes de difusión, todas las computadoras comparten un solo canal de comunicación.
- Redes punto a punto, las máquinas están conectadas en pares individuales por medio de múltiples conexiones.
- Redes punto – multipunto, un computador esta conectado a varios computadores en una configuración tipo estrella.

Según la cobertura tenemos:

- Redes de área local (LAN), redes de alta velocidad de transmisión, alta confiabilidad y zona de cobertura de pocos kilómetros.
- Redes de área extendida (WAN), permiten la comunicación dentro de zonas de cobertura geográficas amplias.

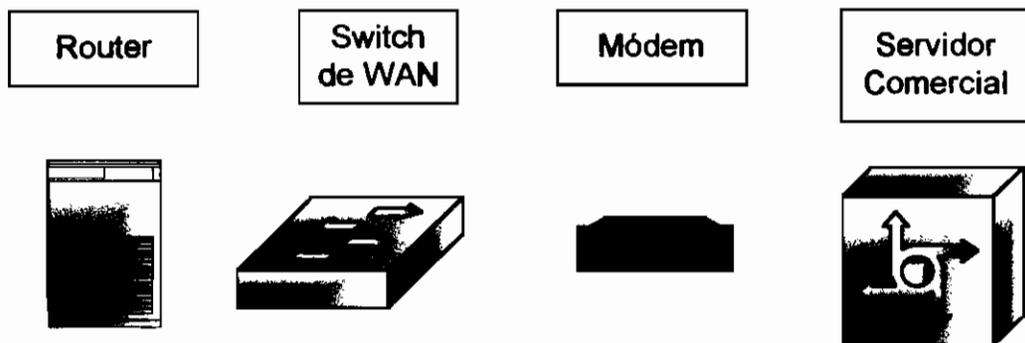
Para el tratamiento de este estudio el interés se centra en las redes de área extendida.

### 1.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS WAN

Las principales características de las redes de área amplia son las siguientes:

- Operan dentro de un área geográfica mayor que la de las LAN locales. Utilizan los servicios de proveedores de servicios de telecomunicaciones tales como los operadores Regionales.
- Usan conexiones seriales de diversos tipos para acceder al ancho de banda dentro de áreas geográficas extensas.
- Por definición, las WAN conectan dispositivos separados por áreas geográficas extensas. Entre estos dispositivos, figura 1.5, se incluyen:
  - *routers*: ofrecen varios servicios, entre ellos internetworking y puertos de interfaz de WAN

- *los switches:* utilizan al ancho de banda de las WAN para la comunicación de voz, datos y video
- *modems:* servicios de interfaz con calidad de voz; unidades de servicio de canal y unidades de servicio de datos (CSU/DSU) que realizan interfaz con servicios T1/E1; y Adaptadores de Terminal y Terminación de red 1 (TA/NT1) que realizan interfaz con los servicios de la Red digital de servicios integrados (RDSI)
- *servidores de comunicaciones:* concentran la comunicación de usuarios de servicios de acceso con marcación



**Figura 1.5.** Redes y dispositivos de WAN

### 1.3.2. ESTÁNDARES DE WAN

Los protocolos de la capa física de las WAN describen cómo suministrar conexiones eléctricas, mecánicas, operacionales y funcionales para los servicios de WAN. Estos servicios a menudo se obtienen de proveedores de servicios de WAN como los proveedores de servicio alternos y las empresas de servicios postales, telefónicos y telegráficos (PTT).

Los protocolos de enlace de datos de las WAN describen cómo se transportan las tramas entre sistemas a través de un solo enlace de datos. Incluyen protocolos diseñados para operar a través de servicios conmutados dedicados punto a punto, multipunto y multiacceso, como Frame Relay. Los estándares de las WAN son definidos y administrados por una serie de autoridades reconocidas, tales como las siguientes:

- Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T), antiguamente denominado Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT)
- Organización Internacional de Normalización (ISO)
- Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet (IETF)
- Asociación de Industrias Electrónicas (EIA)

Normalmente los estándares de WAN describen los requisitos de la capa física y de la capa de enlace de datos. La capa física de las WAN describe la interfaz entre el equipo terminal de datos (DTE) y el equipo de terminación de circuito de datos (DCE). Normalmente el DCE es el proveedor del servicio, mientras que el DTE es el dispositivo conectado. En este modelo, los servicios ofrecidos al DTE están disponibles a través de un modem o CSU/DSU.

Varios estándares de capa física especifican esta interfaz:

- EIA/TIA-232
- EIA/TIA-449
- V.24
- V.35
- X.21
- G.703
- EIA-530

Los encapsulamientos de enlace de datos comunes asociados con las líneas síncronas seriales son:

- Control de Enlace de Datos de Alto Nivel (HDLC): un estándar IEEE que probablemente no sea compatible con los distintos proveedores, ya que cada proveedor puede haberlo implementado de diferentes maneras. HDLC soporta configuraciones punto a punto y multipunto con un gasto mínimo.
- *Frame Relay*: Usa instalaciones digitales de alta calidad y entramado simplificado sin mecanismos de corrección de errores, lo que significa que puede enviar información de Capa 2 mucho más rápidamente que otros protocolos de WAN.

- *Protocolo Punto a Punto (PPP)*: Descrito por RFC 1661. Dos estándares desarrollados por el IETF. Contiene un campo de protocolo para identificar el protocolo de capa de red.
- *Protocolo de Control de Enlace de Datos Simple (SDLC)*: Protocolo de enlace de datos de WAN diseñado por IBM para los entornos de la Arquitectura de sistemas de red (SNA). Ha sido reemplazado en gran parte por el más versátil HDLC.
- *Protocolo Internet de Enlace Serial (SLIP)*: Protocolo de enlace de datos de WAN sumamente popular para transportar paquetes IP. Ha sido reemplazado en varias aplicaciones por el más versátil PPP.
- *Procedimiento de Acceso al Enlace Balanceado (LAPB)*: Protocolo de enlace de datos utilizado por X.25. Posee amplias capacidades de verificación de errores.
- *Procedimiento de Acceso al Enlace en el Canal D (LAPD)*: Protocolo de enlace de datos de WAN utilizado para señalización y para la configuración de llamada de Canal D de RDSI. Las transmisiones de datos tienen lugar en los canales B de RDSI.
- *Trama de Procedimiento de Acceso a Enlaces (LAPF)*: Para Servicios de Portadora en Modo de Trama, un protocolo de enlace de datos de WAN, similar a LAPD, utilizado con tecnologías Frame Relay.

### 1.3.3. TECNOLOGÍAS DE WAN

A continuación ofrecemos una breve descripción de las tecnologías de WAN más comunes. Estas tecnologías se dividen en servicios conmutados por circuito, conmutados por celdas, digitales dedicados y analógicos.

#### ***Servicios de conmutación de circuitos***

- *POTS (Servicio telefónico analógico)*: No es un servicio informático de datos, pero se incluye por dos motivos: (1) muchas de sus tecnologías forman parte de la creciente infraestructura de datos, (2) es un modelo sumamente

confiable, de fácil uso para una red de comunicaciones de área amplia; el medio típico es el cable de cobre de par trenzado.

- *RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) de banda angosta*: Una tecnología versátil, de amplio uso e históricamente importante. Fue el primer servicio con marcación totalmente digital. Es de uso bastante generalizado, aunque varía considerablemente de un país a otro. El costo es moderado. El ancho de banda máximo es de 128 Kbps para la BRI (Interfaz de Acceso Básico) de menor costo y de aproximadamente 3 Mbps para la PRI (Interfaz de Acceso Principal). El medio típico es el cable de cobre de par trenzado

### ***Servicios de conmutación por paquetes***

- *X.25*: Tecnología más antigua pero todavía ampliamente utilizada, que posee amplias capacidades de verificación de errores desde la época en que los enlaces de las WAN eran más susceptibles a los errores, lo que hace que su confiabilidad sea muy grande, pero al mismo tiempo limita su ancho de banda. El ancho de banda puede ser de 2 Mbps como máximo. Es ampliamente utilizada, y su costo es moderado. El medio típico es el cable de cobre de par trenzado
- *Frame Relay*: Versión conmutada por paquetes del RDSI de banda angosta. Se ha transformado en una tecnología de WAN sumamente popular por derecho propio. Es más eficiente que X.25, con servicios similares. El ancho de banda máximo es de 44,736 Mbps. En los EE.UU. son muy populares los anchos de banda de 56 kbps y 384 kbps. Es de uso generalizado, el costo es de moderado a bajo. Entre los medios típicos se incluyen el cable de cobre de par trenzado y el cable de fibra óptica.

### ***Servicios de conmutación por celdas***

- *ATM (Modo de Transferencia Asíncrona)*: Tiene una cercana relación con el RDSI de banda ancha. Es una tecnología de WAN (e inclusive de LAN) cuya importancia va en aumento. Utiliza tramas pequeñas, de longitud fija (53

bytes) para transportar los datos. El ancho de banda máximo es actualmente de 622 Mbps, aunque se están desarrollando velocidades mayores. Los medios típicos son el cable de cobre de par trenzado y el cable de fibra óptica. Su uso es generalizado y está en aumento; el costo es elevado.

- *SMDS (Servicio de datos multimegabit conmutado)*: Relacionado con ATM y utilizado normalmente en las MAN. El ancho de banda máximo es de 44,736 Mbps. Los medios típicos son el cable de cobre de par trenzado y el cable de fibra óptica. No es de uso común: el costo es relativamente alto.

### **Servicios digitales dedicados**

- *T1, T3, E1, E3*: La serie T de servicios en los EE.UU. y la serie E de servicios en Latinoamérica y Europa son tecnologías de WAN sumamente importantes. Usan la multiplexación por división de tiempo para "dividir" y asignar ranuras de tiempo para la transmisión de datos; el ancho de banda es:
  - T1: 1,544 Mbps
  - T3: 44,736 Mbps
  - E1: 2,048 Mbps
  - E3: 34,368 Mbps
  - Hay otros anchos de banda disponibles

Los medios utilizados son normalmente el cable de cobre de par trenzado y el cable de fibra óptica. Su uso es muy generalizado; el costo es moderado.

- *xDSL (DSL por Digital Subscriber Line (Línea Digital del Suscriptor) y x por una familia de tecnologías)*: Tecnología de WAN nueva y en desarrollo para uso doméstico. Su ancho de banda disminuye a medida que aumenta la distancia desde el equipo de las compañías telefónicas hasta los usuarios. Las velocidades máximas de 51,84 Mbps son posibles en las cercanías de una central telefónica; son más comunes los anchos de banda mucho menores (desde 100 Kbps hasta varios Mbps). Su uso es limitado pero en rápido aumento; el costo es moderado y se reduce cada vez más. x indica toda la familia de tecnologías DSL, entre ellas:

- *HDSL*: DSL de alta velocidad de bits
- *SDSL*: DSL de línea única
- *ADSL*: DSL asimétrica
- *VDSL*: DSL de muy alta velocidad de bits
- *RADSL*: DSL adaptable a la velocidad
- *SONET (Red Óptica Síncrona)*: Conjunto de tecnologías de capa física de muy alta velocidad, diseñadas para cables de fibra óptica, pero que también pueden funcionar con cables de cobre. Tiene una serie de velocidades de datos disponibles con designaciones especiales. Implementadas a diferentes niveles de OC (portadora óptica) desde los 51,84 Mbps (OC-1) hasta los 9,952 Mbps (OC-192). Puede alcanzar estas impresionantes velocidades de datos mediante el uso de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), en la que láseres configurados para colores ligeramente diferentes (longitudes de onda) envían enormes cantidades de datos ópticamente; su uso es generalizado entre las entidades de backbone de Internet. El costo es elevado: no es una tecnología que se pueda usar a nivel doméstico.

### **Otros servicios de WAN**

- *Modems de discado (conmutación analógica)*: Su velocidad es limitada, pero son muy versátiles. Funcionan con la red telefónica existente. El ancho de banda máximo aproximado es de 56 kbps. El costo es bajo. Su uso es muy generalizado. El medio típico es la línea telefónica de par trenzado
- *Modems por cable (analógico compartido)*: Colocan señales de datos en el mismo cable que las señales de televisión. Es cada vez más popular en regiones donde hay gran cantidad de cable coaxial de TV instalado (90% de los hogares en los EE.UU.). El ancho de banda máximo disponible puede ser de 10 Mbps, aunque esto se degrada a medida que más usuarios se conectan a un segmento determinado de la red (comportándose como LAN no conmutadas). El costo es relativamente bajo. Su uso es limitado pero está en aumento. El medio es cable coaxial.

- **Inalámbrico:** No se necesita un medio porque las señales son ondas electromagnéticas. Existen varios enlaces de WAN inalámbricos, dos de los cuales son:
  - **Terrestre:** Anchos de banda normalmente dentro del intervalo de Mbps (por ej., microondas). El costo es relativamente bajo. Normalmente se requiere línea de vista. El uso es moderado.
  - **Satélite:** Puede servir a los usuarios móviles (por ej., red telefónica celular) y usuarios remotos (demasiado alejados de las instalaciones de cables). Su uso es generalizado. El costo es elevado.

El cuadro 1.1. se resume las principales tecnologías de WAN existentes:

TECNOLOGÍA	TIPO DE SERVICIO	ANCHO DE BANDA MÁXIMO	COMENTARIOS
POST	Servicio telefónico analógico	4kHz analógico	El estándar para confiabilidad
RDSI	Red digital de servicios integrados	128 kbps	Datos y voz de forma conjunta
X.25	X.25	2 Mbps	Un antiguo y confiable caballo de fuerza
Frame Relay	Frame Relay	45 Mbps	Un nuevo y flexible caballo de batalla descendiente de RDSI
ATM	Modo de transferencia asincrónica	622 Mbps	Redes de alta potencia
SMDS	Servicio de datos multimega-bit conmutado	1,544 y 44,736 Mbps	Variable MAN de ATM
T1, T3	T1, T3	1,544 y 44,736 Mbps	Telecomunicaciones utilizadas ampliamente
xDSL	Línea de abonado digital	384 kbps	Nueva tecnología a través de líneas telefónicas
Modem por discado	MODEM	56 kbps	Tecnología probada que utiliza líneas telefónicas
Modem por cable	Modem por cable	10 Mbps	Nueva tecnología probada que utiliza TV por cable
Inalámbrico terrestre	Inalámbrico	< 5 Mbps	Enlaces por microondas y láser
Inalámbrico satelital	Inalámbrico	< 5Mbps	Enlaces por microondas y láser
SONET	Red óptica síncrona	9,992 Mbps	Transmisión muy veloz por fibra óptica

**Tabla 1.1.** Tecnologías de WAN

#### 1.4. TECNOLOGÍAS DE ACCESO Y TRANSPORTE

Las comunicaciones de voz en la actualidad están estandarizadas y el ISDN (Red Digital de Servicios Integrados RDSI) ha comenzado a ser introducido ampliamente, sin embargo, el mundo de las telecomunicaciones “no – voz” dejan

aún un sinnúmero de requerimientos no satisfechos. Varias de las tendencias en cuanto a requerimientos de los usuarios se pueden caracterizar en los siguientes puntos:

- Reducción de costos.
- Abundancia de los servicios ofrecidos (voz, datos, vídeo, multimedia)
- Fácil asignación de anchos de banda y servicio.
- Simple, segura y rápida configuración de los equipos por parte de los usuarios (estructura flexible)
- Monitoreo de flujos de tráfico y cumplimiento de los estándares.
- Alto grado de disponibilidad y calidad de servicio con un soporte técnico integrado.

Esto se lo ha logrado mediante las redes de acceso de las cuales se describen las más importantes utilizadas en nuestro país.

#### **1.4.1. RED TELEFÓNICA CONMUTADA PÚBLICA (PSTN)**

Actualmente las empresas escindidas de EMETEL, Andinatel, Pacifictel y Etapa, son los organismos facultados para explotar o autorizar la explotación de los servicios de telefonía pública en nuestro país.

Estas empresas ofrecen servicios analógicos y digitales para transmisión de datos, de manera directa o indirecta. La zona objeto de este estudio corresponde a ANDINATEL, razón por la cual solo se nombrará a esta empresa.

##### **1.4.1.1. SERVICIOS ANALÓGICOS DE TRANSMISIÓN DE DATOS, MEDIANTE LÍNEAS DEDICADAS LP's**

ANDINATEL ofrece el servicio analógico de transmisión de datos mediante la utilización de sus líneas telefónicas comunes y del arrendamiento de líneas dedicadas o líneas punto a punto, LP's.

Las velocidades alcanzables a través de estas líneas dependen de algunos factores, como la calidad del modem, la calidad y tipo de línea y la distancia entre los extremos comunicantes.

Entre estos dos tipos de líneas conmutadas y dedicadas, las LP son las más utilizadas en la transmisión de datos y merecen mayor atención; las líneas conmutadas generalmente se los utiliza a manera de respaldo (BACKUP) de las líneas LP's o de algún otro sistema de telecomunicaciones, por ejemplo el satelital.

ANDINATEL ofrece el servicio de arrendamiento permanente o temporal de circuitos telefónicos locales, nacionales e internacionales, en todos los puntos del país donde exista red telefónica y existe capacidad de red externa. Los costos y tarifas para el arrendamiento de circuitos telefónicos permanentes varían dependiendo principalmente de si se trata de circuitos locales o nacionales, de la distancia entre extremos comunicantes y de los pasos de central involucrados.

Estas líneas son no conmutadas y establecen una conexión permanente entre dos extremos comunicantes (de abonados), sirven principalmente de base en la construcción de redes privadas para transmisión de información, por lo tanto no necesitan fase de establecimiento de la comunicación. La ventaja de las LP's es que se puede verificar y garantizar su calidad.

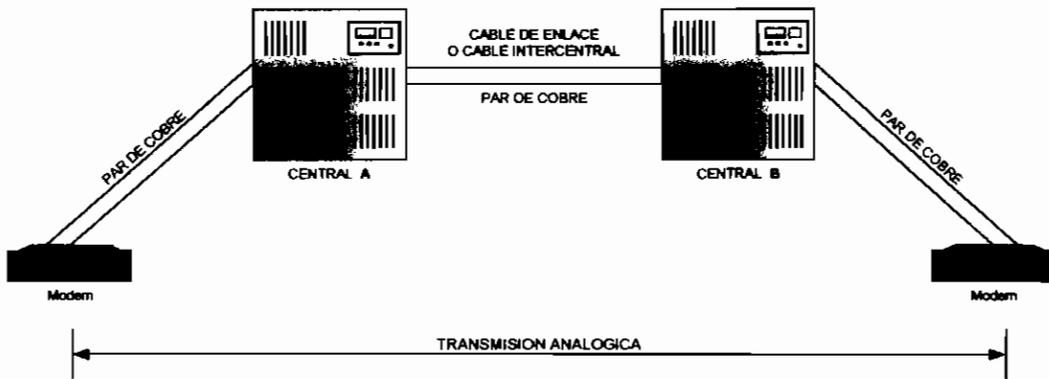
Las LP's se las puede encontrar de dos formas o tipos: de dos hilos o de 4 hilos, en ambos tipos de LP's la transmisión es analógica en los extremos comunicantes, por consiguiente con sus respectivas desventajas frente a la transmisión digital.

#### **a) LP DE DOS HILOS**

Las LP de 2 hilos constituyen una par de hilos de cobre entre los dos extremos comunicantes. Sobre este par de hilos se podría transmitir a cualquier

velocidad de transmisión pero técnicamente debido a las atenuaciones esto no es posible, se requiere de regeneradores, en otras palabras la única limitante en cuanto a velocidad de transmisión  $V_t$  es la distancia entre los puntos comunicantes (suponiendo que el MODEM soporta cualquier  $V_t$ )

El esquema de las LP de 2 hilos se lo muestra en la figura 1.6. Entre las centrales telefónicas A y B pueden existir una o varias centrales denominadas saltos o pasos por central.



**Figura 1.6.** LP de dos hilos.

El cable de enlace o también llamado cable intercentral, constituye un par de hilos de cobre, la transmisión en todo el trayecto es puramente analógica y son utilizados dentro de una misma ciudad, es decir, son circuitos locales. Otra aplicación que se da a las LP's de dos hilos es la extensión de las centrales telefónicas (conmutadores).

## **b) LP DE CUATRO HILOS**

Las LP de 4 hilos están formados por 2 pares de cobre en la última milla de cada extremo comunicante, un par para transmisión y el otro para recepción, y por Fibra Óptica o un enlace de radio en el cable de enlace. La transmisión en el trayecto es una transmisión híbrida analógica / digital / analógica y en estas LP's ANDINATEL asegura como mínimo una transmisión a 9600 bps. Su esquema se lo representa en la figura 1.7. Generalmente estas LP's son usadas en circuitos nacionales, pero también pueden ser usados en circuitos locales.

En cuanto tiene que ver a LP's nacionales, ellas utilizan la central de tránsito y a través de esta se enlaza la línea mediante el sistema troncal de microondas hasta llegar al otro extremo comunicante. Entre los extremos comunicantes podemos tener varios saltos o pasos por centrales.

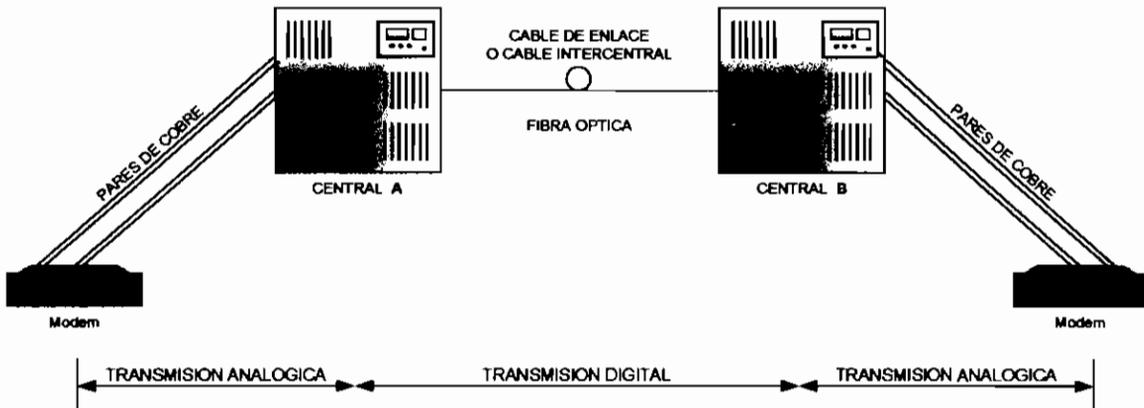


Figura 1.7. LP de cuatro hilos

Dentro de la Fibra Óptica, para la transmisión de datos de la LP se utiliza un canal de voz del PCM (Modulación por Impulsos Codificados) de la fibra óptica de 64 Kbps, por lo tanto se tendría un limitante para la  $V_1$ .

#### 1.4.1.2. SERVICIO DIGITAL DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Este servicio se brinda de manera indirecta a través de Empresas<sup>1</sup> denominadas Unidades de Negocio, a las cuales se les ha concesionado el servicio, sin embargo las mismas utilizan infraestructura mixta, de ANDINATEL y propia.

Estas empresas privadas ofrecen los servicios de transmisión de datos digitales a nivel local, nacional e internacional; el cliente escoge el lugar, la velocidad, el protocolo, la aplicación y sus equipos internos y estas empresas proporcionan el servicio.

<sup>1</sup> Estas empresas son: TEHOLDING e INTEGRAL DATA.

## CONFIGURACION DE LA RED

La configuración de este servicio es mediante un *nodo central* y un *nodo remoto* o *DTU* (Unidad Terminal de Datos). En la figura 1.8 se muestra un ejemplo de configuración.

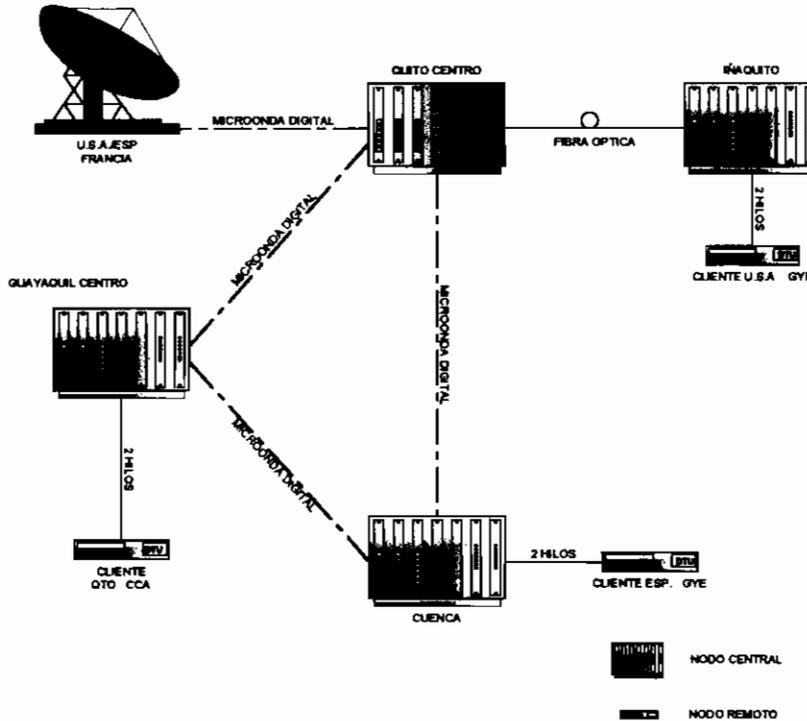


Figura 1.8. Configuración del servicio digital de transmisión de datos

### NODO CENTRAL

El nodo central, se ubica estratégicamente a lo largo del país, el cual es un administrador del ancho de banda, inteligente y flexible que combina las funciones de un banco inteligente de canales, un conmutador de interconexión digital y un multiplexor integrado de voz y datos, generalmente tiene la capacidad de manejar hasta de 32 interfaces E1.

### DTU

El DTU es el dispositivo remoto (ubicado en el sitio del cliente), sobre un par de cobre trenzado que tiene la capacidad de brindar hasta dos canales de 64

Kbps o una de 128 Kbps, hasta una distancia de 5.3 Km, del nodo central más próximo. Además tiene la capacidad de ser monitoreado por el Administrador de Red. Con este equipo el cliente puede tener enlazada dos sitios remotos por este mismo dispositivo.

#### **1.4.2. TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS MEDIANTE LA RED TELEFÓNICA CONMUTADA PÚBLICA (PSTN)**

Cabe aclarar que el problema para utilizar los nuevos servicios de las operadoras de telefonía no está a nivel de la red de microondas terrestre o satelital, o de las centrales adquiridas, sino que está en el mecanismo necesario para que la información viaje desde la central o estación terminal de la red hasta los usuarios, es decir que está en la planta externa que permite la conexión de un aparato telefónico, con la respectiva central.

##### **1.4.2.1. LÍNEA DE ABONADO DIGITAL, xDSL**

Actualmente existen tecnologías que proveen soluciones de gran ancho de banda sobre la red telefónica de cobre existente, permitiendo a los operadores de telefonía y a las compañías que poseen redes de cobre, rápidamente cubrir sus demandas y requerimientos sin necesidad del recableado costoso. Esta tecnología es la denominada xDSL, y se refiere a un grupo similar de tecnologías que proveen gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo en la red. En la tabla 1.2 se describen la familia xDSL.

xDSL es proveída sobre circuitos de cobre no cargados (cables sin ningún tipo de inducción de voltaje o señal) y puede coexistir en el circuito con el servicio de voz. Soporta formatos y velocidades de transmisión especificados por los estándares T1 (1,544 Mbps), E1 (2,048 Mbps) y es suficientemente flexible para soportar velocidades y formatos adicionales. Es una tecnología “modem – like”

(muy parecida a la tecnología de los modems), donde es requerido un dispositivo xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre. Estos dispositivos aceptan el flujo de datos en formato digital y lo sobrepone en una señal análoga de alta velocidad.

	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD DE DATOS	LÍMITE DE DISTANCIA	APLICACIONES
<b>IDSL</b>	Línea de Abonado Digital RDSI (Red Digital de Servicios Integrados)	128 Kbps	5,5 km en un cable calibre 24	Similar al servicio RDSI básico, pero solamente datos. (No voz en la misma línea).
<b>DSL Lite</b>	Sin Bifurcador "Splitterless"	Desde 1,544 Mbps a 6 Mbps de llegada dependiendo del servicio suscrito.	5,5 km en un cable calibre 24	El estándar ADSL; sacrifica velocidad, para no tener que instalar un bifurcador en el punto de usuario doméstico o de negocio.
<b>HDSL</b>	Alta velocidad de datos de línea de abonado digital.	1,544 Mbps dúplex en dos cables trenzados, 2,048 Mbps dúplex en tres pares de cables trenzados.	3,7 km en un cable calibre 24	Servicio T1/E1 entre un usuario y la compañía con servicios de Redes de Área Ampla o local.
<b>SDSL</b>	DSL simétrico	1,544 Mbps dúplex (USA y Canadá). 2,048 Mbps (Europa) de llegada y de salida.	3,7 km en un cable calibre 24	Igual a HDSL pero se requiere de un solo par trenzado.
<b>ADSL</b>	Línea de Abonado Digital Asimétrico	1,544 a 6,1 Mbps de llegada; 16 a 640 kbps de salida.	1,544 Mbps a 5,5 km; 2,048 Mbps a 4,9 km; 6,312 Mbps a 3,7 km; 8,448 Mbps a 2,7 km.	Utilizado para Internet, acceso al WEB, video, acceso remoto a redes LAN.
<b>VDSL</b>	Línea de abonado digital de alta velocidad.	12,9 a 52,8 Mbps downstream; 1,5 a 2,3 Mbps de salida, 1,6 A 2,3 Mbps de llegada.	1,4 km a 12,96 Mbps; 0,91 km a 25,82 Mbps; 0,3 km a 51,84 Mbps.	Red ATM, Fibra Óptica en pequeña escala.

**Tabla 1.2.** Resumen de tecnologías xDSL

#### 1.4.2.2. RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS, RDSI

La red digital de servicios integrados tiene como objetivo principal la integración de voz, texto, datos y video (multimedia). La idea fundamental de RDSI es ser un conducto digital de bits con una conectividad extremo a extremo. El conducto de bits RDSI maneja múltiples canales intercalados mediante la multiplexación por división de tiempo. Se han estandarizado varios tipos de canales:

TIPO DE CANAL	CARACTERÍSTICA
A	Canal analógico telefónico de 4 kHz
B	Canal digital PCM de 64 kbps
C	Canal digital de 8 o 16 kbps
D	Canal digital de 16 o 64 kbps
E	Canal digital de 64 kbps
H	Canal digital H0: 384 kbps H11: 1536 kbps H12: 1920 kbps

Para no tener combinaciones arbitrarias, se estandarizaron tres combinaciones que son:

- a) Interfaz de velocidad básica (BRI, Basic Rate Interface), 2B + D: Tres canales digitales multiplexados por división de tiempo full duplex, dos canales B y un canal D a 16 kbps. El canal D se usa para voz codificada digitalmente y para intercambiar información de control de la red. Un canal B se usa para voz codificada digitalmente y el otro para aplicaciones como la transmisión de datos, voz digitalizada, videotex. Los sistemas BRI, llevan además de los canales B y D, tramas de sincronización y otros bits de encabezados, en total lleva 192 kbps.
- b) Interfaz de velocidad primaria (PRI, Primary Rate Interface): en este interfaz existen dos estándares, que son:
  - En Canadá, EEUU y Japón se tiene 23 canales B y un canal D a 64 kbps, a este arreglo se lo conoce como T1 y posee una velocidad de 1,544 Mbps.
  - En Europa, se tiene 30 canales B y un canal D a 64 kbps, este arreglo se denomina E1 y posee una velocidad de 2,048 Mbps
- c) Interfaz de velocidad híbrida caracterizado por dos canales A y un canal C.

En Ecuador existe este servicio pero no es muy difundido principalmente por sus costos.

### 1.4.3. SISTEMAS DE MICROONDAS

Cuando se trata de transmitir información en donde las distancias o los lugares determinan que no se pueda o no convenga usar un medio físico, es preciso usar la transmisión radioeléctrica. En este sentido, se utiliza una portadora de radiofrecuencia (RF) la cual será modulada para transportar la información.

El sistema más usado con este propósito es el que corresponde a la microonda, en donde se pueden encontrar desde simples enlaces punto a punto, hasta complicados sistemas satelitales de transmisión de datos usando modulación.

#### 1.4.3.1. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

Muchos desarrollos en las comunicaciones han contribuido al crecimiento de aplicaciones en sistemas de microonda. Algunos de los más importantes requerimientos son: el incremento cada vez mayor del tráfico telefónico que puede ser manejado económicamente por métodos completamente digitales, la demanda de nuevos servicios como facsímil, televisión digitalizada y transmisión de datos a alta velocidad. La velocidad de transmisión binaria que se ha alcanzado con estos sistemas es del orden de 1 Mbps para sistemas de baja capacidad, y de unos 300 a 400 Mbps para sistemas de alta capacidad. El esquema básico de un sistema radioeléctrico para transmisión de datos se muestra en la figura 1.9.

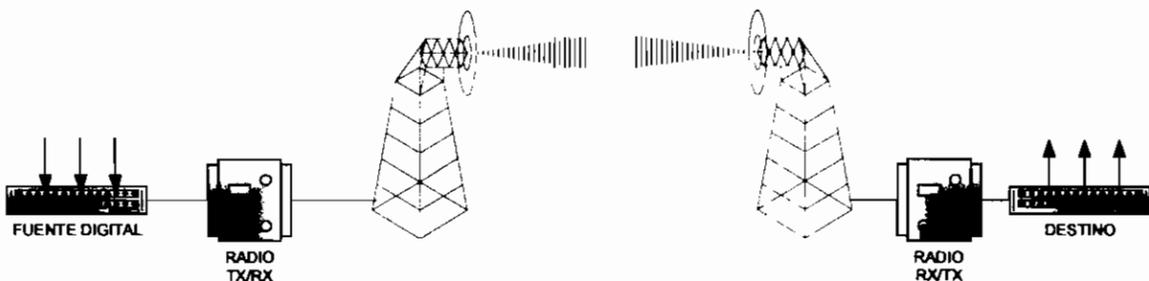


Figura 1.9. Sistema Básico de Microonda Digital

Los servicios de microondas se transmiten desde ejes centrales usando antenas direccionales o antenas de sector “omnidireccionales” o de haz de ancho con abertura angular de haz de 45°, 90° ó 180° (existen otras configuraciones, por ejemplo hexagonal haz de 60°). El transmisor del eje se une con las posiciones de abonado equipadas con antenas direccionales, montadas en los tejados. Una cuidadosa planificación de RF es un requisito para asegurar que se establezca un enlace con disponibilidad aceptable entre el transmisor del eje y cada posición del abonado.

La fuente digital puede incluir cualquier canal de voz digitalizada (PCM), uno o más conversores analógico/digitales para transmisión de señales de televisión de alta calidad, uno o más computadores y otros canales de datos.

La unidad de transmisión de microonda (radio Tx) acepta la información desde la fuente digital en forma de uno o más trenes de bits, con una velocidad binaria de transmisión especificada, y los convierte en una portadora de radiofrecuencia modulada digitalmente por los datos. El receptor de radio (radio Rx.) demodula la señal de radiofrecuencia y provee la información digital al destino.

#### **1.4.3.2. COMPONENTES DEL SISTEMA**

El sistema de radio de microondas central o de abonado consiste en dos módulos principales, figura 1.10:

##### OUTDOOR

Este módulo consiste de una unidad de radio, un módulo de antena y asociadamente el hardware de instalación. La parte OUTDOOR es completamente independiente de la capacidad de tráfico y abastece varias bandas de frecuencia. La antena y la unidad de radio pueden estar integradas en un solo módulo o también instalados separadamente.

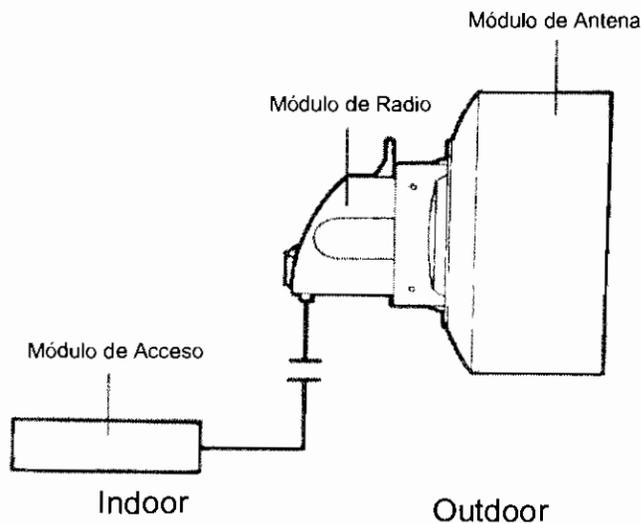
La unidad de radio contiene la electrónica de microonda, en una caja presurizada y también ofrece aislamiento a la radiación electromagnética.

Las antenas poseen diámetros variables que van desde 0.3m a 1.8m los tamaños dependen de las frecuencias de trabajo (mayor o menor diámetro) así como de las ganancias que se requieran obtener de las antenas (a mayor diámetro, mayor ganancia).

### INDOOR

También conocido como módulo de acceso, es completamente independiente de las bandas de frecuencia y son provistas con diferentes versiones para varias capacidades de tráfico y configuraciones de los sistemas. El módulo de acceso consiste de uno o más unidades de Modem y opcionalmente de unidades Switch/Mux y unidades de acceso al servicio, estas pueden ubicarse en racks estándar EIA de 19" generalmente.

La interconexión entre los módulos OUTDOOR e INDOOR es mediante un simple cable coaxial, llevando tráfico full-duplex, además utilizan fuentes DC de voltaje. En la figura 1.10 se observa los elementos del sistema de microondas.



**Figura 1.10.** Componentes de un sistema de microonda

Los equipos de microondas se caracterizan por el tipo de modulación digital, generalmente, 4 PSK, para equipos de media y baja capacidad, 16 QAM y 64 QAM para equipos de alta capacidad. Además utilizan pseudoaleatorización y técnicas FEC (Corrección de errores hacia delante).

### 1.4.3.3. DIMENSIONAMIENTO Y EXPLOTACIÓN

Por encima de los 100 MHz las ondas viajan en línea recta y poseen un haz bastante directivo, lo cual permite obtener relaciones señal a ruido (S/N) mayores a los de sistemas por debajo de esta banda.

Las microondas al inicio fueron utilizadas para comunicaciones telefónicas, sin embargo con el paso del tiempo las aplicaciones se han diversificado. El hecho de ser ondas directivas implica que viajan en línea de vista, por lo tanto el alcance se limita, por esto existe la necesidad de utilizar repetidoras en el caso de abarcar longitudes extensas.

Las microondas no atraviesan edificios como lo hacen las ondas en VLF, LF y MF. Para el cálculo de *Radio Enlace Digital* se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Cálculo de la altura de las antenas
- Cálculo de la indisponibilidad por falla de equipos
- Cálculo de la indisponibilidad por lluvia
- Suma y comparación con el objetivo de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).
- Mejora mediante conmutación (switch) o incremento del margen de desvanecimiento
- Cálculo del margen de desvanecimiento
- Cálculo de la calidad de desvanecimiento
- Mejora por uso de diversidad de frecuencia y espacio
- Consideración de las interferencias, etc.

Durante el trayecto se producen pérdidas de potencia debido a la atenuación por espacio libre  $A_0$ , cuyo valor se lo estima mediante una expresión o modelo matemático.

En cuanto a la explotación de los servicios de microondas, primeramente se realiza inversiones en cuanto a estaciones (Tx, Rx, antenas), torres, energía, etc. Además de estos, en el país se paga mensualidades por el uso del espectro radioeléctrico y las frecuencias a utilizar deben pasar por una serie de estudios y certificaciones por parte de los entes reguladores.

#### 1.4.3.4. APLICACIONES

Como se dijo al inicio, los sistemas de microondas se los puede encontrar en simples enlaces punto a punto, hasta complicados enlaces punto – multipunto, PMP. Las aplicaciones clásicas de los sistemas de microondas son:

- Redes telefónicas celulares
- Redes Telefónicas públicas y privadas.
- Televisión de ámbito nacional, etc.

La gran demanda de comunicaciones de voz y datos está proporcionando importantes oportunidades a los sistemas de microondas, por esto han aparecido nuevas aplicaciones, entre las cuales tenemos:

- Redes Frame Relay y servicios de Interface ISDN
- Servicios de acceso a Internet
- Video Conferencia y video Vigilancia
- Acceso remoto a Recursos de Datos Centralizados
- Interconexión LAN / WAN (redes de área local/extendida)
- Aplicaciones de baja velocidad (por ejemplo, 2.4, 4.8, 9.6 Kbps, etc.)
- Aplicaciones de alta velocidad (por ejemplo 128, 192, 256, 320, 384, etc Kbps)
- Radio en el bucle de abonado

### 1.4.4. SISTEMAS SATELITALES

Durante más de 30 años las comunicaciones por satélite se han venido prestando mediante el empleo de grandes satélites en la denominada órbita de los satélites geoestacionarios, GEO (Geostationary Earth Orbit), que requieren terminales (antenas) grandes. Si bien se han presentado cambios dramáticos a lo largo de los años, tanto en las características de los satélites empleados, representados en mayores potencias y terminales más pequeñas, existen desventajas inherentes a la GEO, que no permiten el empleo de terminales más reducidos (tamaño personal).

Las redes de telecomunicaciones satelitales tienen dos componentes principales que son: el *segmento espacial* que consiste en el satélite y en las facilidades en tierra que efectúan funciones de telemetría, telemando, seguimiento y el apoyo logístico para los satélites; y el *segmento terreno*, formado por las estaciones terrenas, que transmiten a los satélites y reciben de estos las señales de tráfico de toda clase y que constituyen la interfaz con las redes terrestres, figura 1.11.

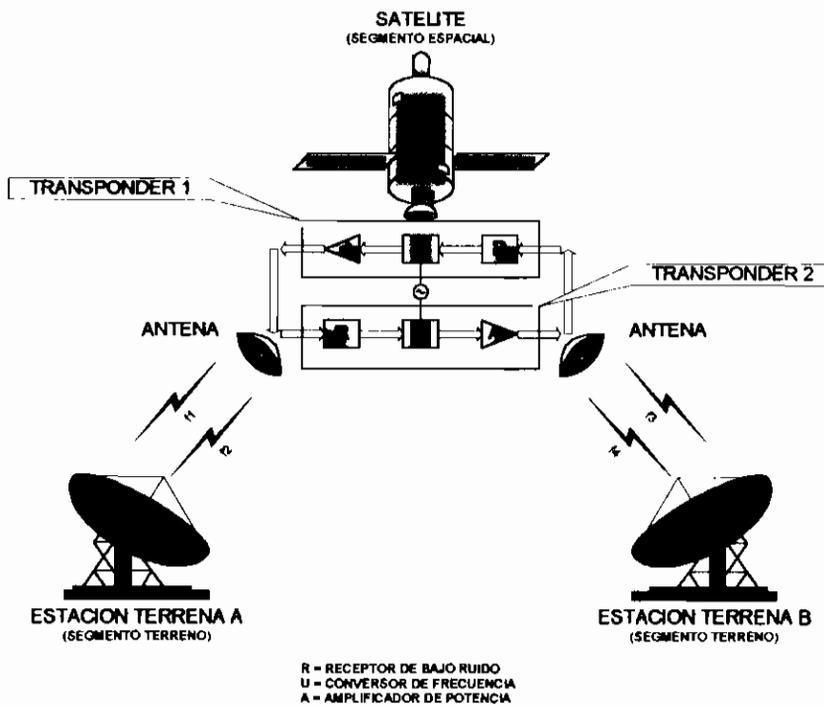


Figura 1.11. Elementos básicos de un sistema de comunicación satelital

Los transponders operan en una de las dos bandas posibles, conocidas como, Banda C (6/4 GHz) y Banda Ku (14/11-12 GHz). La banda C es una tecnología más antigua y requiere antenas grandes; en cambio la banda Ku es una tecnología más moderna y permite el uso de antenas de diámetro pequeñas, típicamente 1.2 metros. Estos sistemas satelitales en un simple salto tienen un retardo de 250 ms.

#### **1.4.4.1. REDES VSAT**

La tecnología de redes satelitales, representada por satélites poderosos y complejos y el perfeccionamiento, han conducido a la tecnología conocida como "Very Small Aperture Terminal VSAT" (terminal de muy pequeña apertura). Estos sistemas, que utilizan antenas de muy pequeña apertura, constituyen una magnífica aplicación para sistemas comerciales, financieros, industriales y empresariales y representan oportunidades especiales para trabajos a nivel multinacional, dado que una sola estación central puede controlar cientos y hasta miles de pequeñas estaciones; con la gran ventaja que el beneficio de la economía de escala se traslada al usuario final.

La proliferación de redes VSAT ha sido posible gracias a la combinación de los avances en las comunicaciones por satélite (satélites más poderosos y sistemas de antena más pequeño con equipo integrado) con la tecnología de microprocesadores (económicos y avanzados), lo cual ha resultado en soluciones, definidas por "software", que proveen servicio de transmisión de datos en línea de una forma económica y confiable. Es decir, VSAT, significan un importante paso de adaptación entre la oferta de servicios de las operadoras de telecomunicaciones vía satélite y las necesidades específicas de las empresas.

##### **1.4.4.1.1. ELEMENTOS Y DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LAS REDES VSAT**

Las redes de comunicación VSAT, se sustentan sobre un segmento espacial y otro terreno y pueden presentar dos configuraciones; todo esto se

detalla a continuación en una breve descripción sintética de los fundamentos/tecnologías que han permitido la creación y desarrollo de las redes VSAT.

### SEGMENTO ESPACIAL

El segmento espacial es el formado por el satélite geostacionario, cuya misión consiste en amplificar y cambiar las frecuencias de recepción, aportando unos recursos electromagnéticos de ancho de banda y potencia, los cuales están limitados obviamente por razones técnicas y legales.

### SEGMENTO TERRENO

El segmento terreno está constituido por una estación central o *HUB* localizada en las facilidades del computador principal (HOST) y las estaciones remotas VSAT ubicadas en las instalaciones del usuario. El *HUB* es la estación encargada de centralizar, conmutar y adaptar las comunicaciones y gestionar los recursos del satélite mediante la asignación fija o bajo demanda de los canales de comunicación, generación de la señalización de red, supervisión y control de toda la red, configuración remota de las estaciones, contabilización de estadísticas y generación de informes correspondientes a los accesos efectuados, tráfico cursado, alarmas habidas, parámetros de mantenimiento, etc. El *HUB* suele ser más complejo que las VSAT, por las funciones "extras" que realiza y más "grande" que las VSAT.

### CONFIGURACIÓN DE LAS REDES VSAT

Inicialmente las redes VSATs se diseñaron para transmisión de datos, mediante una configuración en "estrella". La conectividad solo se realizaba entre el *HUB* y la terminal VSAT. Si se requería conexión de VSAT a VSAT, esta se lograba mediante un doble enlace (retardo de 500 ms), utilizando el *HUB* para

retransmitir la información a la terminal VSAT de destino. En esta topología estrella, las aplicaciones de voz resultaron costosas y limitadas.

Actualmente se tienen redes VSAT configuradas en “malla”, diseñadas principalmente para voz y aplicaciones rurales y son denominadas generalmente VSATs Telefónicas. La principal diferencia entre la configuración en estrella o en malla, depende de si las comunicaciones se cursan siempre a través del *HUB* o se puedan dirigir directamente entre las propias estaciones VSAT (sin necesidad del doble salto) respectivamente.

Las estaciones VSAT, están constituidas fundamentalmente por una antena (con tamaño del orden de 1.2 m), una etapa de RF, encargada de convertir y amplificar las frecuencias (con amplificadores del orden de 1W y frecuencias en Gigaherzios), una etapa de Fi (frecuencia intermedia) encargada de conectar la etapa de RF con el Modem, una etapa de Modem responsable de “colocar” la información en la portadora entrante y “extraer” la información, para lo que precisa de ciertas funciones auxiliares como el FEC para la identificación y corrección de los bits de error. El modem suele estar caracterizado por el tipo de modulación digital (QPSK, BPSK,...), umbral mínimo de detección de bit sobre ruido ( $E_b/N_o$ ), tiempo de “enganche”, sincronización con la portadora, etc. Por último la etapa de banda base realiza los procesos de digitalización y codificación de las señales originales correspondientes a los datos, voz o imágenes, que son soportados por las aplicaciones finales de usuario.

#### **1.4.4.1.2. APLICACIONES DE LAS REDES VSAT**

Las redes VSAT son muy eficientes para aquellas aplicaciones donde la ubicación de los accesos sea remota, no se disponga de infraestructuras terrenas o éstas sean deficientes, o bien se esté requiriendo servicios con coberturas, calidades y disponibilidades muy elevadas. Así una primera aplicación es la del tipo SCADA, pensada para la adquisición de datos remotos en lugares inatendidos. Dentro de este segmento de mercado las aplicaciones

medioambientales para recogida de datos relativos a la calidad de las aguas, calidad del aire, están siendo objeto de una implementación a nivel mundial, usando los satélites.

A continuación se enumeran una serie de aplicaciones ya “clásicas” de las redes VSAT, como son: la distribución de señales de audio para emisoras de radio; la impresión remota de periódicos; la distribución de noticias por parte de agencias a sus clientes; supervisión y control de infraestructura de oleoductos; operaciones de transacciones bancarias y financieras, principalmente verificación de tarjetas de crédito; reserva de billetes para agencias; acceso y consulta desde redes de punto de venta; etc.

#### 1.4.4.1.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES VSAT

##### VENTAJAS

- **Alta disponibilidad:** La red VSAT ofrece un rendimiento de alta calidad, con un mínimo de 99.7% de disponibilidad, a una tasa de error (BER) de  $10^{-7}$ , lo cual supera el promedio típico de las comunicaciones terrestres.
- **Accesibilidad a lugares remotos:** El sistema VSAT es especialmente apropiado para lugares remotos o de difícil acceso por su gran portabilidad y por no requerir de una infraestructura previa.
- **Facilidad y rapidez en la instalación:** Las estaciones VSAT, no solo son de rápida instalación, sino que también son desmontables y reinstalables en un breve lapso (24 horas o menos).
- **Flexibilidad en la configuración de redes:** La anchura de banda requerida por cada cliente puede ser asignada en forma dinámica según sus necesidades.
- **Notables mejoras en los tiempos de respuesta:** Existe una importante disminución en los tiempos de respuesta concedidos para la transmisión de datos en los sistemas de consulta.

- **Importantes economías de escala:** El crecimiento de la red para nuevos puntos de aplicaciones requerirá de costos incrementales pequeños.
- **Facilidad de la administración de la red:** La red VSAT cuenta con grandes herramientas de administración que provee avanzadas acciones de reconfiguración y detección de fallas para asegurar una eficiente operación de la red del cliente.
- **Variedad de aplicaciones para una amplia gama de protocolos:** El sistema VSAT provee comunicaciones de datos en los protocolos originales del cliente. De este modo se evitan costos y modificaciones al sistema del cliente.
- **Uso de satélites respaldados:** Los sistemas VSAT hacen uso de un segundo satélite geoestacionario en caso de falla del primero.
- **Concesión de servicio público con cobertura nacional e internacional:** Autoriza legalmente a la operadora del sistema VSAT para comercializar en forma pública o privada el servicio.
- **Costos de utilización independiente de la ubicación:** Dado que el VSAT es un sistema satelital los costos son independientes de la distancia entre los puntos de comunicación.
- **Garantía y servicio técnico:** Además de la garantía de los equipos, el operador VSAT tiene una garantía de funcionalidad permanente.

### DESVENTAJAS

- **Grandes retardos en el tránsito de la red:** El retardo de 250 milisegundos en la trayectoria tierra – satélite – tierra puede ser problemático para la transmisión de voz. Con doble salto de VSAT a VSAT vía el *HUB* el retardo es aproximadamente de 0.5 segundos
- **Posibles tasas de error altas cuando se trata de datos de alta velocidad:** Aunque las frecuencias en las bandas C o Ku se han elegido por su superior rendimiento en transmisiones atmosféricas, un ambiente adverso como puede ser una lluvia muy fuerte puede ocasionar el desvanecimiento de la señal, distorsión o una pérdida total del enlace. También puede ocurrir interferencia

por señales de microonda terrestre, estos problemas son más evidentes cuando se trata de datos de alta velocidad.

- **Modo de operación de difusión (broadcast):** El uso de un satélite geoestacionario como repetidor hace posible que cualquier usuario no autorizado pueda recibir una portadora y demodular la información. Para tener seguridad en la transmisión de datos y para mantener la integridad de la red se pueden encriptar cada canal de comunicación, sin embargo, esto reduce el valor neto de la información (throughput)
- **Aspecto económico:** Las inversiones iniciales son elevadas y en algunos países no son claramente competitivas frente a otras redes terrestres. Este impacto económico puede ser atenuado recurriendo a configuraciones de redes de *HUB* alquilado.

#### 1.4.4.2. NUEVOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN SATELITAL

Los satélites se han usado tradicionalmente sobre todo para ofrecer servicios fijos de radiodifusión y telecomunicaciones. Los sistemas de Satélites se están diversificando rápidamente en función de los servicios que proporcionan y de la tecnología que usan con la introducción de satélites de órbita baja (LEO) y de órbita media (MEO) como complemento de los existentes sistemas geoestacionarios (GEO).

Esta clasificación básica de los sistemas satelitales es hecha principalmente basándose en el tipo de órbita que utiliza, así como se indica en la tabla 1.3.

Los servicios que serán ofrecidos a los usuarios con los nuevos sistemas satelitales son de banda estrecha y de banda ancha tales como: Busca personas (paging), voz, fax, transmisión de datos, acceso a internet de alta velocidad, videoconferencia, video bajo demanda (VoD), etc., además de facilidades actuales como número personal único para acceso a nivel mundial, localización

(GPS, sistemas de posicionamiento global), reconocimiento y facturación para usuarios móviles y protección de datos.

	LEO	MEO	GEO
Satélites	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se requieren pocos: 3 o 4</li> <li>▪ Seguimiento simple: están fijos</li> <li>▪ Costosos: US 120 millones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se requieren muchos: 10 a 15</li> <li>▪ Seguimiento Complejo: se mueven</li> <li>▪ Baratos: 60 millones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se requieren muchos: 40 a 60</li> <li>▪ Seguimiento Complejo: se mueven</li> <li>▪ Baratos: 20 millones</li> </ul>
Orbitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Muy alejadas: 36000 Km.</li> <li>▪ Retardos de propagación: eco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cerca: 10000 / 15000 Km.</li> <li>▪ No hay retardos perceptibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cerca: 700 a 1500 Km.</li> <li>▪ No hay retardos perceptibles</li> </ul>
Terminales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grandes: 1.2m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pequeños: personal, tipo celular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pequeños: personal, tipo celular</li> </ul>

**Tabla 1.3.** Características de la clasificación de sistemas satelitales

Una de las principales aplicaciones de los sistemas LEOs y MEOs, son las denominadas PCN – Sat (Redes de Comunicación Personal por Satélite) que constituyen la infraestructura para los PCS – Sat (Servicios de Comunicación Personal por Satélite).

La posibilidad real de implementar ahora un servicio personal móvil por satélite, PCS – Sat de carácter global, mediante el empleo de satélites en órbita baja, LEOS y media MEOS, con terminales portátiles del tipo celular, para servicios de voz y datos, a cualquier hora y con cualquier lugar del mundo constituye una innovación y el inicio de una nueva era en el ámbito de las telecomunicaciones por satélite en particular, y en el de las telecomunicaciones en general, proporcionando una nueva y única combinación de terminales portátiles de bolsillo, bajos costos de suscriptor, y cobertura geográfica universal.

### ASPECTOS TÉCNICOS

Los sistemas de satélites geoestacionarios involucran satélites muy costosos y requieren altas potencias, así como altos costos de terminales de suscriptor y estaciones relativamente grandes en comparación con los terminales portátiles de los nuevos sistemas. En contraste con la alta potencia, complejidad y

altos costos de lanzamiento de los satélites geoestacionarios, se puede usar una constelación de satélites pequeños en órbita baja, las cuales ofrecen el potencial para superar estas deficiencias. Al mismo tiempo proveen la capacidad de comunicaciones bidireccionales de datos y de determinación de posición, a bajo costo, junto con el potencial de cobertura a nivel mundial.

Por la nueva concepción tecnológica de las constelaciones de satélites, que se mueven con respecto a la tierra a relativa baja altura, se tiene la ventaja de requerir receptores más pequeños y retardos menores a 250 ms. Sin embargo dicho movimiento relativo conlleva problemas de seguimiento, y su baja órbita implica “escasa cobertura”, por lo que se requiere de un sistema de seguimiento y control complejo y con muchos satélites.

### ARQUITECTURA

Un sistema LEO consiste de varios satélites, todos desplazándose a la misma velocidad, a la misma altura y equidistantes entre sí. Los haces de las antenas de los satélites, proyectados sobre la superficie de la Tierra, forman células similares a la cobertura ideal de los sistemas celulares de radio, pero con coberturas mucho mayores. Puesto que la velocidad del satélite es mayor que la velocidad de la Tierra, la celda se mueve a través de un área geográfica y es reemplazada por la del satélite que le sigue. Para un usuario situado en un punto fijo, el relevo de un satélite a otro se puede lograr de manera similar al procedimiento aplicado en la radio celular.

Tal como se muestra en la figura 1.12, estos sistemas están constituidos básicamente por 5 elementos:

- La constelación de satélites
- La estación de control
- Las estaciones de acceso (Gateways)
- Los terminales de usuario; y

- El segmento terrenal, constituido por la interconexión hacia las redes existentes.

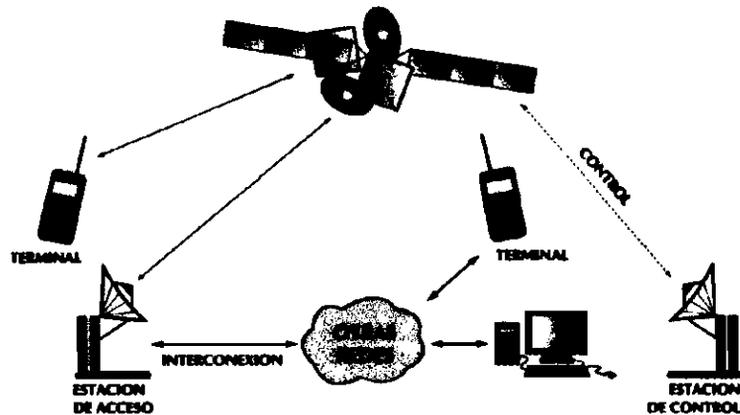


Figura 1.12. Arquitectura de los nuevos sistemas satelitales

El terminal de usuario se comunica con el satélite que está en línea de vista y este enruta la llamada hacia la estación de acceso apropiada, en donde se realizan todos los procesos de identificación del usuario, y de ahí se conectan con la red terrenal existente. En algunos sistemas se efectúa enlace entre satélites y un usuario puede comunicarse directamente con otro usuario sin necesidad de pasar por una estación de acceso.

#### 1.4.5. SISTEMAS DE FIBRA ÓPTICA

Frente al limitado espectro de frecuencias de las microondas y a la susceptibilidad al debilitamiento que presenta el medio radio, la fibra óptica, o la tecnología óptica, se convierte rápidamente en el método preferido para la transmisión digital. Las fibras ópticas superan las desventajas de las microondas.

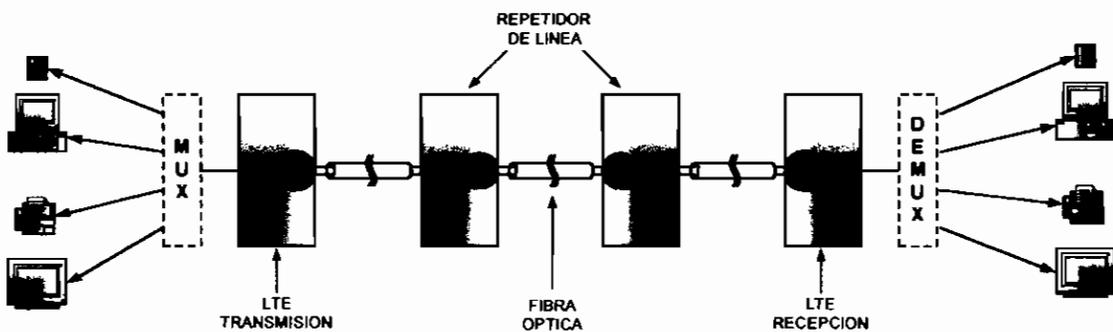
Las primeras fibras se fabricaron en la década de los 60, pero estas tenían atenuaciones sobre los 100 dB/Km., lo cual hacían poco eficientes para su utilización. El avance de la tecnología ha permitido obtener cada vez menores

atenuaciones en las fibras, llegando a tener atenuaciones del orden de menos de 0,2 dB/Km.

Paralelamente a este proceso se desarrollaron las fuentes luminosas para transmisión y detectores ópticos para la recepción, con la utilización de elementos semiconductores como dispositivos fotoemisores. La invención de los LASER ha logrado un gran avance en las técnicas de transmisión por fibra óptica.

#### 1.4.5.1. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA

La configuración fundamental de un sistema de comunicaciones por fibra óptica se muestra en la figura 1.13.



**Figura 1.13.** Configuración de un Sistema de Comunicaciones por Fibra

En general, todas las señales eléctricas enviadas de equipos de comunicaciones como por ejemplo teléfono, fax, terminal de datos, etc., son transformadas en señales ópticas por medio de un convertor eléctrico-óptico (E/O) en el cual los niveles de señales eléctricas son transformados en señales ópticas. Un "1" y un "0" se convierten en ENCENDIDO y APAGADO de luz, estas señales son transmitidas a través de la fibra óptica. Las señales que se propagan en las fibras alcanzan el convertor óptico – eléctrico (O/E) en el lado de recepción sufriendo pérdidas de potencia y dispersión de la forma de onda en el trayecto. En el convertor óptico-eléctrico se realiza el procedimiento contrario, es decir las señales ópticas son convertidas en señales eléctricas. Así, las señales

de los equipos de comunicaciones son restaurados y enviadas a cada terminal de destino.

El conversor eléctrico-óptico es realizado utilizando dispositivos emisores de luz, ya sean estos diodos láser (LD) o diodos emisores de luz (LED), y el conversor óptico-eléctrico con dispositivos receptores de luz como son los fotodiodos.

Para distancias grandes se instalan repetidores de línea en puntos intermedios a lo largo de la ruta según sean requeridos, la función del repetidor es de convertir las señales ópticas de entrada en señales eléctricas, luego estas son amplificadas y, convertidas nuevamente en señales ópticas y alimentadas nuevamente en las fibras ópticas. Actualmente se pueden amplificar la luz mediante el uso de amplificadores ópticos y se evita el inconveniente del repetidor.

#### **1.4.5.2. PLANIFICACIÓN DE UN ENLACE DE FIBRAS ÓPTICAS**

Los enlaces de fibra óptica están conformados por tendido de fibra óptica y por equipos ópticos de línea; los parámetros fundamentales de transmisión que hay que tener en cuenta en la planificación de un enlace son:

- Atenuación global del enlace
- Ancho de banda global del enlace

Adicionalmente existen otros factores que se deben tener en cuenta en la planificación, estos factores son:

- Vida útil del enlace
- Envejecimiento de los equipos
- Deriva térmica

Estos factores obligan a trabajar con un margen capaz de garantizar el mantenimiento del enlace, dentro de los márgenes planificados, absorbiendo las inevitables atenuaciones que se introducirán durante la vida útil del mismo.

Para realizar un enlace de fibra óptica se siguen los siguientes pasos:

- **Medio físico del enlace**, para realizar un enlace se debe ver la posibilidad del medio físico en el que se realizará el tendido de fibra, en la cual se deberá estudiar la viabilidad y la configuración del tendido, ya sea este terrestre, aéreo o submarino, la distancia del enlace, la ubicación exacta de los equipos, etc.
- **Planificación de los parámetros de transmisión en un tendido de fibra óptica**, desde el punto técnico la planificación de un tendido de fibra óptica se basa en la determinación de dos parámetros fundamentales: Planificación de atenuaciones del tendido, es decir de las atenuaciones del conductor, los empalmes y los conectores; adicionalmente se dará un margen de reserva de atenuación y del enlace, así como los márgenes de regeneración y recepción de los equipos. Con respecto al ancho de banda, este parámetro tiende a disminuir en forma proporcional a la longitud del tendido de fibra debido a factores como: La dispersión intermodal en las fibras multimodo, la distorsión intermodal o cromática en las fibras monomodo, razón por la cual es necesario tener en cuenta este factor al hacer un tendido de fibra óptica de acuerdo al requerimiento del enlace.
- **Caracterización del Transmisor y del Receptor**, este factor se lo realiza con los datos que suministra el proveedor de los equipos.
- **Análisis Global de la viabilidad del enlace**, este factor se los analiza en base a los datos obtenidos en los puntos anteriores.

#### 1.4.5.3. APLICACIONES DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de

comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 Km., frente a aproximadamente 1,5 Km. en los sistemas eléctricos. Los amplificadores ópticos para fibra óptica, recientemente desarrollados, pueden aumentar todavía más esta distancia.

Otra aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local. Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados como ordenadores (computadoras) o impresoras. Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios. El desarrollo de nuevos componentes electroópticos y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra.

La fibra óptica es utilizada como medio de comunicación especialmente en las aplicaciones submarinas. Fibras monomodo se utilizan para trabajar a 296 MB/seg., 1300 nm. y separación entre repetidores de 50 Km.

Un requisito de los sistemas submarinos es su fiabilidad durante los 25 años de su período de funcionamiento. Para desarrollar tal prestación, se debe desarrollar fibras extremadamente fuertes y componentes ópticas de muy alta fiabilidad.

#### **1.4.5.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

##### VENTAJAS

- Elevado ancho de banda, lo cual permite una gran capacidad de transmisión de la información, lo cual se traduce en un mayor rendimiento de los sistemas.

- Reducido valor de la atenuación sobre las señales que se propagan a través del portador. De aquí que se puedan conseguir largos tramos entre regeneradores, con la subsiguiente mejora de factores como fiabilidad y economía. En algunas aplicaciones, como cables submarinos, por ejemplo, esta facilidad es fundamental.
- Conservación de la calidad de los parámetros de la fibra frente a circunstancias temporales y ambientales.
- Ausencia de diafonía entre los sistemas que cubren una misma ruta.
- Fácil disponibilidad de la materia prima, pues la sílice y los silicatos constituyen unos de los grupos de materiales más abundantes y repartidos sobre la corteza terrestre.
- Inmunidad de las transmisiones en ambientes contaminados por radiaciones electromagnéticas y nucleares.
- Protección de la información canalizada frente a manipulaciones exteriores. Ya que es técnicamente imposible extraer de manera ilícita información de una fibra sin alterar notoriamente los parámetros de transmisión.
- Dadas las características de la fibra, de reducido tamaño y peso, y relativamente alta resistencia mecánica, los problemas de almacenamiento, transporte, y, sobre todo instalación se ven correspondientemente disminuidos. Para hacerse una idea comparativa en este sentido debemos señalar que mientras no es conveniente tender tramos de cable con ocho o diez tubos coaxiales de más de 200 ó 300 metros de longitud, con fibra óptica y capacidad equivalente puede superarse sin dificultad la distancia de uno o dos kilómetros.
- Aislamiento eléctrico entre los terminales del enlace al ser la fibra un medio no conductor de la electricidad

### DESVENTAJAS

- Tiempos de vida de los dispositivos activos, fundamentalmente los fotoemisores, que trabajan en ciertas ventanas del infrarrojo – regiones donde

la fibra presenta menor atenuación – todavía no muy largos (aproximadamente unas 10.000 horas).

- Precio elevado de los componentes de calidad como son los elementos citados en el punto anterior.
- Incipiente normativa internacional sobre algunos aspectos referentes a los parámetros de los componentes y calidad de la transmisión. Estos inconvenientes, derivan del estado de desarrollo de la técnica y su solución avanza día en día.

*CAPITULO II*

**SISTEMA ACTUAL DE COMUNICACIONES  
DEL BANCO OBSERVADO**

### 2.1.1. DISTRIBUCIÓN NACIONAL DE AGENCIAS Y SUCURSALES

La Institución Bancaria mencionada, en adelante será referida como IBA<sup>1</sup>, actualmente se encuentra dividida en tres regiones; cada región tiene una sucursal principal conocida como matriz regional. Estas matrices están ubicadas en las ciudades de: Cuenca, Guayaquil y Quito.

Las regiones se las denomina en función de sus sucursales principales esto es: Región Cuenca, Región Guayaquil y Región Quito.

La casa matriz del IBA, es la sucursal principal Cuenca, las matrices regionales Quito y Guayaquil, se encuentran conectadas directamente a Cuenca, mientras que las sucursales y agencias lo hacen a través de su respectiva matriz regional.

La conexión entre Cuenca y cada sucursal principal: Quito y Guayaquil, se realiza a través de enlaces de 128 Kbps, utilizando la red nacional digital de Teleholding mediante protocolo Frame Relay, figura 2.1.

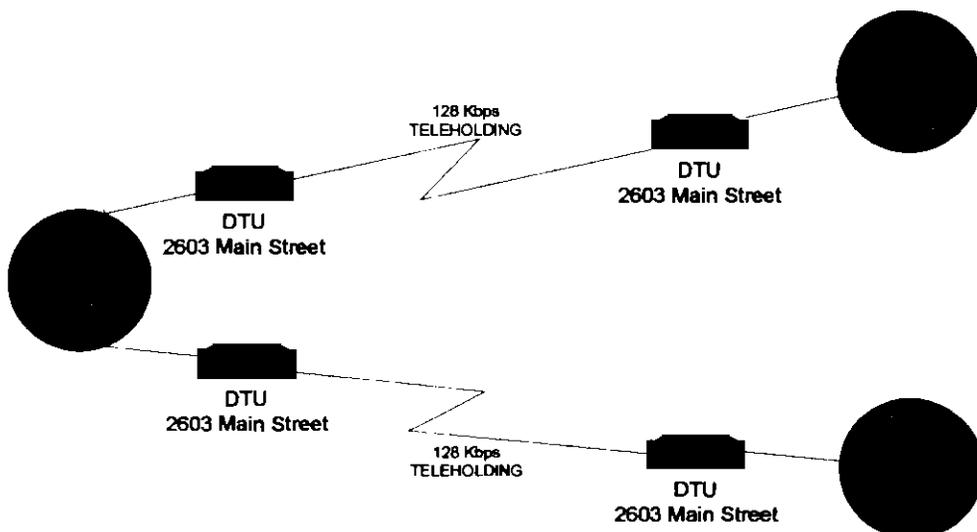
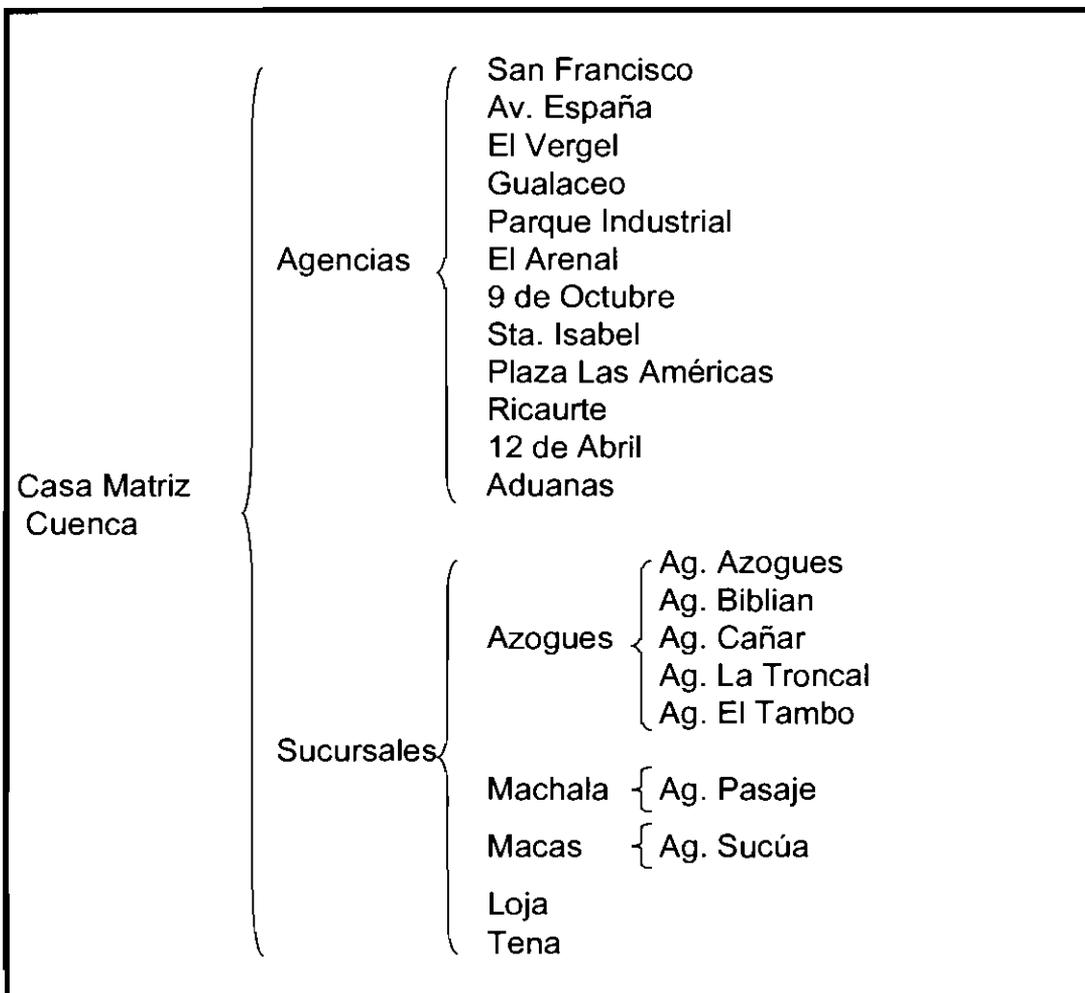


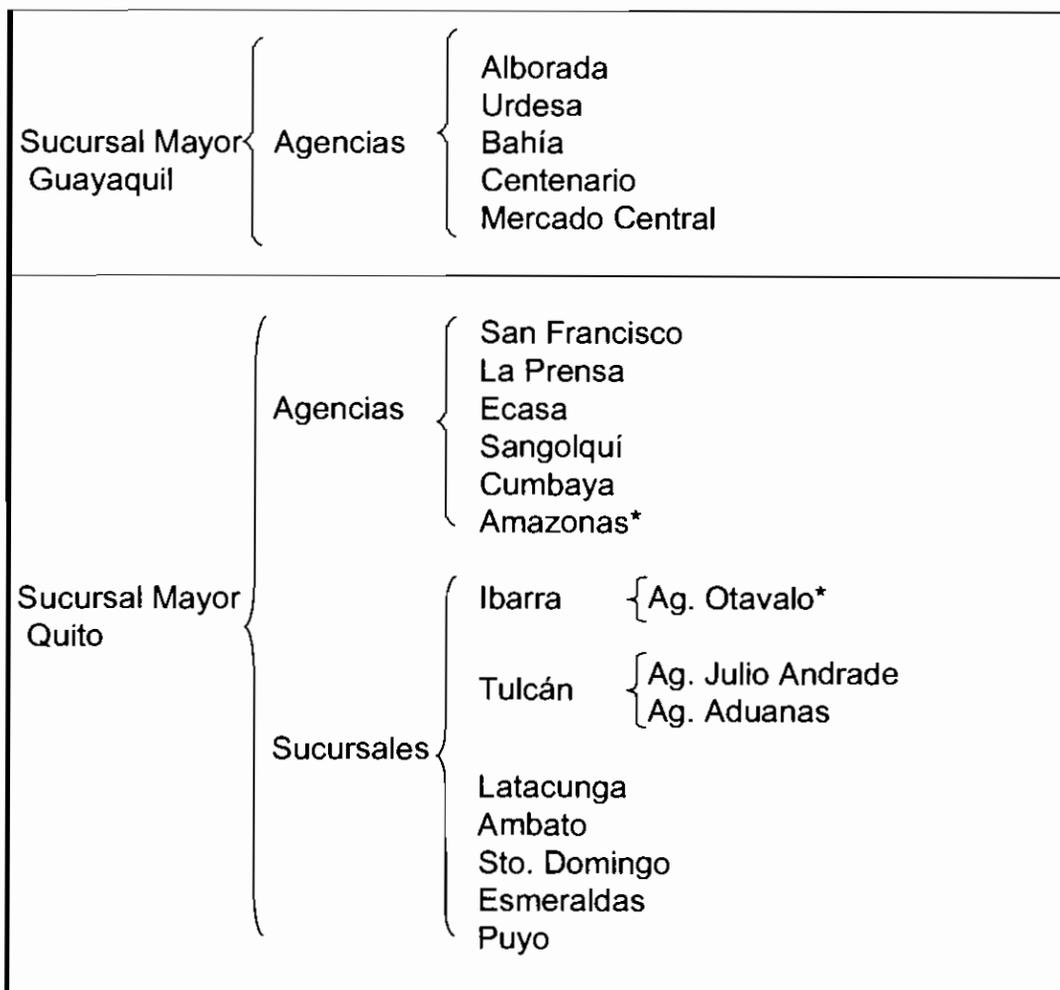
Figura 2.1. Conexión entre regionales del IBA

<sup>1</sup> IBA: Institución Banco del Austro

A las matrices regionales se encuentran enlazadas las sucursales menores y agencias que se detallan en la tabla 2.1, y forman una topología tipo estrella en cada región. La topología de la red nacional, entre las tres regiones, es un árbol.

Los enlaces entre agencias y sucursales menores con su respectiva matriz regional, en su mayoría, se los realiza mediante modems a través de líneas dedicadas (LP) proporcionadas por Andinatel, Pacifictel y Etapa, de acuerdo a su jurisdicción. Como protocolo de comunicaciones se utiliza X.25 y las velocidades se las detalla más adelante.





\*Agencia en proyecto. Datos tomados a Noviembre de 2001

**Tabla 2.1.** Distribución Nacional de Agencias y Sucursales del IBA

La sucursal Tena utiliza un enlace satelital con la matriz Cuenca y es el único enlace en su clase, además se tiene un enlace de respaldo (backup), mediante modem con LP con la sucursal Quito.

La regional Quito, conocida también como Regional Norte, objeto de este estudio, está constituida por la matriz regional Quito con todas sus agencias y sucursales.

La red de comunicaciones actual del IBA se muestra en la figura 2.2, en la cual consta solamente el modelo de agencia y sucursal, para simplificar la red.

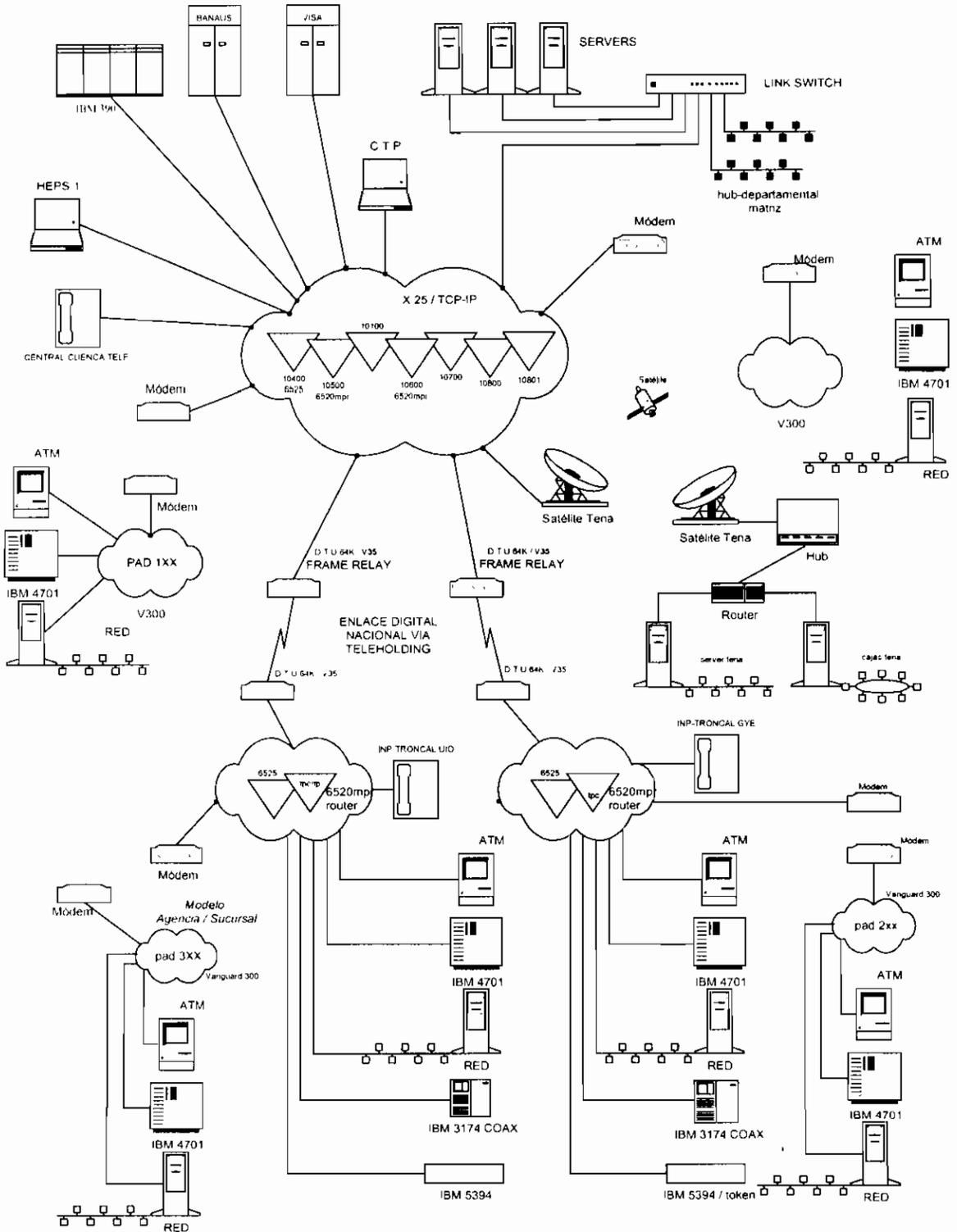


Figura 2.2 Red de Comunicaciones del IBA

### **2.1.3. DEFICIENCIAS TÉCNICAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DEL BANCO MODELO**

Actualmente el objetivo de las entidades bancarias es implementar un *Sistema Integrado* funcionando bajo redes de PC, permitiendo autonomía a las oficinas y comunicaciones con tecnología de punta.

El principal soporte para formar estos sistemas integrados constituyen la unión de los equipos de comunicaciones a través de los medios de transmisión; es decir debe existir una correlación entre estos dos elementos, equipo y medio. De aquí surge en muchas instituciones un dilema “invertir en equipos de comunicaciones ó en los enlaces (medios de transmisión)” y no observan que los dos elementos son fundamentales para alcanzar un rendimiento óptimo en sus operaciones.

Estos inconvenientes se deben especialmente a que estas instituciones no están dedicadas a la parte técnica sino a la financiera y por lo tanto no dan el suficiente apoyo al área telecomunicaciones y de sistemas, a veces resulta que están mal asesorados pues no cuentan con personal calificado en el tema.

Como resultado de esto, no se puede alcanzar un rendimiento óptimo en las operaciones, pues falta que uno de los dos elementos mencionados se actualice. En el caso del banco modelo se ha puesto énfasis en los equipos de comunicación y se ha descuidado los medios de transmisión. Este problema por el que atraviesan muchas instituciones, entre estas las bancarias, conlleva a que se formen los llamados “cuellos de botella” producto de la limitada capacidad de los medios de transmisión, impidiendo crecer con nuevos servicios o implementándolos a costo de la calidad y velocidad de respuesta. Este problema constituye la principal limitante para el IBA puesto que tiene previsto incrementar los servicios pero sobre el mismo ancho de banda.

Actualmente los servicios que brinda el IBA son :

- Cuentas de ahorro y corriente
- Cajeros automáticos
- Tarjetas de débito
- Compubanco
- Banca telefónica
- Tarjeta de crédito

Como nuevos servicios se tienen previsto:

- Banca virtual (a través de Internet)
- Débito directo en Supermaxi
- Más agencias a nivel nacional

Para resolver este problema, por lo tanto, se debe determinar el medio de transmisión o de telecomunicaciones más idóneo, así como los protocolos y equipos mínimos necesarios para poder transmitir toda la información cursada entre la ciudad de Quito y las sucursales que conforman el IBA Regional Norte, e incluso dimensionarlo de manera que no presente problemas de velocidad por algún tiempo.

Para esto, en primer lugar se debe definir si la transmisión se realiza de manera analógica, como actualmente se lo viene haciendo, o de manera digital la cual presenta mejores características debido al tipo de procesamiento de las computadoras. Los datos digitales llevarían la información proveniente de los sistemas de computación, voz/fax y vídeo, estas dos últimas aplicaciones previamente digitalizadas.

Actualmente en las sucursales, los datos son propagados por señales analógicas con el uso de un modem a través de una línea dedicada. Estas líneas tienen un limitado ancho de banda y por lo tanto no es posible conseguir que las velocidades de transmisión sean altas. Como la información a transmitir es delicada al igual que el tiempo de transmisión, se debe asegurar la calidad del

medio de comunicaciones y al tratarse de transmitir datos sobre líneas telefónicas se tiene una tasa de error de bit (BER) del orden de  $1 \times 10^{-1}$  y sobre línea dedicada del orden de  $1 \times 10^{-4}$  que son valores demasiados altos.

Además de esto, en la transmisión analógica existe atenuación luego de una cierta distancia lo que llevaría al uso de amplificadores los cuales no solo amplifican la señal sino también los componentes de ruido que se producen, degradando la calidad del medio de comunicación.

La transmisión digital, en cambio, garantiza mayor seguridad y confiabilidad pues en este tipo de comunicaciones se tienen tasas de bits errados o BER mejores que  $1 \times 10^{-7}$ , es decir 1 error cada diez millones de bits. Además para este caso, en largas distancias se usan regeneradores que hacen que la señal digital en primer lugar se corrija si existiera algún error y en segundo lugar regeneran la señal, de manera que garantiza la calidad del sistema de comunicación.

Otra razón por la que se utiliza el tratamiento digital de las señales es la tendencia de la industria de las telecomunicaciones a construir enlaces de gran ancho de banda como satélites y fibra óptica, todo esto enmarcado dentro de la globalización de las telecomunicaciones.

#### **2.1.4. TECNOLOGÍA Y PLANES EXISTENTES**

El País está viviendo profundas transformaciones que a su vez repercuten en el sistema financiero colocándolo ante nuevos desafíos en la búsqueda de eficiencia operativa, disminución de costos, diversidad de productos, lo cual motiva al sector bancario a buscar y conquistar el concepto de calidad total.

Trabajando arduamente se ha aceptado el reto para el mantenimiento e incorporación de sistemas de aplicación, de equipamiento y de procesamiento de información para continuar haciendo eficiente el crecimiento de la Institución

Bancaria modelo, creando y desarrollando sistemas propios por su personal técnico, sin embargo falta complementarlos con equipos y medios de transmisión modernos.

Durante estos últimos años se ha trabajado con tres sistemas centrales:

- Un mainframe IBM 390 en el que se mantiene los productos de: cuentas corrientes y cuentas de ahorros, cajeros automáticos, banca telefónica, roles de pago y mesa de dinero.
- Un equipo AS400 modelo F45 que maneja el campo de las tarjetas de crédito con Visa, Electrón y tarjeta Plus; y,
- Un equipo AS400 modelo B45 que dirige Cartera, Inversiones, Tesorería, Contabilidad y Recaudaciones.

Se está ingresando a sistemas integrados bajo redes de PC permitiendo autonomía a las empresas y comunicaciones con tecnología de punta.

A la fecha presente el IBA se encuentra diseñando una solución para las comunicaciones por vía satélite, vía microondas u otras tecnologías; el objetivo es formar una banca integrada con redes de PC orientadas a la banca automática, integrando los servicios de comunicaciones existentes, posibilitando nuevas aplicaciones.

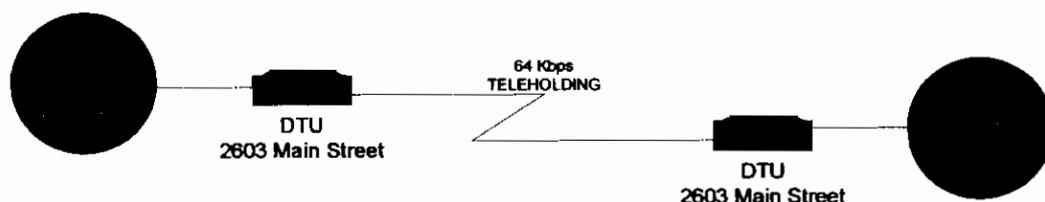
Este proyecto consta de varias etapas; la primera de ellas constituye la realización de los estudios y diseños para el mejoramiento de la red de telecomunicaciones en la zona norte (Regional Norte), mismo que será el punto de partida para las restantes etapas que abarcan las otras regiones del IBA.

El primer paso dado dentro de la primera etapa ha sido enlazar las agencias a la Regional Norte digitalmente. El paso subsiguiente constituye la

mejora de los enlaces en las sucursales con el fin de poder migrar a tecnologías de comunicaciones más modernas y confiables.

## 2.2. RED REGIONAL NORTE (QUITO)

La regional norte del IBA, IBA-RN<sup>2</sup>, utiliza un enlace digital punto a punto entre la sucursal Quito y la matriz Cuenca. Este enlace digital es de 64 Kbps y utiliza protocolo Frame Relay, la transmisión es mediante DTUs arrendados a Teleholding, como se muestra en la figura 2.3.



**Figura 2.3** Enlace Cuenca - Quito

La IBA-RN está constituida por cinco agencias ubicadas en la ciudad de Quito, siete sucursales localizadas en: Ambato, Ibarra, Esmeraldas, Latacunga, Santo Domingo, Tulcán, Puyo (ciudades del norte del país) y la matriz regional, tal como se describió en la tabla 2.1.

Las agencias se encuentran enlazadas a la matriz regional Quito, en una configuración punto - multipunto, utilizando el anillo de fibra óptica de Transteledatos con protocolo Frame Relay, mediante DTUs (Data Terminal Unit) arrendados a la empresa mencionada, con excepción de la agencia Sangolquí.

Las siete sucursales y la agencia Sangolquí se enlazan a la matriz regional, en una configuración punto a punto, mediante líneas dedicadas proporcionadas por Andinatel usando protocolo X.25.

<sup>2</sup> IBA-RN Institución Banco del Austro, Regional Norte.



implementación de mayores aplicaciones de las se ofrecen actualmente, pero no se aprovechan por el limitado ancho de banda de las LP's.

### 2.2.1.1. IDENTIFICACIÓN DE AGENCIAS Y SUCURSALES EN LA RED DEL IBA-RN

La red general del IBA utiliza una identificación propia para cada agencia y sucursal existente a nivel nacional, para la IBA-RN se tiene la identificación numérica que se indica en la tabla 2.2.

Agencia/Sucursal	Identificación Numérica
Quito	10300
Router Quito	10330
Router Quito 2	103301
Sangolquí	10301
La Prensa	10302
San Francisco	10303
Tulcán	10304
Ecasa	10305
Latacunga	10306
Ambato	10307
Cumbayá	10308
Ibarra	10310
Sto. Domingo	10312
Puyo	10313
Esmeraldas	10315

**Tabla 2.2.** Identificación numérica de Agencias y Sucursales IBA-RN.

Esta identificación distingue al equipo principal de comunicaciones, router, ubicado en la agencia o sucursal. La identificación ayuda en forma efectiva para la realización de tareas de supervisión y control.

### 2.2.1.2. CONFIGURACIÓN DE AGENCIAS

Antes de empezar a detallar la configuración en cada agencia, es importante describir los enlaces entre todas las agencias con la matriz regional

Quito. La figura 2.5 presenta el diagrama general de la red de comunicaciones de las agencias con la matriz regional Quito. En la misma se hace notar los puertos de los equipos de comunicación utilizados para este efecto.

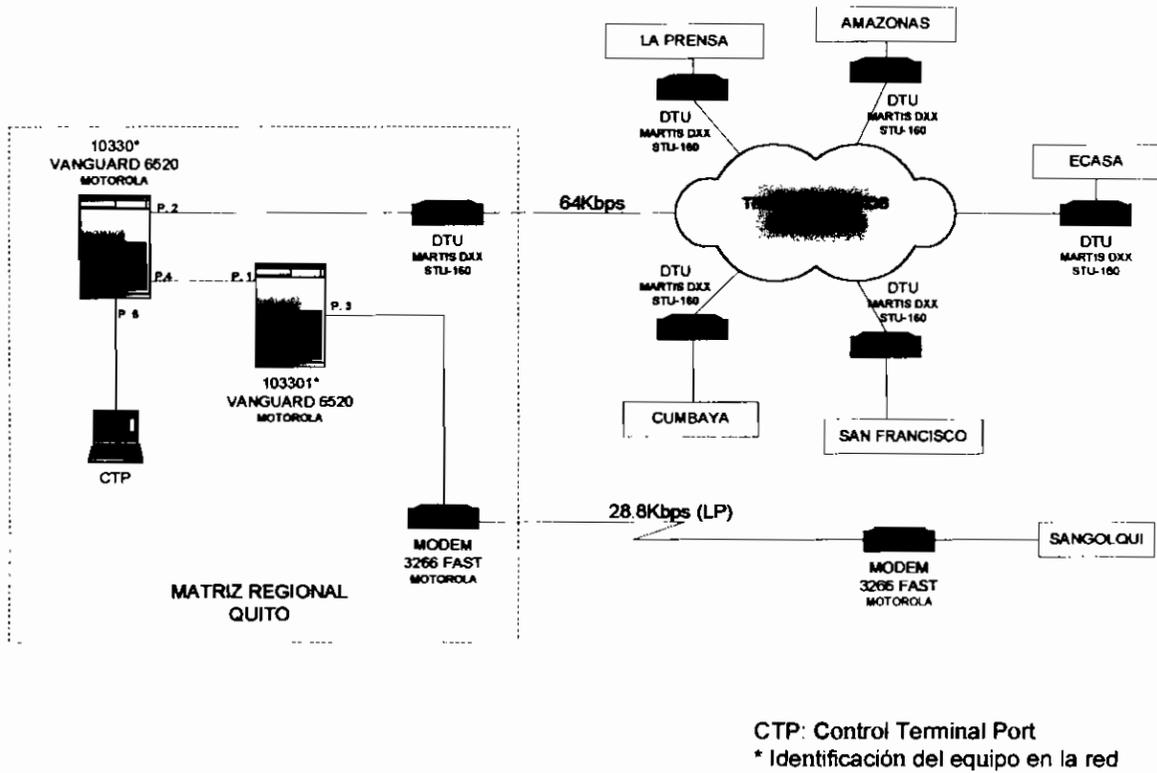


Figura 2.5. Configuración Agencias - Matriz Regional Norte.

Las agencias del IBA-RN tienen dos tipos de configuración dependiendo de si la agencia posee o no cajero automático.

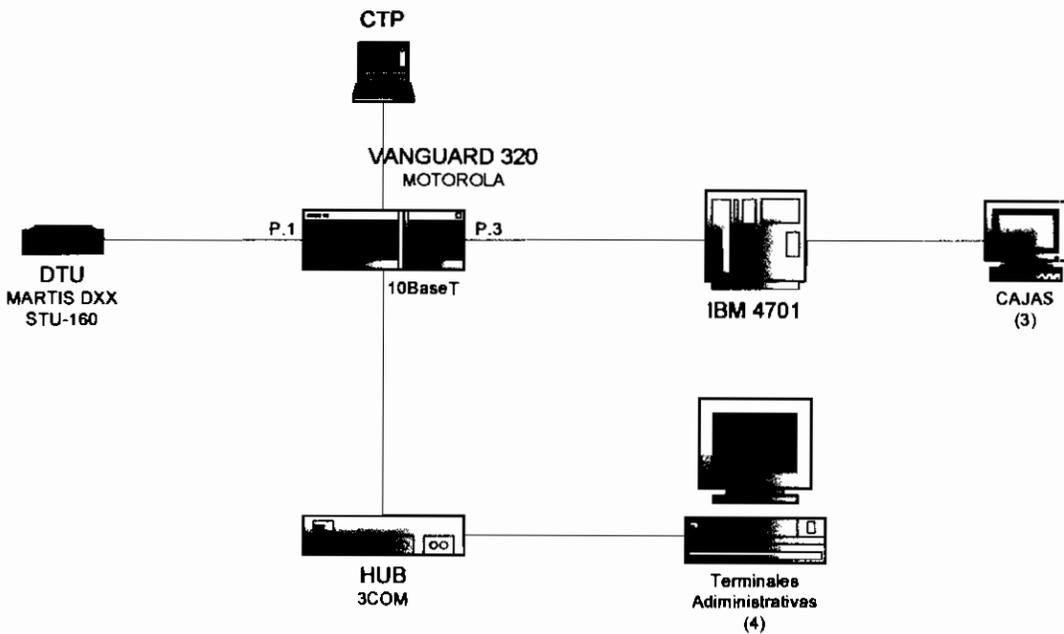
### MODELO DE AGENCIA SIN CAJERO AUTOMÁTICO

Las agencias sin cajero automático, tienen un DTU (Data Terminal Unit) Martis DXX STU-160 propiedad de Transteledatos, y como equipo propiedad del IBA un Vanguard Motorola 320, un HUB 3COM de 8 puertos y un IBM 4701.

El Vanguard se lo utiliza como ensamblador (paquetizador) y concentrador de datos (multiplexor) y posee 4 puertos (con opción a más puertos). El puerto 1 del Vanguard se encuentra conectado directamente con el DTU, el puerto 3 se

encuentra conectado al IBM 4701 el cual es un controlador de cajas (terminales), en el puerto 10 base T del Vanguard se encuentra conectado el HUB y el último puerto del Vanguard pertenece al CTP (Control Terminal Port) que en la mayoría de estas agencias no lo tienen conectado puesto que el control se lo realiza en la matriz regional.

Todas las agencias poseen cuatro terminales administrativas y tres cajas. El esquema de este modelo de agencia se lo representa en la figura 2.6.



**Figura 2.6** Modelo Agencia sin cajero automático

**MODELO DE AGENCIA CON CAJERO AUTOMÁTICO**

La agencias con cajero automático, también poseen un DTU Martis DXX STU-160, adicionalmente el equipo propiedad del IBA consiste de: un Vanguard Motorola 320, un HUB 3COM de 8 puertos, un IBM 4701, un IBM 5394 y un Codex Motorola 2185.

El Vanguard se lo usa como paquetizador y al igual que el Codex se lo usa también como concentrador de datos. El puerto 1 del Vanguard se encuentra

conectado directamente con el DTU, el puerto 3 se encuentra conectado al puerto 1 del Codex 2185, en el puerto 10 base T del Vanguard se encuentra conectado el HUB y el último puerto del Vanguard es el puerto CTP.

El Codex 2185 tiene la función de proporcionar tres puertos extras, el puerto 2 de este equipo, se encuentra conectado al controlador de cajas IBM 4701, en el puerto 3 del mismo se tiene el cajero automático y en el puerto 4 el IBM 5394 el cual es un controlador remoto de terminales administrativas tipo AS/400. El esquema de este modelo de agencia se lo representa en la figura 2.7.

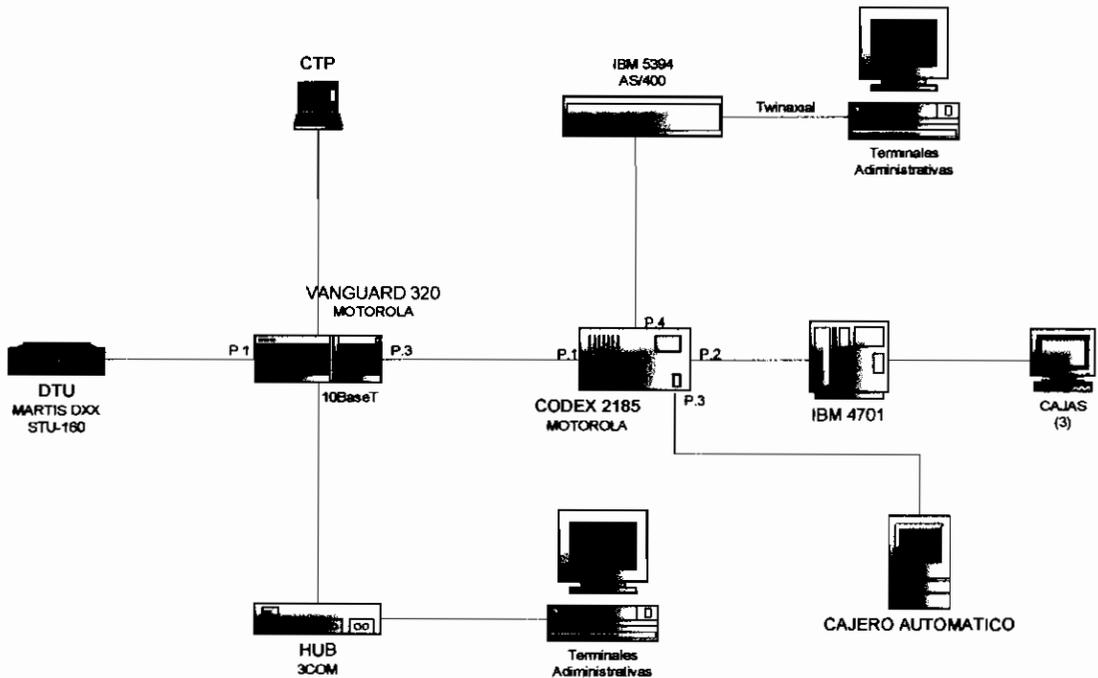


Figura 2.7 Modelo Agencia con cajero automático

### 2.2.1.3. CONFIGURACIÓN DE SUCURSALES

El diagrama general de la red de comunicaciones de las sucursales con la matriz regional se muestra en la figura 2.8, aquí también se detallan los puertos de los equipos de comunicaciones utilizados en las conexiones.

Las siete sucursales a nivel regional no presentan una configuración única, es por ésto que se las describirá una a una.

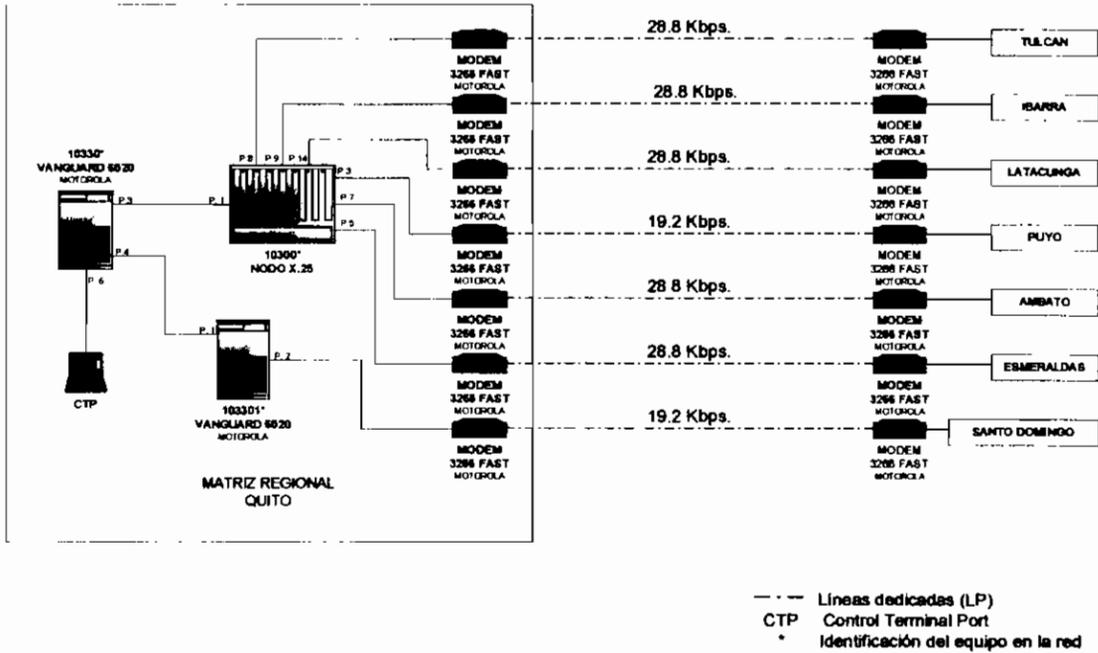


Figura 2.8 Configuración Sucursales - Matriz Regional Norte

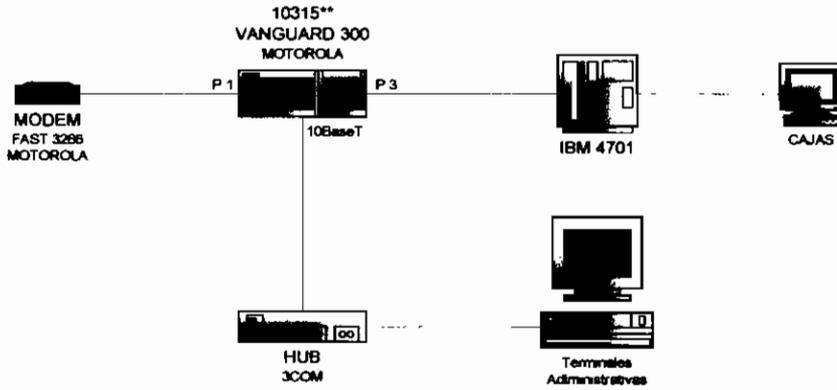
### SUCURSAL ESMERALDAS (10315)

En esta sucursal se cuenta con los siguientes equipos de comunicaciones: Vanguard Motorola 300 y un Modem Motorola Fast 3266. Al igual que en las agencias se dispone de un controlador de cajas IBM 4701 y HUB 3COM de 8 puertos.

El puerto 1 del Vanguard se encuentra conectado al modem, el puerto 3 al controlador de cajas y el puerto 10 BaseT al HUB. Su configuración se muestra en la figura 2.9.

### SUCURSAL PUYO (10313)

Esta sucursal es manejada de igual forma que la sucursal de Esmeraldas, por lo tanto su configuración es la misma que el de la figura 2.9.

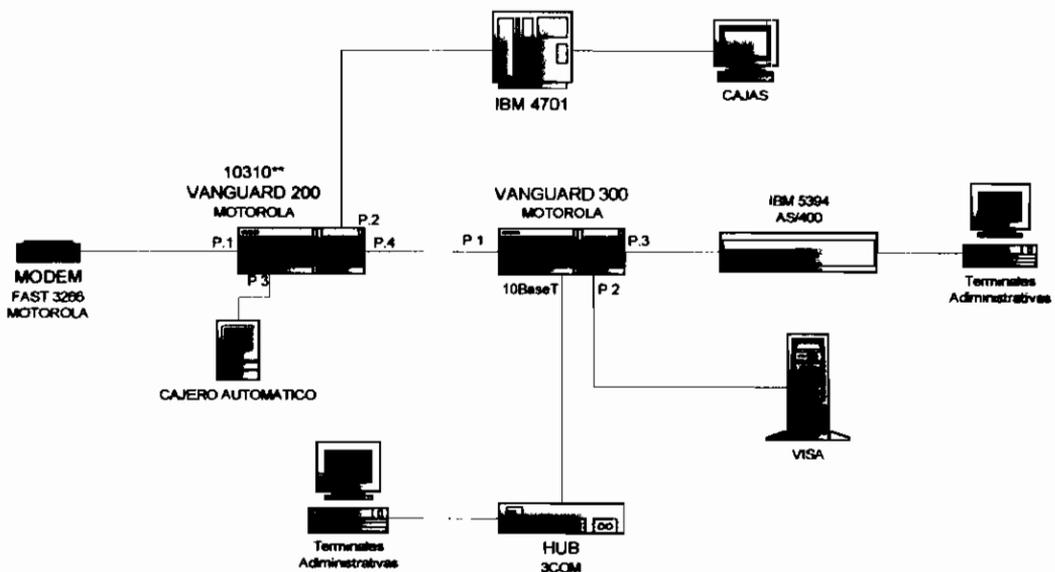


\*\* Identificación del equipo en la red  
(para el caso de Puyo es 10313)

Figura 2.9 Configuración de las Sucursales Esmeraldas y Puyo.

### SUCURSAL IBARRA (10310)

Esta sucursal posee los siguientes equipos: Vanguard Motorola 300, Vanguard Motorola 200, Modem Motorola Fast 3266, HUB 3COM de 8 puertos, Controladores IBM 4701 e IBM 5394. Además en esta sucursal se tiene un cajero automático; su configuración se muestra en la figura 2.10, en la cual se encuentra claramente identificado los puertos de conexión entre los equipos.



\*\* Identificación del equipo en la red  
(para el caso de Latacunga es 10306)

Figura 2.10 Configuración de las Sucursales Ibarra y Latacunga.

SUCURSAL LATACUNGA (10306)

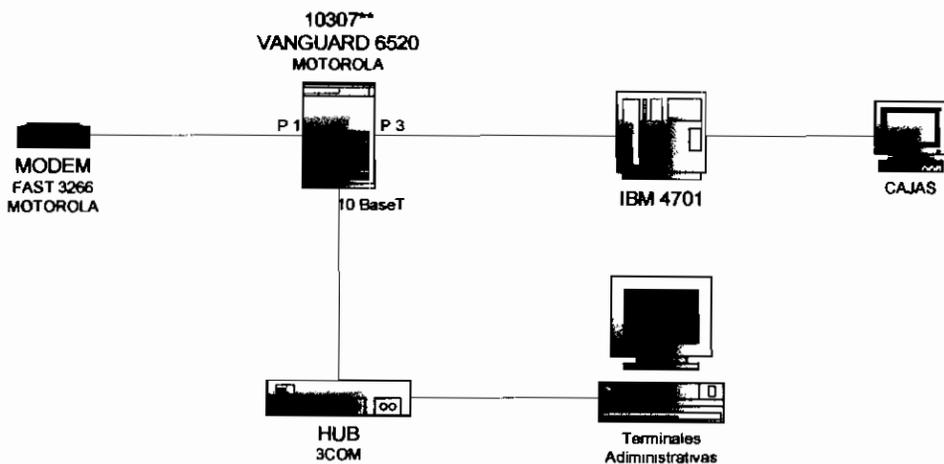
La configuración de esta sucursal es similar a la sucursal de Ibarra, por lo tanto su representación es la misma que la mostrada en la figura 2.10, la única variante es la identificación del equipo principal de comunicaciones.

SUCURSAL AMBATO (10307)

En esta sucursal se tiene los siguientes equipos: Vanguard Motorola 6520, Modem Motorola Fast 3266, HUB 3COM de 8 puertos y Controlador IBM 4701. Su configuración se muestra en la figura 2.11, en la cual se encuentra claramente identificado los puertos de conexión entre los equipos.

SUCURSAL STO. DOMINGO (10312)

Esta sucursal es manejada de igual forma que la sucursal de Ambato, su configuración es la misma que el que se muestra en la figura 2.11, pero la identificación del equipo de comunicaciones es diferente.



\*\* Identificación del equipo en la red  
(para el caso de Sto Domingo es 10312)

**Figura 2.11** Configuración de las Sucursales Ambato y Sto. Domingo

SUCURSAL TULCAN (10304)

En esta sucursal tenemos las agencias "Julio Andrade" y "Aduanas" las cuales tienen la configuración descrita anteriormente para las agencias sin cajero automático.

Para la sucursal se cuenta con los siguientes equipos: Vanguard Motorola 320, tres Modems Motorola Fast 3266, Codex Motorola 6500, HUB 3COM de 8 puertos, controladores IBM 4701 e IBM 5394. Al igual que en las sucursales Ibarra y Latacunga, se tiene un cajero automático, su configuración se muestra en la figura 2.12, en la cual se encuentra identificado los puertos de conexión entre los equipos.

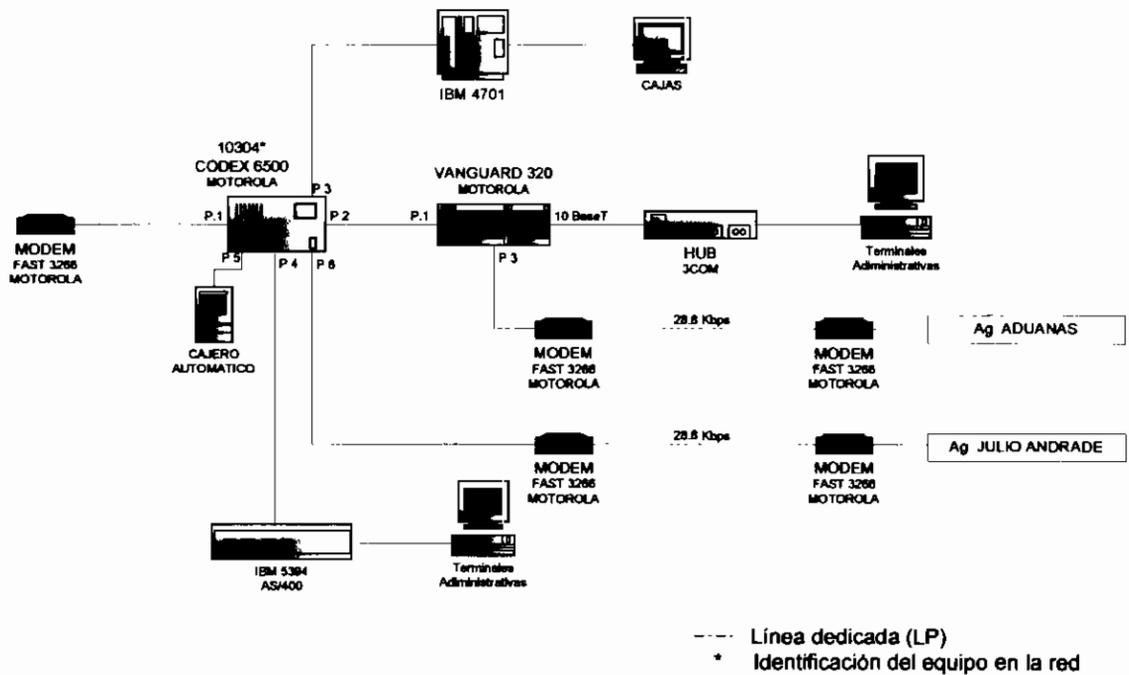
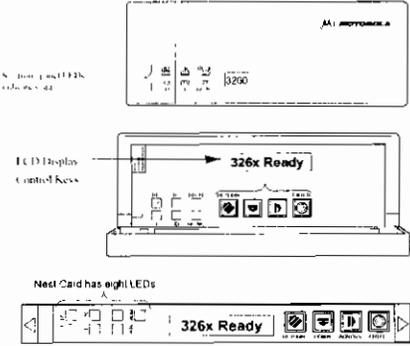


Figura 2.12 Configuración de la Sucursal Tulcán

2.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES

En este punto se analizará las características de los equipos con que cuenta el IBA-RN para el enlace de las diferentes sucursales para, de acuerdo a

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
<p style="text-align: center;"><b>Vanguard 300</b></p> 	<p><b>FUNCIONES:</b> Dispositivo de acceso a redes Frame Relay (FRAD), también brinda acceso a redes públicas o privadas X.25.</p> <p><b>OTRAS APLICACIONES:</b> Con tarjetas opcionales se puede ofrecer transporte de datos, voz y vídeo a través de una red</p> <p><b>USO:</b> PAD X.25</p>
<p style="text-align: center;"><b>Vanguard 200</b></p> 	<p><b>FUNCIONES:</b> Dispositivo de acceso a redes Frame Relay (FRAD), también brinda acceso a redes públicas o privadas X.25.</p> <p><b>OTRAS APLICACIONES:</b> Soporta múltiples protocolos.</p> <p><b>USO:</b> PAD X.25</p>
<p style="text-align: center;"><b>Modem 3266 modelo Plataforma y tarjeta</b></p> 	<p>Utilizado para proveer comunicación de datos sobre líneas dedicadas, también lo puede hacer sobre líneas conmutadas.</p> <p>Pueden ser configurados remotamente, y monitoreados de igual manera. Están presentes en dos versiones plataforma y tarjeta a ser montados en racks.</p> <p>Son compatibles con otros tipos de modems.</p>

**Tabla 2.3.** Características principales de los equipos de comunicaciones del IBA

### 2.3. FACTORES TÉCNICOS QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO DE LA RED IBA-RN

Los factores técnicos que inciden en el rendimiento de la red se los divide en dos partes: la primera corresponde a los factores de las agencias y la segunda a los factores de las sucursales.

Las agencias que pertenecen a la IBA-RN manejan un protocolo de comunicaciones muy confiable, Frame Relay, el cual puede operar bajo la premisa de enlaces de alta calidad. La premisa se cumple en vista de que los enlaces utilizados en las agencias son proporcionados por Transteledatos, mediante su anillo de Fibra Óptica.

Gracias a estos enlaces, la comunicación entre las agencias y la matriz regional es puramente digital y se la realiza mediante DTUs. De esta manera se dispone de una confiabilidad muy alta por lo cual las agencias no causan problemas en las comunicaciones del banco.

Para el caso de las sucursales, las comunicaciones se las maneja de manera diferente, el protocolo utilizado es X.25, operan con enlaces sobre líneas dedicadas de ANDINATEL, y a velocidades de transmisión limitadas al ancho de banda telefónico, los equipos utilizados para la transmisión son modems. Estos enlaces en los últimos años han venido experimentando problemas, debido principalmente al incremento de las operaciones y servicios ofrecidos, lo cual crea la necesidad de sustituir estos enlaces por otros que proporcionen mayor confiabilidad y velocidad.

Las sucursales que presentan mayores problemas en la transmisión de datos son las de Sto. Domingo, Esmeraldas y Puyo las cuales por pertenecer a zonas tropicales se ven afectadas por la humedad, el alto nivel de pluviosidad y tormentas eléctricas existentes en estas zonas. Estos fenómenos climáticos perturban las líneas telefónicas, empozando los ductos por donde se transportan las líneas o induciendo voltajes en las mismas, lo cual ocasiona problemas en las comunicaciones.

Las sucursales de Ambato, Latacunga, Ibarra y Tulcán trabajan de manera aceptable, sin embargo se encuentran limitadas a futuras aplicaciones y necesidades del banco, por ejemplo la creación de nuevas agencias para estas

sucursales, por lo que se requieren enlaces de mayor capacidad, y más ancho de banda.

### 2.3.1. ENLACES ARRENDADOS ANALÓGICOS

Es importante realizar un análisis acerca de la calidad de los enlaces analógicos existentes entre las sucursales y la Matriz Regional Quito con el propósito de conocer las condiciones en las que se encuentran dichos enlaces. La calidad de los enlaces es otro factor técnico que incide en el rendimiento de las comunicaciones.

Con la ayuda de los equipos de comunicaciones (modems) se puede conseguir parámetros de calidad del enlace los que pueden ser obtenidos mediante el modem local y a través de éste se obtienen los parámetros del modem remoto. Todos los modems utilizados en las sucursales son Motorola 3266 FAST, los cuales utilizan una modulación V.34.

Los parámetros de calidad más importantes son los niveles de potencia en transmisión y recepción, relación señal a ruido (SNR) y calidad de la señal (SQ). Los datos recopilados se muestran en la tabla 2.4.

SUCURSAL	V(Tx/Rx) Kbps	MODEM LOCAL				MODEM REMOTO			
		P(Tx) dBm	P(Rx) dBm	SNR dB	SQ	P(Tx) dBm	P(Rx) dBm	SNR dB	SQ
Ambato	28.8	-7	-15	39	9	-11	-20	40	9
Esmeraldas	28.8	-7	-18	39	9	-5	-19	40	9
Ibarra	28.8	-7	-15	40	9	-7	-16	40	9
Latacunga	28.8	-7	-16	37	8	-8	-14	40	9
Puyo	19.2	-7	-14	37	9	-9	-12	36	9
Sto. Domingo	19.2	-7	-20	37	9	-9	-15	40	9
Tulcán	28.8	-9	-18	40	9	-7	-21	40	9

**Tabla 2.4.** Parámetros de calidad de los enlaces en las sucursales

La potencia de transmisión y recepción (Tx/Rx), corresponde a los parámetros "Tx level" y "Rx level" del modem y son unidades de medida en

comunicaciones. El nivel de referencia es un milivatio con una carga de 600 ohmios (0 dBm = 1 milivatio).

La SNR se la mide en dB (decibelio), también es una unidad de potencia que establece una relación entre la potencia de la señal enviada (S) y la potencia del ruido (N) presente en el canal de transmisión. La expresión para el SNR es:

$$SNR = 10 * \log\left(\frac{S}{N}\right)$$

La calidad de la señal (SQ) es un parámetro de representación de la degradación o deterioro de la línea, calidad de un flujo de datos. El SQ tiene un rango entre 0 y 9, cuando SQ es igual a 9, significa que la calidad de la señal es de buena calidad.

Para los modem, el SQ tiene una relación directa con la tasa de bits errados (BER), esto es que para un valor de SQ determinado le corresponde un valor aproximado de BER (independiente de la velocidad de transmisión). Esta relación es la siguiente:

- ◆ SQ < 3, BER aproximadamente peor que  $10^{-2}$
- ◆ SQ = 3, BER aproximadamente  $10^{-2}$
- ◆ SQ = 4, BER aproximadamente  $10^{-4}$
- ◆ SQ > 4, BER aproximadamente mejor que  $10^{-5}$

De estos datos se concluye que los parámetros obtenidos son aceptables, sin embargo la disponibilidad de los enlaces no es óptima.

### 2.3.2. PROTOCOLO DE COMUNICACIONES

El IBA-RN ha estado utilizando la tecnología X.25 como protocolo de comunicaciones en su WAN, pero sus requerimientos y objetivos han cambiado por la necesidad de conectividad de todas sus Agencias y Sucursales. X.25 es un

protocolo que requiere de un máximo de procesamiento en los sistemas intermedios lo que limita su ancho de banda, debido a la latencia (retardo) que genera este procesamiento.

Mediante la aplicación de un mejor protocolo, el IBA-RN estará en capacidad de optimizar la utilización de enlaces, además posibilitará a los usuarios a trabajar con características de tráfico de una serie de aplicaciones a un costo mínimo mientras que simultáneamente mejore los tiempos de respuesta e incrementa el throughput.

## *CAPÍTULO III*

# **REQUERIMIENTOS Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA**

## **3.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se analizarán los requerimientos, tanto presentes como futuros que tiene el Banco de acuerdo al estado actual y a las opciones más adecuadas que se ofrecen en el mercado y se procederá a dar alternativas para el mejoramiento de la red de telecomunicaciones del IBA-RN optimizando equipos, protocolos y enlaces.

Como primer punto se hace un resumen general del estado actual de la red del IBA-RN (figura 3.1), en el cual se muestran los enlaces existentes, los equipos de comunicación y servicios que ofrece actualmente el banco modelo para luego hacer un análisis de los enlaces y del protocolo de comunicación utilizado a fin de proporcionar una solución de mejoramiento.

## **3.2. SERVICIOS Y REQUERIMIENTOS DEL IBA**

### **3.2.1. SERVICIOS**

El IBA cuenta con varios servicios, los cuales se encuentran centralizados en la matriz principal ubicada en la ciudad de Cuenca. Varios de estos servicios, como son: cajeros automáticos, créditos, cajas, se encuentran controlados por un Host AS-400 siendo su protocolo de comunicaciones SDLC, para el resto de servicios el IBA cuenta con una serie de servidores que utilizan protocolo IP, su esquema se lo representa en la figura 3.1.

Como nuevos servicios se tiene previsto:

- Banca virtual (a través de Internet).
- Débito directo en Supermaxi.
- Más agencias a nivel nacional.
- Mas cajero automáticos.

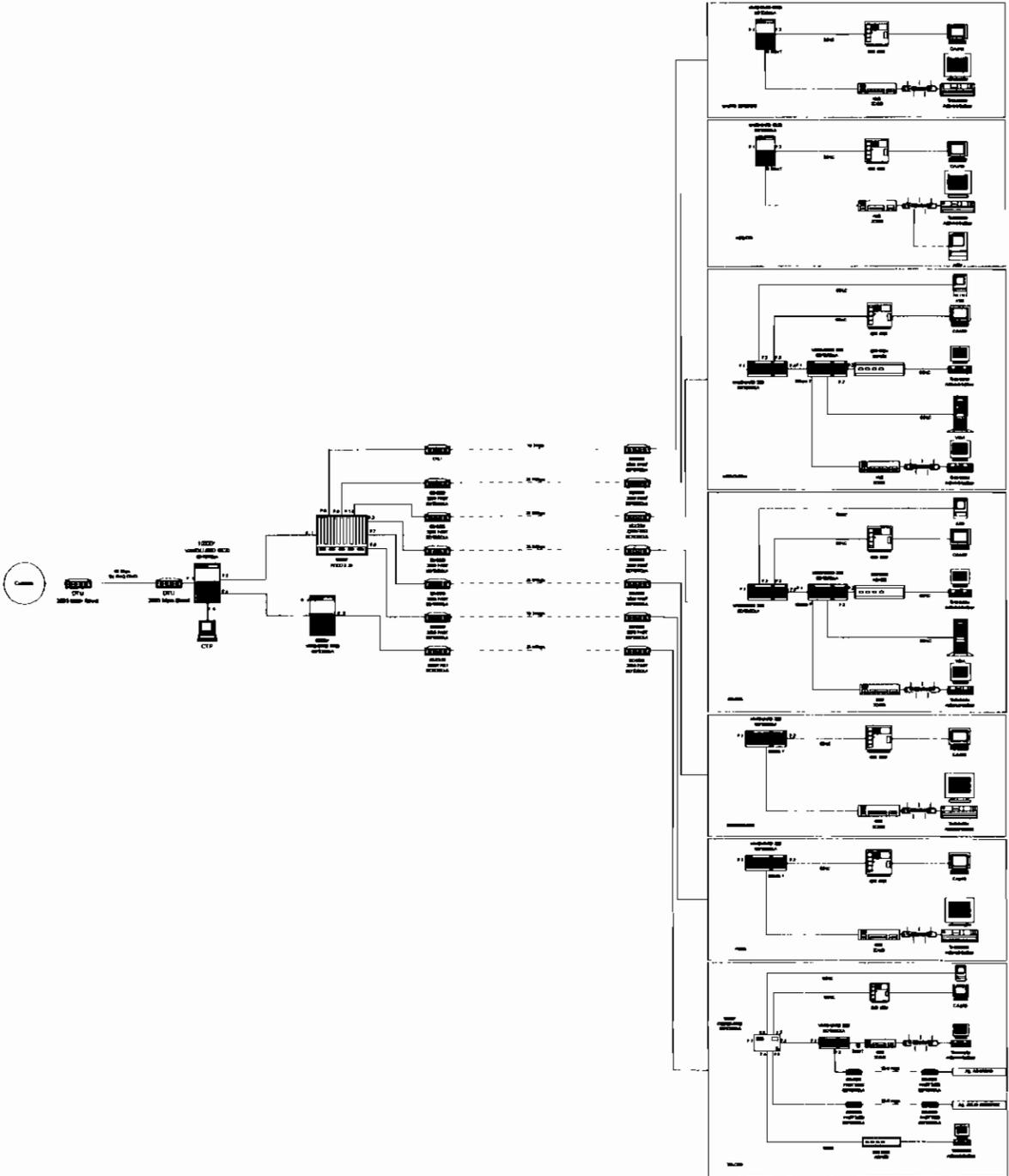


Figura 3.1. Configuración actual del IBA

### **3.2.2. REQUERIMIENTOS**

El nuevo sistema de comunicaciones debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. El IBA-RN desea migrar del protocolo de comunicaciones que actualmente posee, es decir X.25, hacia algún protocolo que le permita manejar sus terminales financieras y pantallas de consulta de manera eficiente de lo que permite actualmente sus enlaces. Esta tecnología le permitirá tener transferencia de datos confiables y acceso a información desde y hacia cualquier punto de la red.
2. Implementar enlaces de buena calidad para evitar la saturación del canal.
3. Integración de canales de voz sobre la misma red, para solventar la comunicación a nivel de gerencias y centro de computo entre Quito y/o las sucursales que actualmente tienen un volumen de transacciones alto, Tulcán, Ambato, Santo Domingo y Latacunga por lo tanto se deberá contemplar un sistema que permita implementar canales de voz.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se requiere hacer un cambio en lo que respecta a protocolo y enlaces por otros que provean un mayor ancho de banda, así como mejor confiabilidad e integración de servicios de voz .

## **3.3. TRÁFICO CURSADO EN EL IBA-RN**

### **3.3.1. TRÁFICO DE DATOS**

Para analizar el tráfico es necesario conocer la configuración de los puertos en los equipos de comunicaciones, en la cual se encuentran los parámetros mas importantes del tráfico y del protocolo. Los puertos de los cuales se va a detallar la configuración son aquellos en los que están conectados las sucursales.

En los equipos de comunicaciones, los puertos asignados a cada sucursal se encuentran señalados en los gráficos correspondientes, sin embargo en la tabla 3.1 se describe con más detalle, conjuntamente con los principales parámetros de la configuración que son: el tipo de puerto y el tamaño del paquete.

IP	PUERTO	SUCURSAL	PROTOKOLO DEL PUERTO	TAMANO PAQUETE (BYTES)
10300	P3	Puyo	X.25	512
	P5	Esmeraldas	X.25	512
	P7	Ambato	X.25	512
	P8	Tulcán	X.25	512
	P9	Ibarra	X.25	512
	P14	Latacunga	X.25	512
103301	P2	Sto. Domingo	X.25	512

**Tabla 3.1.** Identificación y características de puertos en los equipos de comunicación.

Se puede apreciar en la tabla 3.1 que actualmente el IBA-RN en todas sus sucursales soportan únicamente la plataforma X.25 y con paquetes de 512 bytes de longitud.

### 3.3.2. CALCULO DE TRÁFICO DE DATOS DE LAS SUCURSALES

Para el cálculo de tráfico cursado en las sucursales se tomará como referencia los datos obtenidos mediante la opción *status/statistics* dentro del menú principal del terminal de configuración del router (CTP), que se encuentra en la matriz regional Quito.

La opción *status/statistics* realiza un continuo monitoreo y procesamiento estadístico de todos los dispositivos conectados al equipo de comunicaciones principal (10330) ubicado en Quito. Esta opción presenta un submenú que contiene varias alternativas, entre las cuales se tiene: *Detailed Link Stat* con la cual se obtiene la información del estado (up/down) y velocidad del enlace; tipo de protocolo, fecha y hora de la última caída del enlace, CRCs (Verificación de Redundancia Cíclica), link down, porcentaje de utilización (in/out) y el número

promedio de paquetes transmitidos y recibidos; *Detailet Port Stat* la cual permite obtener información más detallada del puerto, como por ejemplo número y tipo de puerto, paquetes de entrada y salida, tramas de entrada y salida, caracteres de entrada y salida, caracteres por segundo, paquetes por segundo, tramas por segundo, fecha y hora del último reseteo de la estadística, estado de las señales en los pines del conector, cuantificación de los tipos de tramas X.25 y cuantificación de los tipos de paquetes X.25 entrantes y salientes.

Se han tomado muestras del tráfico entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2001 en períodos y horas consideradas de mayor actividad en las sucursales para tener un mejor panorama. Las fechas y horas de muestreo se indican en la tabla 3.2 en la que se puede observar que en la fecha 1 de noviembre de 2001 se realizó un monitoreo constante durante todo el día; esta fecha fue escogida debido a la proximidad del feriado de difuntos en el cual las actividades productivas y bancarias se ven incrementadas sobremanera.

FECHA	HORA		TIEMPO DE MUESTREO (horas)
	DESDE	HASTA	
26 - Sep - 2001	10:54:47	15:58:59	05:04:12
23 - Oct - 2001	10:50:58	15:55:16	05:04:18
29 - Oct - 2001	09:56:22	16:16:57	05:20:35
01 - Nov - 2001	09:57:28	11:13:56	01:16:28
	11:13:56	11:56:55	00:42:59
	11:56:55	12:55:49	00:58:54
	12:55:49	14:08:59	01:13:10
	14:08:59	15:12:41	01:03:42
	15:12:41	16:13:56	01:01:15
03 - Dic - 2001	09:57:02	13:12:22	03:15:10
	13:12:22	16:49:50	03:37:28

**Tabla 3.2.** Períodos de muestreo

Las tablas 3.3 a la 3.9, presentan el tráfico muestreado para cada una de las sucursales en las fechas y horas indicadas en la tabla anterior.

**PUYO:**

FECHA	VELOCIDAD	NO. PAQUETES	T (s)	bps	CRC's (ERRORES)
26-Sep-01	19210	43258	18252	9707.65	34
23-Oct-01	19200	35786	18258	8028.17	6
29-Oct-01	19200	58642	22835	10518.76	1528
01-Nov-01	19200	10598	4588	9461.89	42
01-Nov-01	19210	5503	2579	8740.35	24
01-Nov-01	19210	7885	3534	9138.40	31
01-Nov-01	19210	8054	4390	7514.43	33
01-Nov-01	19210	7308	3822	7832.32	33
01-Nov-01	19210	8879	3675	9895.88	31
03-Dic-01	19200	33651	11720	11760.62	470
03-Dic-01	19200	18469	13048	5797.75	889

**Tabla 3.3.** Tráfico en la sucursal Puyo

**ESMERALDAS:**

FECHA	VELOCIDAD	NO. PAQUETES	T (s)	bps	CRC's (ERRORES)
26-Sep-01	28800	50943	18252	11432.34	447
23-Oct-01	28810	43038	18258	9655.20	153
29-Oct-01	28810	51913	22835	9311.81	208
01-Nov-01	28810	10773	4588	9617.81	52
01-Nov-01	28800	6466	2579	10270.16	32
01-Nov-01	28800	7575	3534	8780.01	30
01-Nov-01	28810	9049	4390	8442.66	41
01-Nov-01	28800	9078	3822	9728.86	0
01-Nov-01	28800	9607	3675	10707.89	13
03-Dic-01	28810	25763	11720	9003.86	83
03-Dic-01	28810	24817	13048	7790.50	957

**Tabla 3.4.** Tráfico en la sucursal Esmeraldas

**AMBATO:**

FECHA	VELOCIDAD	NO. PAQUETES	T (s)	bps	CRC's (ERRORES)
26-Sep-01	28810	53542	18252	12015.47	0
23-Oct-01	28810	53114	18258	11915.61	0
29-Oct-01	28810	71921	22835	12900.78	0
01-Nov-01	28800	11115	4588	9923.47	0
01-Nov-01	28810	9379	2579	14895.90	0
01-Nov-01	28800	9917	3534	11493.88	0
01-Nov-01	28810	10949	4390	10215.46	0
01-Nov-01	28810	9145	3822	9800.44	0
01-Nov-01	28800	11282	3675	12574.62	0
03-Dic-01	28810	38079	11720	13308.16	1
03-Dic-01	28810	26908	13048	8446.90	0

**Tabla 3.5.** Tráfico en la sucursal Ambato

**TULCÁN:**

FECHA	VELOCIDAD	NO. PAQUETES	T (s)	bps	CRC's (ERRORES)
26-Sep-01	28810	70610	18252	15845.78	10
23-Oct-01	28810	73087	18258	16396.34	12
29-Oct-01	28800	108088	22835	19388.21	13
01-Nov-01	28810	22273	4588	19884.71	0
01-Nov-01	28810	11957	2579	18989.88	0
01-Nov-01	28810	12999	3534	15066.21	7
01-Nov-01	28800	16124	4390	15043.81	1
01-Nov-01	28810	15466	3822	16574.60	0
01-Nov-01	28810	13080	3675	14578.30	1
03-Dic-01	28810	56979	11720	19913.48	6
03-Dic-01	28810	40359	13048	12669.41	9

**Tabla 3.6.** Tráfico en la sucursal Tulcán

**IBARRA:**

FECHA	VELOCIDAD	NO. PAQUETES	T (s)	bps	CRC's (ERRORES)
26-Sep-01	28800	65591	18252	14719.49	1
23-Oct-01	28800	65302	18258	14649.75	0
29-Oct-01	28810	77644	22835	13927.28	4
01-Nov-01	28810	20113	4588	17956.05	0
01-Nov-01	28800	8873	2579	14091.94	0
01-Nov-01	28810	13956	3534	16174.96	0
01-Nov-01	28810	10734	4390	10015.13	0
01-Nov-01	28810	8999	3822	9644.60	0
01-Nov-01	28800	9841	3675	10968.87	0
03-Dic-01	28810	49380	11720	17257.72	0
03-Dic-01	28800	30257	13048	9498.21	0

**Tabla 3.7.** Tráfico en la sucursal Ibarra

**LATACUNGA:**

FECHA	VELOCIDAD	NO. PAQUETES	T (s)	bps	CRC's (ERRORES)
26-Sep-01	28800	68841	18252	15448.82	6
23-Oct-01	28800	65705	18258	14740.19	2
29-Oct-01	28800	93172	22835	16712.70	60
01-Nov-01	28810	17636	4588	15744.76	0
01-Nov-01	28810	7774	2579	12346.21	1
01-Nov-01	28800	9764	3534	11317.07	0
01-Nov-01	28810	15596	4390	14551.26	0
01-Nov-01	28800	10319	3822	11058.88	1
01-Nov-01	28810	12471	3675	13900.13	1
03-Dic-01	28810	59454	11720	20778.46	1
03-Dic-01	28800	35939	13048	11281.89	3

**Tabla 3.8.** Tráfico en la sucursal Latacunga

**STO. DOMINGO:**

FECHA	VELOCIDAD	NO. PAQUETES	T (s)	bps	CRD's (ERRORES)
26-Sep-01	19200	70551	18252	15832.56	573
23-Oct-01	19210	70409	18258	15795.51	533
29-Oct-01	19210	85940	22835	15415.39	654
01-Nov-01	19200	12647	4588	11290.41	96
01-Nov-01	19200	7916	2579	12571.51	61
01-Nov-01	19200	12018	3534	13928.98	85
01-Nov-01	19210	11517	4390	10745.76	115
01-Nov-01	19210	10110	3822	10834.31	115
01-Nov-01	19200	13270	3675	14789.84	97
03-Dic-01	19200	47172	11720	16486.05	1413
03-Dic-01	19200	35755	13048	11224.13	969

**Tabla 3.9.** Tráfico en la sucursal Sto. Domingo

Los bps se han calculado de la siguiente manera:

$$bps = \frac{No. de Paquetes * 512 bytes * 8 bits}{T de observación (segundos)}$$

De las tablas 3.3 a 3.9 se puede concluir que: el valor bps de datos calculado es menor al de la velocidad del enlace, esto es lógico puesto que los paquetes que muestra la estadística corresponden únicamente a datos es decir, no constan paquetes de señalización y supervisión.

Las horas de mayor tráfico en el banco corresponden: en la mañana entre las 10h00 y 11h00 y en la tarde entre las 14h00 y 15h00. En estas horas del día el tráfico de información suele ser mayor a la capacidad de los canales por lo que el porcentaje de requerimiento puede llegar a más de 100%, esto hace que en esos momentos se tenga problemas de transferencia de información por la saturación del canal ocasionando varios problemas al banco.

Otra conclusión importante que se obtiene a partir de las tablas es la cantidad de errores producidos en la transferencia de los paquetes, esto es fácilmente apreciable en los CRCs tabulados. En función de este parámetro se puede categorizar a las sucursales. La sucursal Santo Domingo es en la que se produce mayores errores, en cambio la sucursal Ambato prácticamente no tiene errores en su transmisión, esto debido especialmente a las características climáticas de las regiones.

Finalmente se concluye que con enlaces de mayor capacidad y con tecnologías de comunicaciones mejores se podrá soportar las condiciones críticas de transferencia de información así como disminuir los CRCs producidos, dando paso a la incorporación de nuevos servicios en el banco.

### **3.3.3. OCUPACIÓN DEL CANAL DE DATOS**

Es necesario analizar el comportamiento de la red del IBA-RN en lo que respecta a su utilización, en períodos pequeños de tiempo muestreados, esto nos permitirá determinar la ocupación del canal y la hora pico exacta de utilización de la red. En el cálculo de tráfico de las sucursales (tema anterior), se estableció las horas pico pero los intervalos de muestreo eran grandes de una hora o más.

Las diferentes actividades de los bancos generalmente se las realiza en tres horarios bien definidos, estos son:

- De 9H00 a 17H00, es el horario de atención al público (de mayor congestión), en el cual se realizan todas las transacciones bancarias en ventanillas, depósitos, retiros, apertura de cuentas, préstamos, etc.
- De 17H00 a 01H00, está destinado para actualización de cuentas corrientes, es decir revisión de cheques, etc.
- A partir de la 01H00 hasta las 09H00, se procede a realizar la actualización de todos los datos hacia los servidores principales.

En el primer horario (atención al público) se debe hacer una estimación de la ocupación de los canales de transmisión se realiza un muestreo del porcentaje de ocupación de los mismos, tanto de los datos enviados desde la matriz regional norte hacia las distintas sucursales, como de los datos de retorno de las sucursales hacia la matriz.

Este muestreo se lo realiza desde las 08H00 hasta las 16H30 y con intervalos cortos de muestreo, 10 minutos. Para una mejor visualización de estas muestras se ha realizado los gráficos correspondientes, los cuales se muestran a en las figuras 3.2 a 3.8.

En estos diagramas, se puede observar que las horas "pico", en las cuales la utilización de los canales es muy alta, corresponde entre las 09H30 a 10H30 y entre las 13H30 a 14H30, en dichos intervalos por varias ocasiones la ocupación ha llegado a ser del cien por ciento, esto no se observa en estos diagramas ya que se realizó un muestreo cada diez minutos y el tráfico que llega a la ocupación total del canal es de tipo ráfaga (burst), sin embargo se puede mirar un alto porcentaje de utilización del canal y por consiguiente estas son las horas en las cuales se debe destinar mayores recursos de red

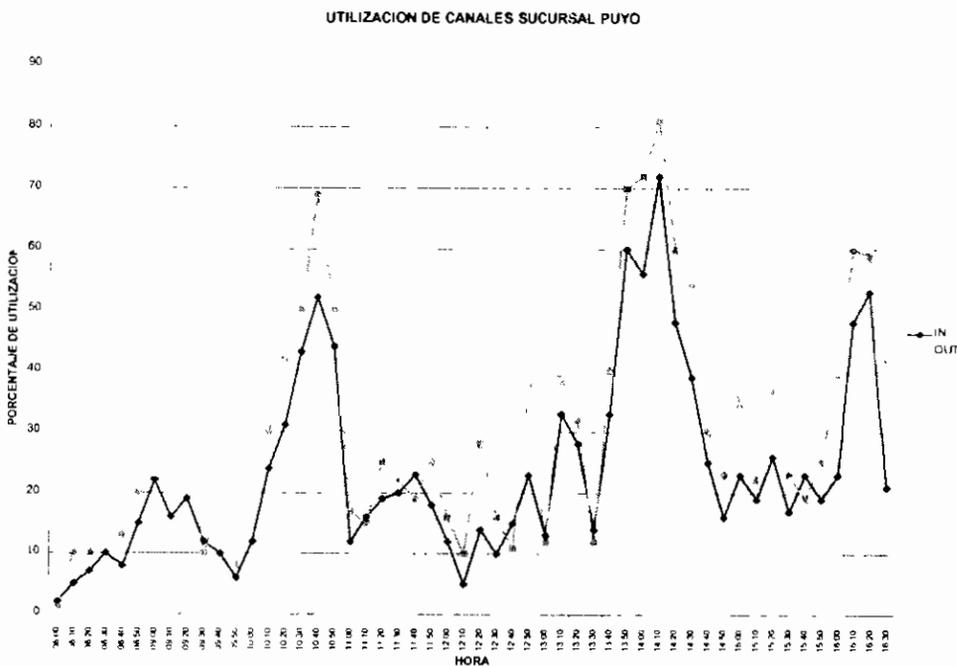
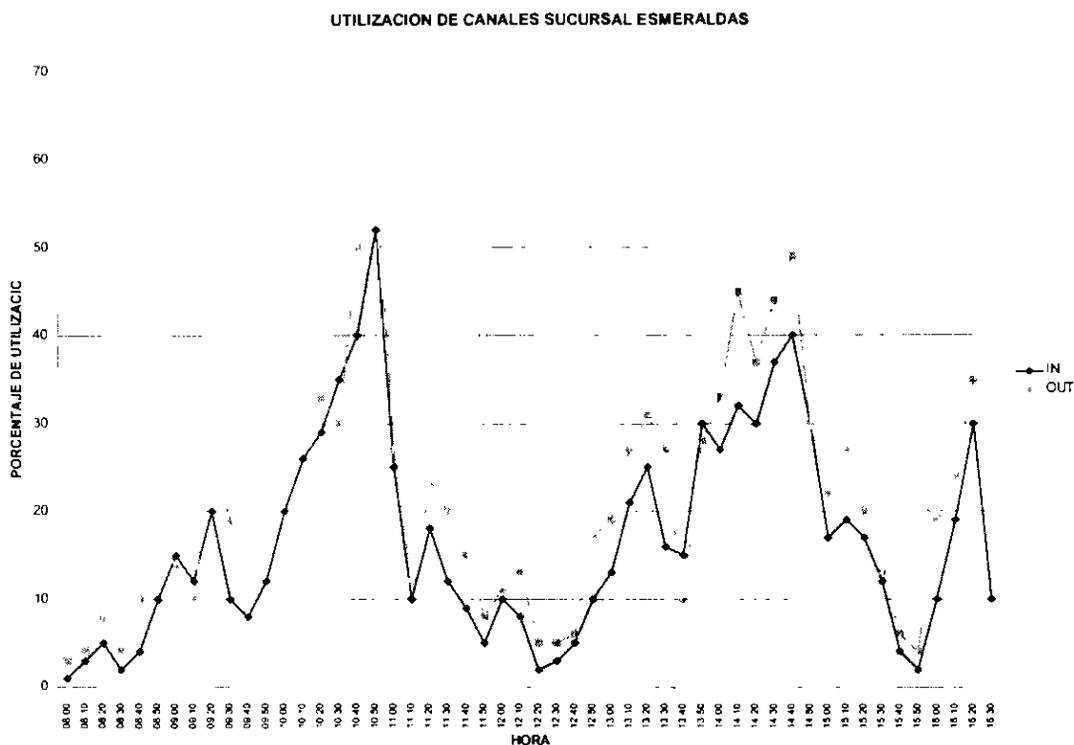
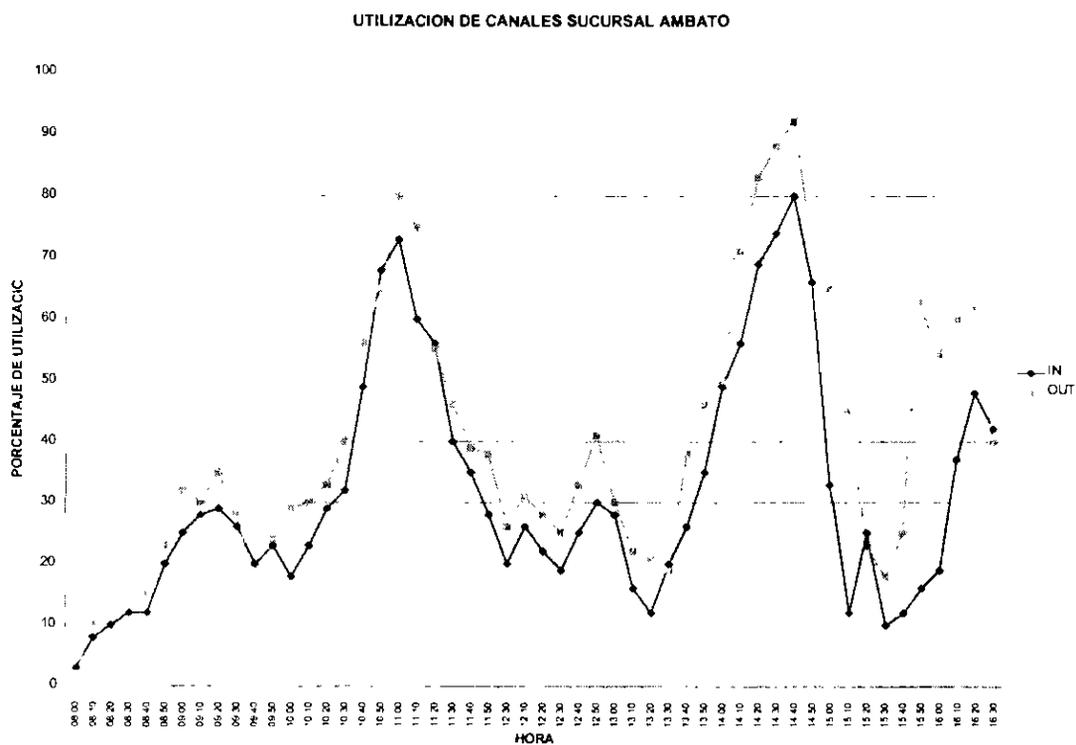


Figura 3.2. Porcentaje de ocupación de canal sucursal Puyo



**Figura 3.3.** Porcentaje de ocupación de canal sucursal Esmeraldas



**Figura 3.4.** Porcentaje de ocupación de canal sucursal Ambato

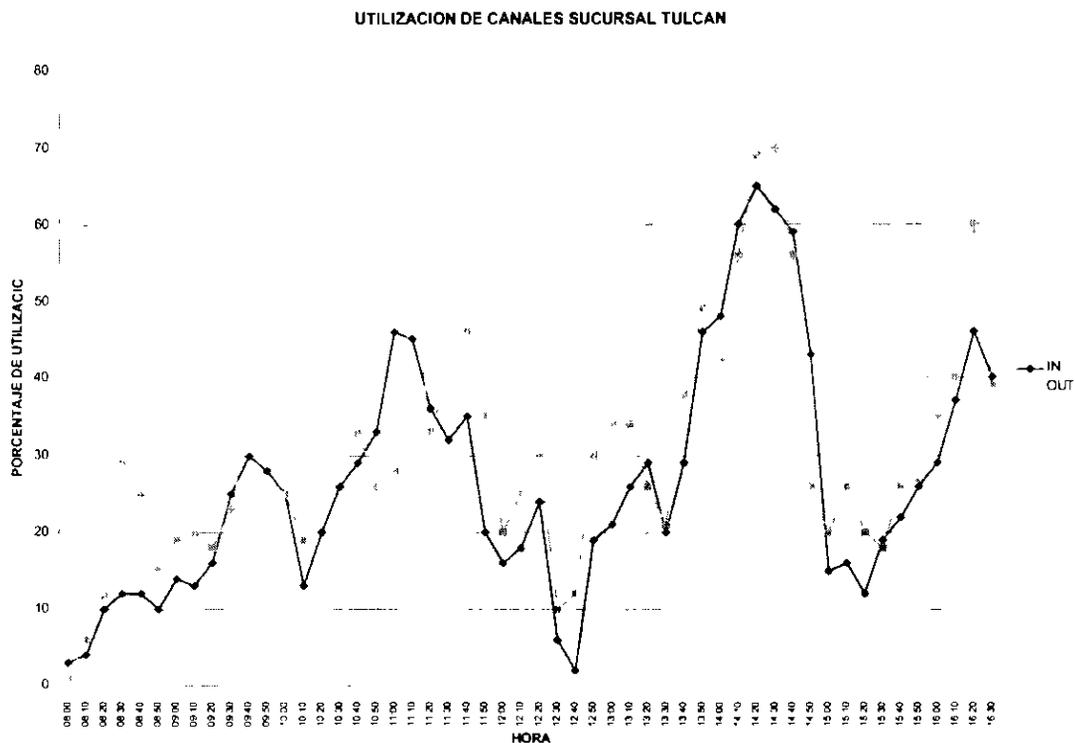


Figura 3.5. Porcentaje de ocupación de canal sucursal Tulcán

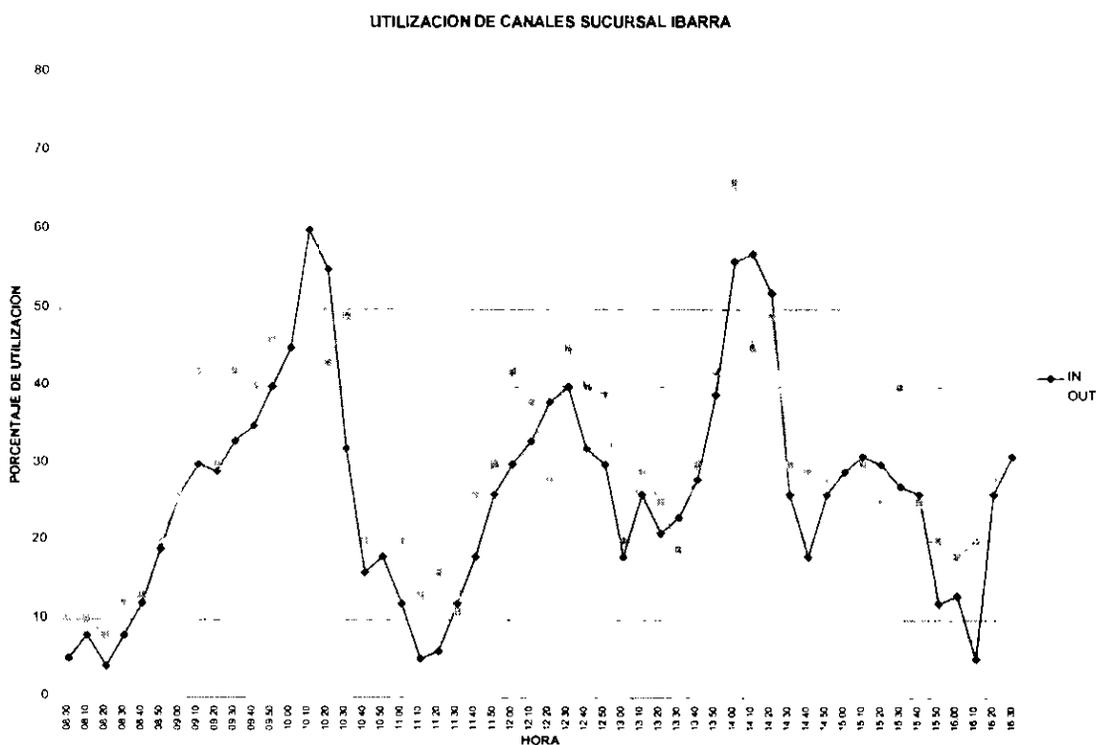


Figura 3.6. Porcentaje de ocupación de canal sucursal Ibarra

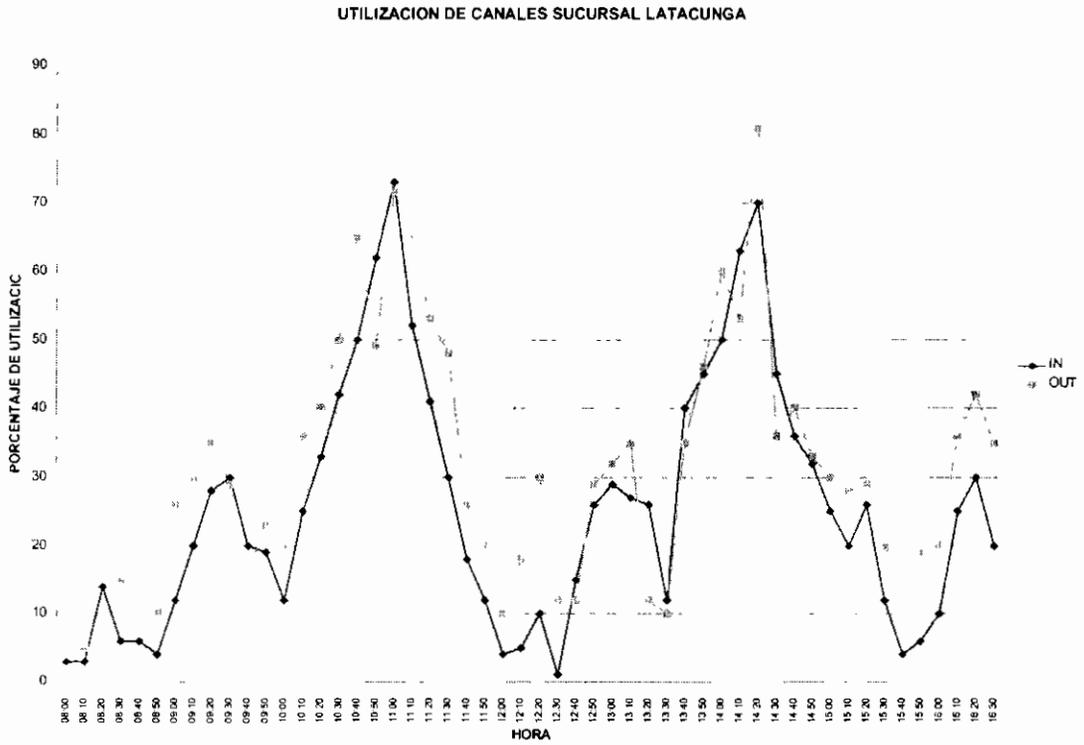


Figura 3.7. Porcentaje de ocupación de canal sucursal Latacunga

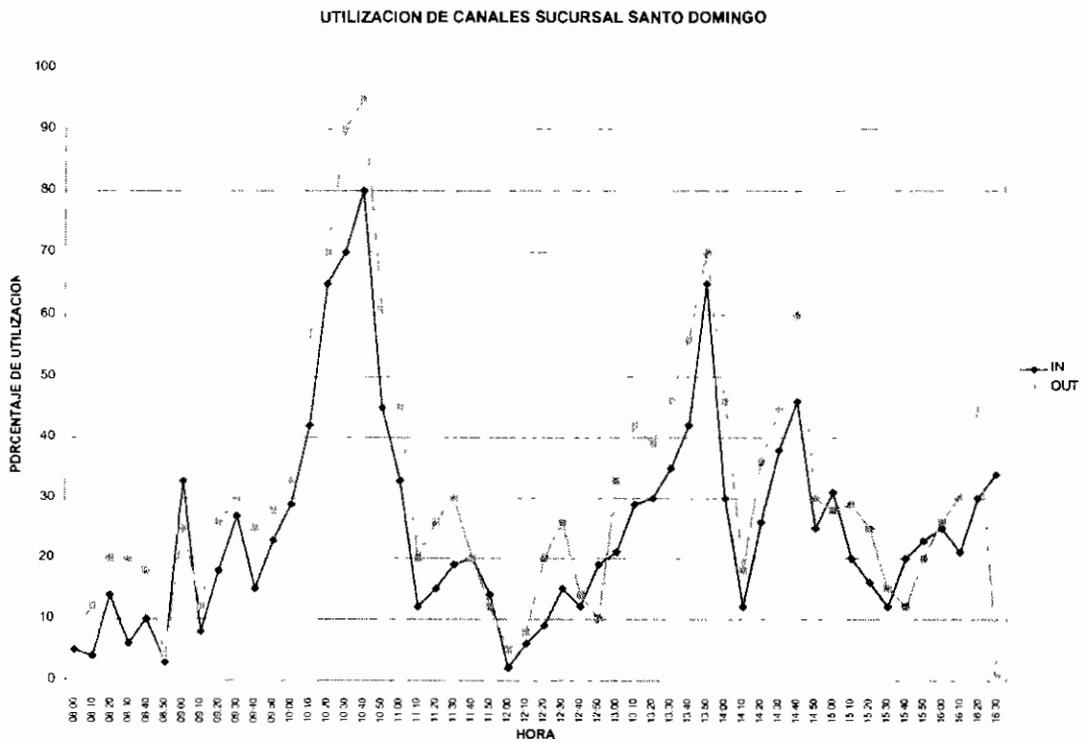


Figura 3.8. Porcentaje de ocupación de canal sucursal Santo Domingo

### 3.3.4. PROYECCIÓN DEL TRÁFICO DE DATOS

Teniendo en cuenta todos los puntos anotados anteriormente, la revisión de la ocupación de los enlaces desde la matriz principal hacia las diferentes sucursales, así como tomado los valores picos monitoreados y resumidos en las tablas 3.3 a 3.9, se puede estimar el crecimiento del tráfico que será necesario para cada una de estas dentro de algunos años, esto es importante a fin de dimensionar los canales de comunicación y que no presenten problemas por un tiempo determinado, para lo cual se utilizará la siguiente fórmula:

$$D_{(t)} = D_o(1 + i)^t$$

Donde:

$D_{(t)}$  = Capacidad requerida

$D_o$  = Capacidad actual

$i$  = factor de crecimiento

$t$  = tiempo (años)

Para el cálculo de la capacidad proyectada final se tomará un factor de crecimiento del 8 por ciento, (perspectivas de crecimiento de cada una de las sucursales, dato proporcionado por el IBA-RN) y un tiempo de cubrimiento de 10 años, estos resultados se pueden observar en la tabla 3.10.

SUCURSAL	CAPACIDAD INICIAL (bps)	CRECIMIENTO (%)	CAPACIDAD A 10 AÑOS (bps)
Puyo	11.760,62	8	25.390,30
Esmeraldas	11.432,34	8	24.681,56
Ambato	14.895,90	8	32.159,13
Tulcán	19.884,88	8	42.929,96
Ibarra	17.956,05	8	38.765,77
Latacunga	20.778,46	8	44.859,14
Santo Domingo	16.486,05	8	35.592,15

**Tabla 3.10.** Capacidad futura de los canales de transmisión

### 3.3.5. TRÁFICO TELEFÓNICO

Además del tráfico de datos, el IBA-RN requiere la implementación de canales de voz emergentes, a ser utilizados a nivel de gerencias y centro de computo. Se debe tomar en cuenta el ancho de banda que consumirán los canales de voz.

Para realizar el cálculo del número de canales telefónicos necesarios para las sucursales del IBA, es necesario revisar los conceptos y fórmulas fundamentales de ingeniería de tráfico telefónico:

- $t_m$  (Tiempo medio de Ocupación): es el tiempo durante el cual se emplean por término medio las líneas de salida para una ocupación.
- $C_A$  (Número de ocupaciones): Es el número de ocupaciones ofrecidas por término medio en la unidad de tiempo al grupo de salida.
- $A$  (Intensidad de tráfico): es una magnitud sin dimensión, que se representa siempre en la unidad Erlang (abreviada ERL), indicando este valor la cantidad de ocupaciones que en promedio existen simultáneamente. Una sola línea ocupada constantemente equivale, por lo tanto, a un tráfico con la intensidad de 1 Erl.
- $B$  (Pérdida): Indica el porcentaje de tiempo durante el cual las  $N$  líneas de salida están ocupadas simultáneamente.

$$A = C_A \cdot t_m$$

$$E_{i,N}(A) = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

Donde:

$N$  = Número de canales

$E_{1,N}(A)$  = Probabilidad de pérdida (B)

La segunda fórmula indica el porcentaje de tiempo durante el cual las  $N$  líneas de salida están ocupadas simultáneamente (razón de congestión de tiempo)

### 3.3.6. CALCULO DE TRÁFICO TELEFÓNICO DE LAS SUCURSALES

Para determinar el número de canales de voz necesarios en cada una de las sucursales se ha realizado un muestreo, considerando un período de 20 días, entre el 22 de Octubre al 19 de Noviembre de 2001, en los cuales se censó el número de llamadas hechas en la hora pico, es decir en la hora en que se cursaron un mayor número de llamadas telefónicas.

Los resultados de este muestreo se pueden apreciar en las tablas 3.11 y 3.12:

FECHA	SANTO DOMINGO		ESMERALDAS		IBARRA	
	NUMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)	NUMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)	NUMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)
22-Oct-01	7	116	3	110	1	105
23-Oct-01	12	95	2	103	6	110
24-Oct-01	10	83	5	98	7	95
25-Oct-01	9	108	10	105	10	93
26-Oct-01	1	103	7	120	1	102
29-Oct-01	8	110	3	116	4	100
30-Oct-01	10	108	5	108	0	0
31-Oct-01	10	104	0	0	6	93
01-Nov-01	8	99	4	101	8	105
05-Nov-01	2	105	6	105	6	103
06-Nov-01	13	120	3	113	2	99

DÍA	SANTO DOMINGO		ESMERALDAS		IBARRA	
	NUMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)	NUMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)	NUMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)
07-Nov-01	9	112	4	108	0	0
08-Nov-01	4	108	5	97	9	84
09-Nov-01	11	106	4	126	7	95
12-Nov-01	11	130	0	0	4	100
13-Nov-01	5	105	1	125	8	93
14-Nov-01	6	119	8	105	6	112
15-Nov-01	3	100	5	114	3	104
16-Nov-01	7	89	3	100	1	109
19-Nov-01	6	114	5	103	5	98
<b>TOTAL</b>	<b>152</b>	<b>2134</b>	<b>83</b>	<b>1957</b>	<b>94</b>	<b>1800</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>7.60</b>	<b>106.70</b>	<b>4.15</b>	<b>97.85</b>	<b>4.70</b>	<b>90.00</b>

Tabla 3.11. Tráfico Telefónico en las sucursales Santo Domingo, Esmeraldas e Ibarra

DÍA	TULCAN		AMBATO		LATACUNGA		PUYO	
	NUMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)						
22-Oct-01	7	120	5	108	10	110	3	104
23-Oct-01	6	100	4	99	6	108	1	100
24-Oct-01	5	125	10	125	4	95	4	95
25-Oct-01	11	83	8	103	9	90	5	86
26-Oct-01	10	91	10	120	15	102	6	105
29-Oct-01	4	113	9	87	0	0	2	120
30-Oct-01	8	102	11	96	3	106	3	99
31-Oct-01	8	121	2	121	8	130	6	104
01-Nov-01	5	140	4	118	9	124	9	103
05-Nov-01	11	111	8	108	3	100	7	112
06-Nov-01	8	106	5	113	5	112	1	98
07-Nov-01	9	84	6	104	12	107	4	94
08-Nov-01	8	125	11	112	10	94	0	0
09-Nov-01	5	130	12	101	8	106	3	130
12-Nov-01	9	116	8	106	9	110	2	115

DÍA	TULCAN		AMBATO		LATACUNGA		PUYO	
	NÚMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)	NÚMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)	NÚMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)	NÚMERO LLAMADAS	DURACION (Seg)
13-Nov-01	11	105	4	99	11	103	5	130
14-Nov-01	6	113	6	107	5	99	4	99
15-Nov-01	4	95	8	111	10	115	1	106
16-Nov-01	2	99	2	106	11	103	0	0
19-Nov-01	7	125	7	100	6	86	4	110
<b>TOTAL</b>	<b>144</b>	<b>2204</b>	<b>140</b>	<b>2144</b>	<b>154</b>	<b>2000</b>	<b>70</b>	<b>1910</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>7.20</b>	<b>110.20</b>	<b>7.00</b>	<b>107.20</b>	<b>7.70</b>	<b>100.00</b>	<b>3.50</b>	<b>95.50</b>

**Tabla 3.12.** Tráfico Telefónico en las sucursales Tulcán, Ambato, Latacunga y Puyo

Para el cálculo de los canales telefónicos se tomará una pérdida (B) del 2 % de las llamadas, esto debido a que no necesitamos mayor calidad de servicio, ya que dichos canales solo servirán para manejo de llamadas emergentes.

Los canales necesarios para las sucursales se encuentran en la tabla 3.13.

SUCURSAL	NÚMERO DE LLAMADAS	TIEMPO MEDIO (Seg)	$C_A$ (llamadas/seg)	A (Er)	B	N
SANTO DOMINGO	7.60	106.70	0.00211	0.22526	0.02	<b>2.006</b>
ESMERALDAS	4.15	97.85	0.00115	0.11280	0.02	<b>1.585</b>
IBARRA	4.70	90.00	0.00131	0.11750	0.02	<b>1.606</b>
TULCAN	7.20	110.20	0.00200	0.22040	0.02	<b>1.998</b>
AMBATO	7.00	107.20	0.00194	0.20844	0.02	<b>1.957</b>
LATACUNGA	7.70	100.00	0.00214	0.21389	0.02	<b>1.976</b>
PUYO	3.50	95.50	0.00097	0.09285	0.02	<b>1.491</b>

**Tabla 3.13.** Número de canales necesarios para cada sucursal

Como se puede observar en la tabla existe un requerimiento aproximado de dos canales de voz por cada una de las sucursales, sin embargo y por requerimiento del IBA solo se implementarán estos canales en las sucursales Santo Domingo, Tulcán, Ambato y Latacunga, puesto que en éstas el tráfico es

mayor debido a la cantidad de transacciones que se realizan dentro y hacia dichas sucursales.

Para el cálculo de los canales de voz en Quito, se considerará solamente el tráfico telefónico de estas cuatro sucursales. El número de llamadas será igual a la suma de las llamadas realizadas por y hacia estas sucursales, una vez expuesto estas consideraciones el número de canales necesarios es el siguiente:

$$N = 3.571 \text{ Canales}$$

Considerando las observaciones anteriores, los requerimientos iniciales del IBA-RN son los mostrados en la tabla 3.14.

SUCURSAL	CAPACIDAD INICIAL (bps)	CANALES DE VOZ
Quito	113.194,30	4
Puyo	11.760,62	0
Esmeraldas	11.432,34	0
Ambato	14.895,90	2
Tulcán	19.884,88	2
Ibarra	17.956,05	0
Latacunga	20.778,46	2
Santo Domingo	16.486,05	2

**Tabla 3.14.** Resumen de capacidades y canales de voz requeridos

En los párrafos subsiguientes se analiza las diferentes soluciones que se puede dar a los requerimientos del IBA-RN.

### 3.4. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE WAN

Actualmente existen muchas posibilidades ha elegir para la implementación eficiente de cualquier tipo de red. Entre ellas podemos mencionar:

- a. X.25
- b. Frame Relay
- c. ATM (Modo de transferencia Asíncronico)
- d. SMDS (Servicios de Datos Multimegabit Conmutados)

**X.25** la cual actualmente maneja el IBA-RN, es una tecnología antigua, pero todavía ampliamente utilizada, que posee amplias capacidades de verificación de errores desde la época en que los enlaces de las WAN eran más susceptibles a los errores, lo que hace que su confiabilidad sea muy grande, pero al mismo tiempo limita su ancho de banda.

**Frame Relay**, una tecnología basada en el transporte y conmutación de información de textos, datos e imágenes fijas de punto a punto en paquetes de longitud variables llamados "Frames" (tramas), tiene su mayor aplicación en la interconexión de Redes de Area Local (LANs). Otra aplicación es la de Circuitos Virtuales Permanentes, estos son conexiones lógicas entre puertos de 56 Kbps, 64 Kbps, 1.54 Mbps o 2.048 Mbps, sea por líneas dedicadas o acceso a baja velocidad conmutada, actualmente se ha evolucionado a mayores velocidades (45 Mbps). Se ha transformado en una tecnología de WAN sumamente popular por derecho propio. Es más eficiente que X.25, con servicios similares.

**ATM**, Modo de Transferencia Asíncronico (Asynchronous Transfer Mode), una tecnología que transporta la información de voz, datos e imágenes en celdas de 53 bytes fijos. El CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía hoy llamada UIT), definió en 1988 el estándar universal para ser empleado para el acceso en banda ancha. Varias empresas operadoras vienen introduciendo ATM en sus redes privadas y públicas y también para proveer la conexión entre ellas. Creada para trabajar con altas velocidades, básicamente a 155 Mbps o 620 Mbps, sin embargo, es posible que se establezca interfaces ATM que permita accesos de baja velocidad para interconectar LANs.

**SMDS**, Servicios de Datos Multimegabit Conmutados (Switched Multimegabit Data Services), son servicios para transmisión de datos a

velocidades T-1 (1.54 Mbps) a T-3 (45 Mbps) aunque también se están desarrollando interfaces para accesos a bajas velocidades para permitir interconexión de LANs. Es la versión de ATM para redes metropolitanas.

Las características de las tecnologías descritas anteriormente se las resume en la tabla 3.15.

TECNOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS	LIMITACIONES
X.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy confiable</li> <li>• Amplia capacidad de verificación de errores</li> <li>• Costo moderado de implementación</li> <li>• Maneja máximo 2 Mbps</li> <li>• Conmutación por paquetes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología antigua</li> <li>• Diseñada para trabajar sobre enlaces analógicos</li> </ul>
Frame Relay	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minización de cabeceras de la trama</li> <li>• Alto throughput</li> <li>• Maneja máximo 45 Mbps</li> <li>• Costo moderado a bajo de implementación</li> <li>• Conmutación por paquetes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hace corrección de errores</li> <li>• Requiere enlaces de buena calidad</li> </ul>
ATM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maneja máximo 620 Mbps</li> <li>• Diseñado para integrar servicios: voz, datos, audio.</li> <li>• Costo alto de implementación</li> <li>• Conmutación por celdas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología aún no muy difundida en nuestro país</li> <li>• Costos muy altos de equipos</li> </ul>
SMDS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñado para manejar transmisión de datos desde T1 a T3.</li> <li>• Costos es relativamente alto para su implementación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología no difundida en nuestro país (normas americanas)</li> <li>• Para uso dentro de zonas metropolitanas</li> </ul>

**Tabla 3.15.** Principales características de las tecnologías de WAN

### 3.4.1. TECNOLOGÍA FRAME RELAY

El IBA-RN ha estado utilizando el tipo de tecnología X.25, pero sus requerimientos y objetivos han cambiado por la necesidad de conectividad entre todas sus Agencias y Sucursales, tendencia que favorece la elección de la tecnología Frame Relay por las siguientes razones:

- a. Naturaleza interactivo de los datos manejados por el banco (ambiente transaccional).
- b. No proporciona un servicio de corrección de errores como si lo hace X.25 lo que limita su ancho de banda, esto es posible al contar con enlaces confiables.
- c. Velocidades de transmisión de los enlaces bajo demanda.
- d. Costo moderado de implementación.
- e. Compatibilidad total con las agencias, las cuales ya manejan este protocolo.
- f. Mínimo procesamiento en los sistema intermedios lo que se refleja en un alto throughput.

Mediante la aplicación del protocolo Frame Relay, el IBA-RN estará en capacidad de optimizar la utilización de enlaces entre su matriz, sucursales e inclusive agencias, con ello se podrá compartir tales enlaces para el transporte de información de varios puntos remotos de la red y no solo para una Sucursal como ocurre actualmente.

### 3.4.2. MODO DE OPERACIÓN DE FRAME RELAY

Para entender la forma en que una red Frame Relay opera es necesario establecer ciertas definiciones:

- a. Velocidad de acceso a la red, es la velocidad sincronizada (bps) dada por la conexión física contratada con la red.
- b. Tasa de información confiable (CIR: Committed Information Rate), es la velocidad promedio (bps) a la cual la red acuerda transferir los datos.
- c. Tamaño de ráfaga confiable (Bc), es el número máximo de bits que la red acuerda transferir durante un intervalo de tiempo T, igual a:

$$T = \frac{B_c}{CIR}$$

- d. Tamaño de ráfaga en exceso (Be), es el número de bits que se puede exceder, respecto al CIR, cuando el canal está disponible antes de que la red empiece a descartar los datos.

e. Un parámetro más cuantificable es el BIR, que es la cantidad de bits en exceso con respecto a un intervalo de tiempo, se puede decir que es la velocidad en exceso. El BIR es igual a:

$$BIR = \frac{B_c}{T}$$

Los canales Frame Relay se forman mediante circuitos virtuales que atraviesan la red, siendo identificados por DLCIs (Data Link Connection Identifier). Los circuitos virtuales son múltiples conexiones sobre un mismo interfaz físico conectado al punto de acceso de la red entre el concentrador y el backbone de la red, en las redes de datos convencionales cada conexión a través de la red suele involucrar un puerto físico por separado. Los circuitos virtuales VC's pueden ser privados PVC's, o conmutados SVC's.

Bajo condiciones normales, los datos son intercambiados utilizando una tasa menor o igual al CIR.

### 3.5. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍAS PARA LOS ENLACES

En el capítulo 1 se hace un descripción de los distintos tipos de sistemas y tecnologías de acceso y transporte que podrían utilizarse para la transmisión de datos, en una red WAN, estas son:

- Red telefónica conmutada publica (PSTN): líneas dedicadas LP's, canales digitales con tecnologías xDSL, RDSI
- Sistemas de microondas
- Sistemas satelitales y redes VSAT
- Sistemas de fibra óptica

Técnicamente es posible diseñar y montar un sistema privado de microondas, de fibra óptica, satelital o VSAT, para cubrir áreas específicas, sin embargo estas resultan muy costosas y es conveniente que sean varias

compañías las que lleguen a este acuerdo y puedan compartir un sistema, sus costos de implementación y mantenimiento.

Una institución Bancaria no está en condiciones de montar un sistema de comunicaciones privado pues debería destinar recursos económico y humanos a un área que nada tiene que ver con su actividad económica, estas entidades hoy en día prefieren utilizar los servicios de otras empresas que brindan servicios de comunicaciones mediante outsourcing o arrendamiento de canales de comunicaciones.

En el país, actualmente existen empresas que ofrecen estos servicios de telecomunicaciones, las cuales brindan un servicio completo: instalación, operación, mantenimiento y soporte técnico. Esto permite que el cliente no se preocupe por mantener sus enlaces de telecomunicaciones en excelentes condiciones sino que por el contrario, el cliente está en el derecho de exigir un servicio que cumpla con todas sus expectativas. Además los clientes al escoger esta alternativa, no tienen que involucrarse en todos los tramites y permisos para poder tener un sistema de telecomunicaciones por radio o satélite en las entidades nacionales como el CONATEL.

Estas empresas brindan enlaces por fibra óptica o microondas pero a nivel local, en cambio servicios a nivel nacionales o interurbano lo hacen mediante enlaces digitales con tecnologías xDSL (vía cobre en la ultima milla o red de acceso y una combinación de cobre – microonda en la red de transporte) o mediante VSAT's.

Estas últimas opciones serían las que se podrían utilizar en la mejora de los enlaces del IBA-RN.

### **3.5.1. TECNOLOGÍA xDSL**

Con los proyectos de digitalización que lleva a cabo Andinatel establece la plataforma para un número de aplicaciones para la transmisión de datos, voz, telex, etc.

Al mismo tiempo que despierta gran inquietud entre los potenciales y poderosos futuros usuarios de la transmisión digital de alta velocidad, surge una gran frustración debido a que la red de usuario (urbana) de Andinatel no permite transmitir 32 Kbps o múltiplos de este valor que es lo más importante en las nuevas tecnologías. Este constituye un gran reto para Andinatel, para los proveedores de equipos de comunicación digital y para las Unidades de Negocio.

Cabe aclarar que el problema para utilizar los nuevos servicios de Andinatel no está a nivel de la red de microondas terrestre o satelital, o de las centrales adquiridas, sino que está en el mecanismo necesario para que la información viaje desde la central o estación terminal de la red hasta los usuarios, es decir que está en la planta externa que permite la conexión de un aparato telefónico, vía par de cobre a 64 Kbps, con la respectiva central. En ciertos casos, esta red urbana se ve afectada por factores externos como lluvia, humedad además de los sistemas de empalme y el diámetro diverso utilizado en los cables, entre otros, que disminuyen la calidad de la línea y en algunos casos, cortan el servicio.

Para el caso de líneas telefónicas digitales el problema se agrava debido a que los interfaces que salen de los multiplex digitales, según las recomendaciones UIT, alcanzan 400 metros (G.703 1.2.2.3.) y en el mejor de los casos 1 Km., lo cual no es suficiente para llegar desde Andinatel hasta cada uno de los bancos, por ejemplo.

Para solucionar este problema los fabricantes especializados han desarrollado unas "cajas negras", que sirven para llevar vía cable físico el tren de 32 Kbps o más a un usuario ubicado hasta 20 Km en el mejor de los casos; claro está que los pares deben ser de alta calidad para transmisión de datos. A estas cajas negras se les ha dado varias denominaciones DTU (Unidad Terminal de Datos), NTU (Unidad Terminal de Red), DSU (Unidad de Servicio de Datos), extensores de línea de 32 Kbps, módem digitales y otros; la denominación técnica es variada, pero el concepto es que permitirán que los usuarios de comunicación de datos puedan, a través de un solo canal llegar a sus oficinas con 32 Kbps (o

múltiplos), que representa una gran ventaja contra los 19.2 ó 28.8 Kbps que logran los módems analógicos con alto costo y empleando sofisticadas técnicas de modulación y codificación. Además estos equipos eliminarán el uso de los módems analógicos.

La tecnología que manejan esta “cajas negras” se denomina xDSL y permiten que las compañías telefónicas o a sus Unidades de Negocios, amplíen su capacidad y aumenten la velocidad de transmisión en sus redes de hilos de cobre sin necesidad del recableado costoso. xDSL se refiere a un grupo similar de tecnologías que proveen gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo en la red. Estas tecnologías serán reemplazadas gradualmente por fibra óptica, pero a corto plazo darán a los operadores unos ingresos adicionales a través de las aplicaciones multimedia interactivas y reducirán los tiempos de espera que sufre el mercado.

#### 3.5.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Dentro de la familia xDSL, son cuatro las tecnologías más utilizadas, estas son:

**VDSL** (Línea Digital de Abonado de Muy Alta Velocidad), entrega entre 13 y 52 Mbps hacia abajo “Downstream” (desde la oficina central al lugar del cliente) y entre 1.5 y 2.3 hacia arriba “Upstream” (desde el lugar del cliente a la oficina central) sobre un único par de cobre trenzado. El funcionamiento de VDSL está limitado a un rango de entre 304,8 y 1.372 metros.

**HDSL**, (Línea de Abonado Digital de Alta Velocidad), entrega 1,544 Mbps de ancho de banda hacia arriba y hacia abajo, sobre dos pares de cobre trenzados ó 2,048 Mbps sobre tres pares de cobre, aunque ahora también se lo hace sobre dos pares de cobre. Debido a que HDSL ofrece velocidad T1 y E1, las compañías telefónicas han estado utilizando HDSL para entregar acceso local para servicios T1 y E1 en la medida de lo posible. El funcionamiento de HDSL

está limitado a un rango de distancia de hasta 3.657,6 metros. Se utilizan repetidoras de señal para ampliar el servicio. Por esta razón es utilizado principalmente para conexiones de red PBX, sistemas de circuito de carrier digitales, servidores de Internet y redes de datos privadas.

**ADSL**, (Línea de Abonado Digital Asimétrica), entrega mayor ancho de banda hacia abajo que hacia arriba. Las tasas hacia abajo oscilan entre 1.5 a 9 Mbps, mientras que el ancho de banda hacia arriba oscila entre 16 a 640 kbps. Las transmisiones a través de ADSL funcionan a distancias de hasta 5.486,4 metros sobre un único par de cobre trenzado. Los circuitos ADSL se conectan a un módem ADSL a través de líneas de cobre, creando tres canales de información: un canal de alta velocidad hacia el usuario, un canal dúplex a velocidad media y un canal telefónico.

**SDSL** (Línea Digital de Abonado Simétrica), similar a HDSL pero solo necesita un par de cobre.

En nuestro país las tecnologías HDSL y ADSL son las más utilizadas en las soluciones de comunicaciones.

#### **3.5.1.2. BENEFICIOS DE xDSL**

Los beneficios de utilizar esta tecnología son:

- Despacho rápido del servicio.
- Bajos costos de implementación y mantenimiento.
- Menores inversiones de capital.
- Aumento de servicios: voz, datos, interconexión de LAN, soporte de video, líneas dedicadas digitales (64 kbps, nx64 kbps, E1), Frame relay, X.25.
- Ventajas competitivas frente a otras alternativas de carriers.
- La gestión de la red hasta los predios del cliente permiten controlar la calidad del servicio.
- Permite acuerdos por niveles de servicio.

- Mejoras en la calidad de transmisión.
- Solución integral.
- Diferentes velocidades de acuerdo a las necesidades del usuario y a las distancias.

### 3.5.2. SOLUCIÓN SATELITAL VSAT

#### 3.5.2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El sistema VSAT es un sistema satelital que ofrece bajo costo y flexibilidad, este utiliza antenas de tamaño reducido, lo que permite que sean ubicadas y conectadas directamente en el sitio del usuario. Esta tecnología se diseña principalmente para transmisión de datos, la conectividad se realiza entre el *HUB* (telepuerto) y la terminal remota, esto representa un retardo de 250 ms, utilizando el *HUB* para retransmitir la información a la terminal de destino, generalmente las configuraciones de estas redes tienen una topología en estrella. La característica más importante de esta tecnología es que los costos son independientes de la distancia de los externos comunicantes.

VSAT puede ser configurado para transmisiones unidireccionales o bidireccionales a velocidades entre 9600 bps hasta 120 Kbps en configuraciones punto a punto, multipunto o broadcast, estas pueden ser configuradas en los puertos de datos del equipo terreno.

El sistema utiliza las Bandas de frecuencia C y Ku para los enlaces tanto ascendentes como descendentes, los valores de estas frecuencias se muestran en la tabla 3.16.

BANDA	FRECUENCIAS	ENLACE DESCENDENTE (GHz)	ENLACE ASCENDENTE (GHz)
C	4/6	3,7 – 4,2	5,925 – 6,425
Ku	11/14	11,7 – 12,2	14,0 – 14,5

Tabla 3.16. Bandas C y Ku

Además se garantiza una confiabilidad del 99.7 % anual, con una calidad de sus enlaces probada a una tasa de error de  $1 \times 10^{-7}$ . Esto se garantiza mediante pruebas de BER o BERT (Bit Error Rate Test) las cuales se realizan antes de entregar los enlaces. También cuentan con una sala de operaciones en cada uno de sus telepuertos que monitorean y controlan el sistema de telecomunicaciones las 24 horas los 365 días del año.

### 3.5.2.2. DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO DE UNA RED VSAT

Para poder realizar una dimensionamiento de tráfico para una red VSAT se deben tomar en cuenta algunos aspectos importantes:

- Número y sitios de procesamiento.
- Número de terminales remotas a implementar.
- Tipo de transacciones a ser procesadas.
- Volumen de tráfico para los diferentes tipos de transacción.
- Urgencia de la información a ser transmitida.
- Crecimiento del tráfico.
- Tasa de error.
- Disponibilidad y confiabilidad.
- Recursos financieros disponibles.

Todos estos parámetros deben estar definidos correctamente para poder realizar la configuración de la red.

Otro de los puntos a considerar en el proceso de dimensionamiento de este tipo de redes es el tráfico que la red debe soportar, tanto tráfico presente como tráfico proyectado, si este tráfico va a ser en tiempo real o no, para el caso de una configuración en estrella, esta si puede soportar los dos tipos de tráfico.

Por lo tanto se debe hacer una recolección de datos sobre el tráfico que va a ser cursado, la recolección de datos puede ser resumida de acuerdo a la

configuración de equipos utilizados en la red y de acuerdo a las características del tráfico.

Dentro de la configuración de los equipos se considera los protocolos a utilizarse, la configuración del canal de comunicaciones, la configuración del equipo local del usuario, las interfaces y la descripción del equipo de usuario.

En lo que se refiere a las características del tráfico, se considera los tipos de aplicaciones, cuando se produce la hora pico, el porcentaje de tráfico en tiempo real y no real dentro de la hora pico, los tamaños de mensaje, el tráfico entrante (tráfico de usuario) y el tráfico saliente (desde el HUB hasta las estaciones remotas).

## **4.1. CONSIDERACIONES INICIALES**

### **4.1.1. EQUIPOS DE COMUNICACIONES**

Como se vio en el capítulo II, en lo referente a equipos, el IBA posee muy buenos dispositivos los cuales pueden incluso ser actualizados o ampliados en sus funciones (UPGRADE) para mejorar los servicios que actualmente ofrece o para dar nuevos servicios que no son explotados tales como:

- Funciones de: Ruteador, Puente, HUB.
- Transmisión de Voz sobre IP o Frame Relay.
- Captura de video.
- Interfaces E1, T1, ISDN.
- Dispositivos de acceso Frame Relay (FRAD)
- Switch Frame Relay.
- Puerto Ethernet o Token Ring.
- Manejo de múltiples protocolos: Frame Relay, X.25, etc.
- Acceso a diferentes tipos de redes de datos.
- Compresor de datos.
- Ensamblador/desensamblador de paquetes (PAD)
- Otros

Varias de estas funciones no han sido implementadas debido al bajo ancho de banda y confiabilidad de los enlaces con los que cuentan así como por el protocolos que manejan. Estas funciones ayudarán en la solución del diseño.

### **4.1.2. CANALES DE VOZ**

Para la implementación de los canales de voz, los equipos Motorola con que cuenta el IBA, ofrecen solución mediante el uso de tarjetas de voz que pueden ser implementadas en los equipos Vanguard, estas tarjetas se denominan FXS (Foreign Exchange Station), la misma que tiene dos interfaces tipo RJ 45,

cada una de las cuales soportan un canal de voz. Estas tarjetas son soportadas por los Vanguard 100, 300, 320 y 6520. Utilizan el protocolo Voice Relay (VoFR: Voz sobre Frame Relay) que provee el transporte de voz y datos en redes Frame Relay públicas o privadas, sobre un mismo DLCI, con enlaces a velocidades que van desde 19,2 kbps a 1,5 Mbps. Las características más importantes de estas tarjetas son:

- Tráfico LAN, voz y serial sobre un solo enlace de red de Frame Relay.
- Soporta velocidades de los enlaces tan bajas como 19,2 kbps.
- Mejoras en Frame Relay como:
  - Segmentación de datos de tramas en pequeños paquetes para control de retardos.
  - Asignación de prioridad para tráfico de voz.
- Compresión CVSELP 8k y de 16k.
- Cancelación de eco.
- Detección de Fax y modulación a 9.6 y 4.8 kbps.
- Switch de Voz, las llamadas de voz son ruteadas dinámicamente a los destinos seleccionados.
- Empaquetamiento de Voz.
- Mejoramiento en las pruebas de diagnóstico de voz.
- La conmutación de llamadas se la realiza con un simple tono de dial definido por el usuario.

Esta tarjetas manejan canales de voz con un rango dinámico entre 8 kbps a 6,3 kbps de velocidad real y su ocupación es bajo demanda, es decir que sólo utilizarán el ancho de banda cuando se ocupen las extensiones, para el resto de tiempo, el ancho de banda estará disponible para el canal de datos. Para determinar el número de canales de voz se debe considerar que del tráfico telefónico medido, aproximadamente el 50% se realizaba debido a problemas relacionados con los enlaces; al contar con enlaces más eficientes y confiables, el tráfico telefónico se reducirá, por esta razón se utilizarán solo la mitad de los canales calculados. Para el cálculo se tomará canales de 8 kbps, esto se resume en la tabla 4.1.

SUCURSAL	CANALES DE VOZ CALCULADOS	CANALES DE VOZ REQUERIDOS	VELOCIDAD NECESARIA
Quito	4	2	16 kbps
Puyo	0	0	--
Esmeraldas	0	0	--
Ambato	2	1	8 kbps
Tulcán	2	1	8 kbps
Ibarra	0	0	--
Latacunga	2	1	8 kbps
Santo Domingo	2	1	8 kbps

**Tabla 4.1.** Velocidad requerida para los canales de voz

Al implementar las tarjetas de voz dentro de los routers, estos funcionarán como Switches telefónicos, es decir que los routers tendrán la capacidad de enrutamiento de una llamada telefónica. Este enrutamiento se lo hace asignando un código de un dígito o más a cada uno de los routers que cuentan con tarjetas de voz/fax, con lo cual se tendrá una comunicación no solo entre las sucursales y la matriz principal, sino que también existirá comunicación entre sucursales inclusive.

#### 4.1.3. PROTOCOLO DE COMUNICACIONES FRAME RELAY

Como se estableció en el capítulo anterior, el protocolo de comunicaciones a utilizarse es Frame Relay, un punto importante de utilizar esta tecnología es la integración tanto de canales de voz (VoFR), redes LAN y de las aplicaciones propias del sistema financiero en un solo equipo (FRAD) y que cumpla con los requerimientos del usuario.

#### 4.1.4. CAPACIDAD REQUERIDA DE LOS ENLACES

Para establecer las capacidades de los enlaces se toman en cuenta las velocidades iniciales establecidas en la tabla 3.10 más las velocidades requeridas

por los canales de voz. Para el caso de la red Frame Relay se establece un CIR de 32 kbps, para todas las sucursales, esto cubrirá la velocidad actual requerida de voz y datos. La tabla 4.2 resume las velocidades requeridas.

SUCURSAL	VELOCIDAD DE DATOS (bps)	CANALES DE VOZ (kbps)	VELOCIDAD TOTAL (bps)	CIR
Puyo	11.760,62	0	11.760,62	32 kbps
Esmeraldas	11.432,34	0	11.432,34	32 kbps
Ambato	14.895,90	8	22.895,90	32 kbps
Tulcán	19.884,88	8	27.884,88	32 kbps
Ibarra	17.956,05	0	17.956,05	32 kbps
Latacunga	20.778,46	8	28.778,46	32 kbps
Santo Domingo	16.486,05	8	24.486,05	32 kbps
Quito	113.194,30	16	121.194,30	--

**Tabla 4.2.** Velocidades de los canales de voz y datos

## 4.2. ALTERNATIVAS PARA LOS ENLACES DE LA RED

### 4.2.1. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN VÍA HDSL

Para esta primera solución se ha tomado la propuesta de la empresa Teleholding la cual es una Unidad de Negocios de ANDINATEL S.A., y se encuentra legalmente establecida para ofrecer el servicio digital de transmisión de datos a través de los pares de cobre existentes; es decir utiliza una infraestructura mixta, de ANDINATEL y propia, mediante tecnología HDSL. Esta empresa actualmente posee la mayor cobertura a nivel local, nacional e internacional y sobre todo cumple con las exigencias técnicas del IBA-RN.

#### **1ra. Alternativa**

La primera alternativa de Teleholding son enlaces entre Quito y las diferentes sucursales en provincias con una configuración tipo estrella, estos enlaces tienen un ancho de banda de 32 Kbps con modulación por división de

tiempo (TDM), a partir de este enlace el Banco puede transmitir con cualquier protocolo de comunicaciones como por ejemplo X.25, Frame Relay. La configuración de los DTUs de esta alternativa se la puede ver en la figura 4.1.

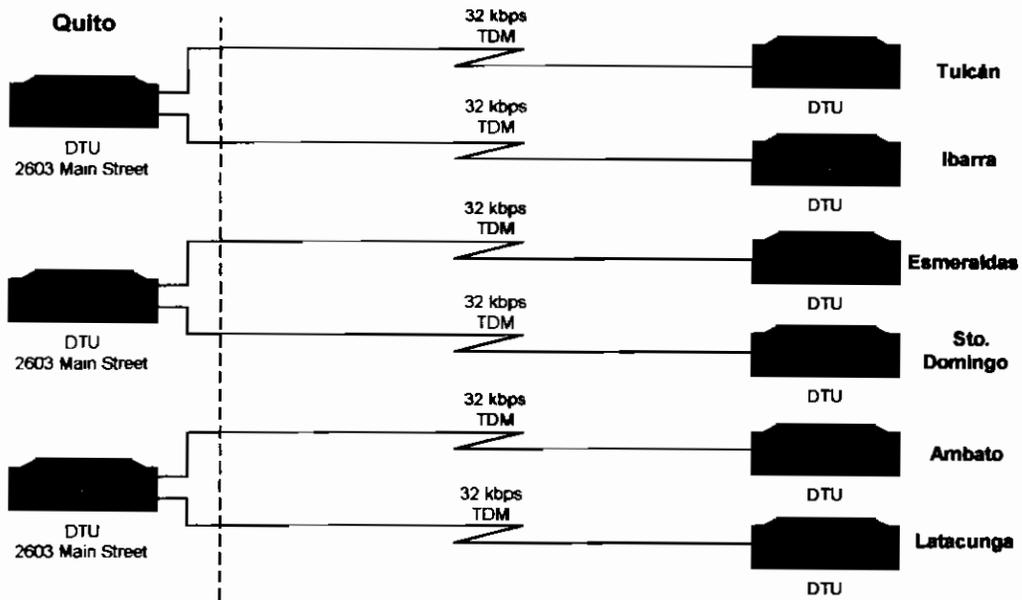


Figura 4.1. Configuración con enlaces TDM

En este tipo de configuración la implementación de canales de voz se la puede realizar mediante dos opciones. La primera opción se refiere al caso de que el ruteador no posea la capacidad de manejar canales de voz, para esto se utiliza un multiplexor, en el cual irán conectados el ruteador el cual manejará los canales de datos y un PBX que manejará los canales de voz, El multiplexor irá conectado a su vez al DTU como se puede observar en la figura 4.2.

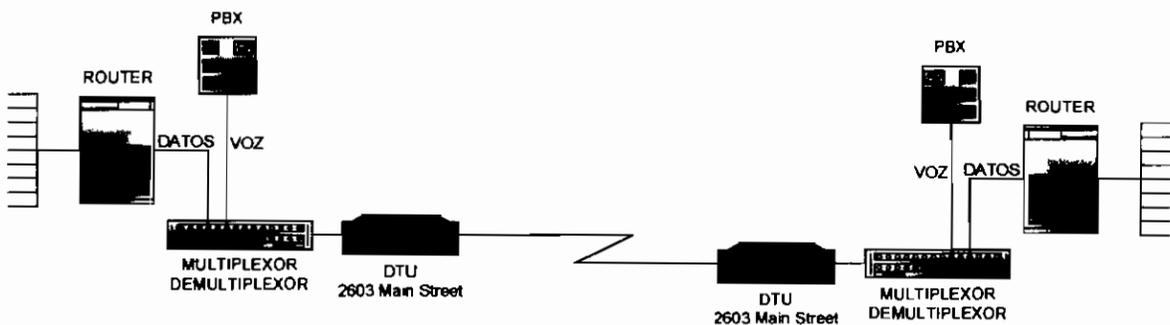
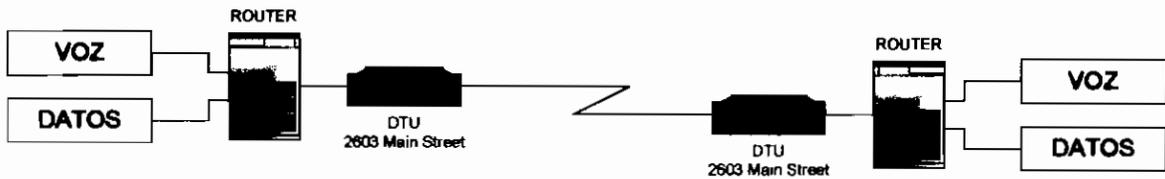


Figura 4.2. Configuración 1 para conexión de canales de voz y datos

La otra opción es contando con un ruteador con capacidad de procesar canales de voz y canales de datos, este ruteador a su vez se conecta al DTU, en el otro lado del enlace la configuración sería idéntica, tal como se muestra en la figura 4.3. Esta sería la mejor opción para el banco ya que en la anterior se debería comprar o arrendar el multiplexor que resulta más costoso que una tarjeta de voz (FXS).



**Figura 4.3.** Configuración 2 para conexión de canales de voz y datos

Los costos de enlaces de esta propuesta se detalla a continuación en la tabla 4.3.

ENLACE	INSTALACIÓN (USD)	PAGO MENSUAL (USD)
Quito - Sto. Domingo	103	220
Quito - Esmeraldas	103	496
Quito - Ibarra	103	496
Quito - Tulcán	103	496
Quito - Ambato	103	496
Quito - Latacunga	103	496

\* no incluyen impuestos. Fuente: Teleholding

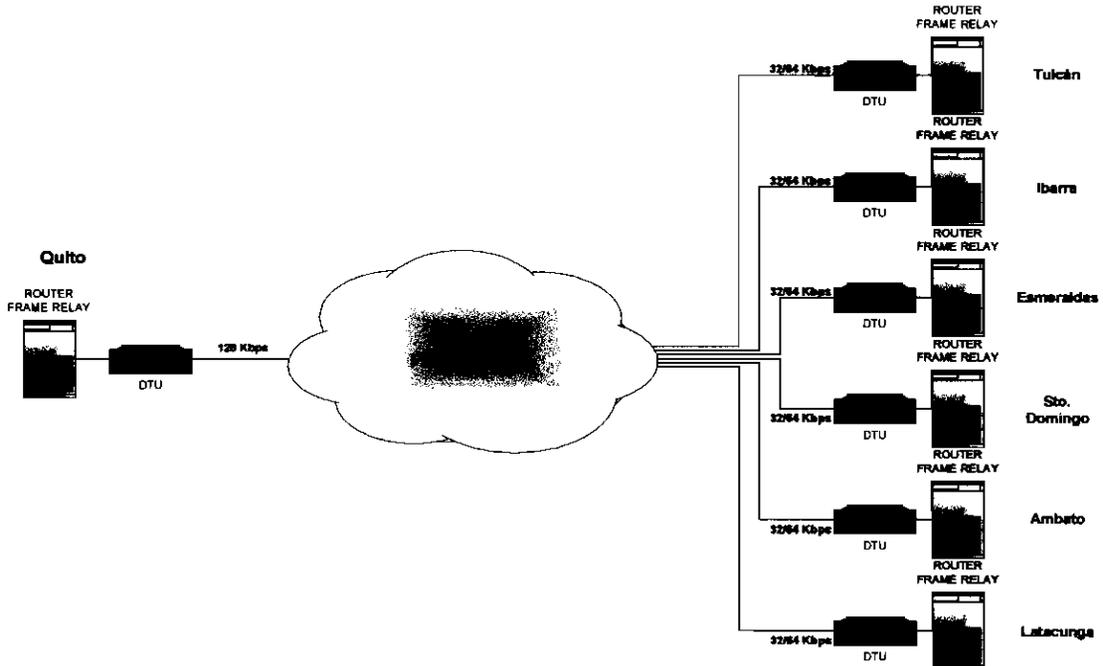
**Tabla 4.3.** Costos de instalación y pago mensual de enlaces TDM

El costo del enlace Quito - Santo Domingo es menor debido a que es un enlace local y no regional como los otros. En esta propuesta se da la posibilidad de la venta o el arriendo de los DTU, de acuerdo al siguiente detalle:

- Costo de Arriendo por equipo (DTU 2603): USD 70 mensuales
- Costo de Venta por equipo (DTU 2603): USD 970

**2da. Alternativa**

Teleholding cuenta actualmente con una red Frame Relay a la cual se pueden conectar la Matriz Regional Quito con las diferentes sucursales en provincias. La configuración se la puede observar en la figura 4.4.



**Figura 4.4.** Configuración 2 para conexión de canales de voz y datos

Para esta configuración se necesita de un solo DTU en Quito, y no los tres que se necesitaban en la anterior configuración. Los costos de este alternativa para un CIR de 32 kbps y un BIR de 32 kbps, se detallan a continuación en la tabla 4.4.

ENLACE	INSTALACIÓN (USD)	PAGO MENSUAL (USD)
Sto. Domingo	103	220
Esmeraldas	103	496
Ibarra	103	496
Tulcán	103	496
Ambato	103	496
Latacunga	103	496

\* no incluyen impuestos. Fuente: Teleholding

**Tabla 4.4.** Costo de Instalación y costo mensual del enlace

Se puede contratar canales de voz de 8 Kbps adicionales para la conexión por voz entre Quito las Sucursales y entre las sucursales, esto en caso de que los routers no soporten la integración de este servicio. El costo de instalación de los canales de voz de 8 Kbps es de 103 dólares, adicionalmente el costo mensual es de 289 dólares por canal a excepción de Santo Domingo cuyo costo mensual es de 160 dólares, por ser un enlace local, igual cosa sucede con el costo del enlace. Los costos de venta o arriendo de DTU son los mismos que en la alternativa anterior

#### **4.2.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN SATELITAL**

Esta alternativa la realiza Impsat del Ecuador, empresa outsourcing de telecomunicaciones de origen argentino, esta empresa cuenta con distintas tecnologías alternativas, a nivel urbano cuenta con Fibra óptica, soluciones mediante cobre y radio, a nivel nacional e internacional tiene soluciones satelitales.

Actualmente esta empresa cuenta con tres estaciones terrenas en el país llamados telepuertos o *HUB's* y están ubicadas en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. El telepuerto principal está en Quito.

Las soluciones satelitales se las puede implementar de tres maneras, las cuales pueden ser soluciones para el IBA-RN dependiendo de la tecnología y solución que se desee implementar, así como de la inversión que se desee realizar, estas se las expone a continuación:

##### **Ira. Alternativa**

La primera alternativa corresponde a la tecnología SCPC (Single Channel Per Carrier), que utiliza un canal dedicado entre los puntos interconectados, las antenas son de 1.8 m y trabajan en la banda C, 4/6 Ghz, esta banda de frecuencia es utilizada principalmente debido a los niveles de lluvia presente en nuestro país.

La tecnología SCPC es utilizada más a nivel de grandes empresas, en donde el tráfico sea realmente intenso y continuo.

Para la implementación de canales de voz el sistema requiere adicionalmente de un multiplexor para manejar los canales de voz y datos, los costos de esta solución se la resume en la tabla 4.5.

VELOCIDAD ENLACE	INSTALACIÓN (USD)	PAGO MENSUAL (USD)	ARRIENDO MENSUAL EQUIPOS (USD)
64 kbps	1.500	1.300	1.200
128 kbps	1.500	1.800	1.200

\* no incluyen impuestos. Fuente: Impsat Ecuador

**Tabla 4.5.** Costo de Instalación y costo mensual del enlace

El arrendamiento no incluyen todos los costos de equipos necesarios para la implementación de la solución, puesto que no se incluye el multiplexor en caso de requerir canales de voz.

## 2ra. Alternativa

La segunda opción corresponde a la tecnología VSAT, la cual utiliza antenas de muy pequeña apertura (1,8 m) y constituyen una magnífica aplicación para sistemas comerciales, financieros, industriales y empresariales. Una sola estación central (*HUB*) puede controlar cientos y hasta miles de pequeñas estaciones; con la gran ventaja que el beneficio de la economía de escala se traslada al usuario final. En este caso el canal ya no es dedicado sino compartido.

Las equipos VSAT de Impsat proporcionan tres tipos de puertos:

- Un puerto serial, que puede ser utilizado para protocolos SDLC, X.25 o Frame Relay.
- Un puerto de voz, para canales de este tipo de servicio.
- Un puerto LAN, para redes de este tipo.

Los anchos de bandas promedios que manejan VSAT son de 19,2 kbps. Esta tecnología es utilizada más a nivel de sucursales, en donde el tráfico es a ráfagas, tipo transaccional.

Para la implementación de canales de voz, no se requiere de un multiplexor adicional para manejar voz y datos, puesto que estos equipos VSAT proveen puertos por separado para cada servicio, los costos de la solución se la resume en la tabla 4.6.

Costo de Instalación (USD)	Costo Mensual del Enlace (USD)
1500	528

\* no incluyen impuestos. Fuente: Impsat Ecuador

**Tabla 4.6.** Costo de Instalación y costo mensual del enlace

### 3ra. Alternativa

La última alternativa es una versión menor de las conocidas VSAT denominada MDAT<sup>1</sup>, la principal diferencia entre estas tecnologías es la capacidad de procesamiento de los equipos, las MDAT maneja tráfico menor. El canal es compartido, bajo demanda.

Los equipos MDAT de Impsat proporcionan solo dos tipos de puertos:

- Un puerto serial, que puede ser utilizado para protocolos SDLC o X.25.
- Un puerto LAN, para redes de este tipo.

Los anchos de bandas promedios que manejan estos equipos son de 9,6 kbps. Este tipo de servicio es utilizado más a nivel de sucursales, en donde el tráfico es esporádico.

<sup>1</sup> Léase minidat

Con esta tecnología la implementación de canales de voz no es factible, ya que el equipo no proporcionan canales de voz, los costos de esta solución se la resume en la tabla 4.7. El pago mensual sería de 800 dólares mensuales, libre de impuestos.

INSTALACION (USD)	PAGO MENSUAL (USD)	ARRIENDO EQUIPOS (USD)
1500	416	384

\* no incluyen impuestos. Fuente: Impsat Ecuador

**Tabla 4.7.** Costo de Instalación y costo mensual del enlace

### 4.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS

En las dos soluciones, el IBA-RN no tiene que mantener personal especializado para solucionar los problemas en los enlaces ya que estas empresas están en la obligación de brindar un buen servicio y con estándares calidad de servicio (QoS) óptimos.

Estas soluciones son las que en la actualidad se implementan en las instituciones y empresas no relacionadas al área de telecomunicaciones, entre ellos los bancos, y evitan que se desvíen de su principal actividad económica. En caso de requerir mayor flexibilidad de diseño, se puede pedir nuevos equipos para nuevas instalaciones o simplemente pedir mayores anchos de banda debido al crecimiento en el momento que desee. Esto se da por el hecho de que el IBA-RN no está comprando o arrendando solo equipos, lo que está haciendo es contratando servicios que le brindan la capacidad de expansión y confianza plena a futuro.

Las dos alternativas técnicamente presentan ventajas y desventajas que deben ser consideradas, y se las resume en la tabla 4.8. En base a esto se debe tomar la decisión de la configuración final de la red.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Solución <b>Teleholding</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canales dedicados para uso exclusivo del IBA-RN.</li> <li>• No presenta problemas por lluvias fuertes.</li> <li>• Bajos retardos de transmisión, esto es más significativo en los canales de voz.</li> <li>• Sistema transparente al protocolo de comunicación del cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No cubre la sucursal Puyo.</li> <li>• Requiere inversión en tarjetas de voz para el manejo de canales de voz.</li> </ul>
<p>Solución <b>Impsat</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología basada únicamente en las velocidades requeridas independientemente de las distancias.</li> <li>• La anchura de banda requerida por cada cliente puede ser asignada en forma dinámica.</li> <li>• Cubrimiento total de todas las sucursales del IBA-RN.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canales compartidos, es decir bajo demanda lo que degrada las aplicaciones dedicadas como la voz.</li> <li>• Para la implementación de los canales de voz se requiere de tecnologías más caras, como VSAT o SCPC.</li> </ul>

**Tabla 4.8.** Ventajas y desventajas técnicas para los dos diseños

### 4.3. DISEÑO DEL SISTEMA

La solución de Teleholding requiere que el IBA-RN realice la adquisición y ampliaciones de sus equipos para soportar canales de voz, de ahí que el costo inicial sería mayor; sin embargo esta compra de equipos (routers) y tarjetas de voz, permitirá aprovechar al máximo las facilidades y servicios de los equipos que posee el banco modelo, los cuales han sido subutilizados.

Las alternativas planteadas por Teleholding no contempla la sucursal Puyo, debido a que esta ciudad y en general el Oriente ecuatoriano no se encuentran dentro del área de cobertura de la empresa, esto se debe a que Andinatel S.A. no

tiene un sistema adecuado para atender a estas zonas, actualmente se realiza estudios para satisfacer dichas necesidades, mediante la instalación de enlaces de microondas digitales de alta capacidad. Para la sucursal Puyo, se debería esperar a que los proyectos que lleva a cabo Andinatel se los concluya y mientras tanto seguirlo manejando mediante la LP o buscar una solución diferente.

De las dos alternativas planteadas mediante Teleholding, la segunda es la más adecuada, por los siguientes puntos:

- Maneja Frame Relay como protocolo de comunicaciones.
- Los canales de voz se manejan dentro del mismo ancho de banda, es decir los canales de voz se manejarán mediante tarjetas que se instalarán dentro de los ruteadores, puesto que estos si tienen la capacidad de procesar canales de voz.
- El costo de los enlaces son menores y se incluyen los canales de voz, a través de los ruteadores.

Impsat ofrece una solución completa para el IBA-RN incluyendo la sucursal Puyo; de las alternativas planteadas por esta empresa no existe una sola que sea aplicable a toda la red del IBA-RN, sino que se debe analizar en función de las necesidades requeridas, de la siguiente manera:

- Debido a que el tráfico cursado es de tipo transaccional, es decir no es dedicado el ciento por ciento, la alternativa de SCPC no es adecuada para las sucursales.
- Por lo tanto se tendría los sistemas VSAT y MDAT para la solución, de estas el sistema MDAT no maneja canales de voz, entonces estaría descartada para las sucursales en donde se requiera este servicio, las cuales se manejarían mediante VSAT.
- Los sistemas MDAT serán utilizados en las Sucursales Puyo y Esmeraldas, debido principalmente a que el ancho de banda requerido es menor que en las otras sucursales y además porque en estas no se requieren canales de voz.

- Los canales de voz que manejarían las sucursales no necesitan de equipamiento adicional, esto se debe a que el sistema VSAT, ofertado, nos proporciona un puerto de voz al cual va conectado directamente el PBX.

### 4.3.1. CONFIGURACIÓN DEL DISEÑO

La mejor solución esta dada por Teleholding debido a que con dicha solución podemos integrar servicios (voz y datos) bajo un solo esquema y protocolo. En cuanto a costos también la solución de Teleholding es mejor.

Por estas razones la propuesta de Teleholding es la que se implementará sin embargo la sucursal Puyo queda fuera de la cobertura la cual se la manejará a través de Impsat, debido principalmente a que en la sucursal no se tiene previsto la implementación de canales de voz y el tráfico que maneja es de tipo transaccional, con la solución MDAT es suficiente.

Las configuraciones para cada una de la sucursales serían las siguientes:

#### SUCURSAL SANTO DOMINGO

Para esta sucursal tenemos la configuración mostrada en la figura 4.5:

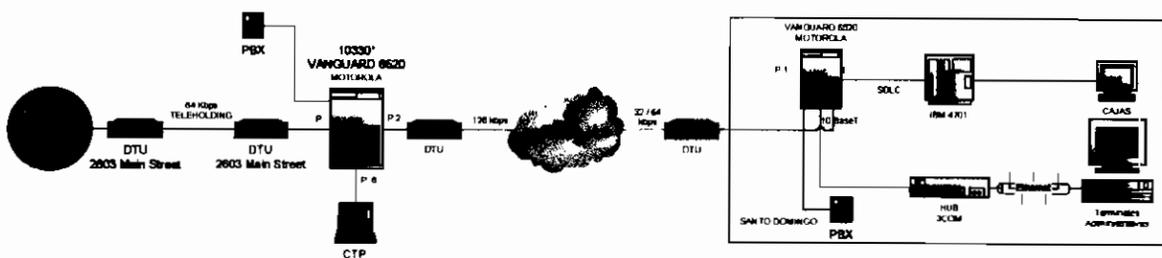


Figura 4.5. Diseño final Sucursal Santo Domingo

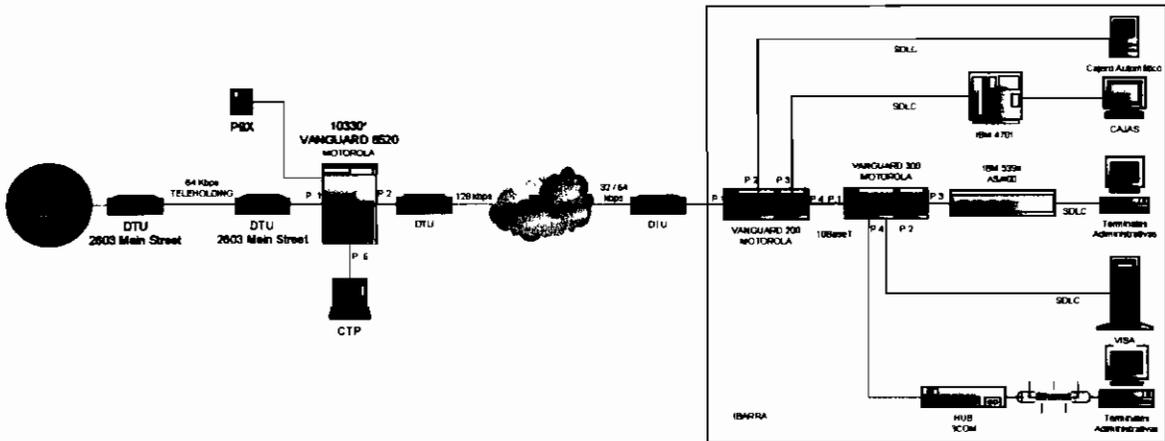
Equipo a Implementar:

- Tarjeta (voz/fax) para el router Vanguard 6520



**SUCURSAL IBARRA**

Para esta sucursal tenemos la configuración mostrada en la figura 4.8:

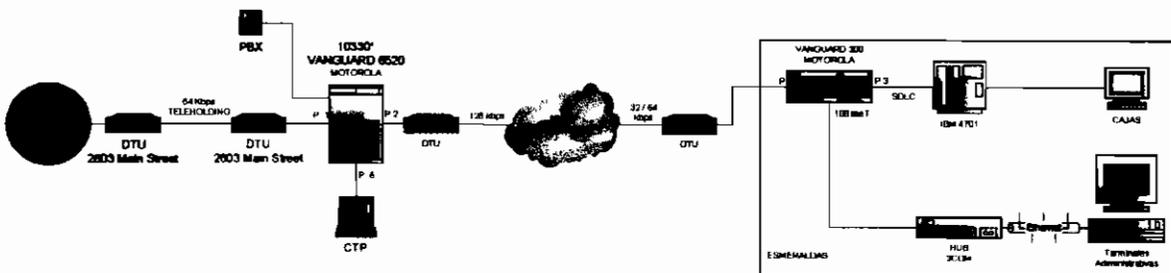


**Figura 4.8.** Diseño final Sucursal Ibarra

Ningún equipo a incrementar.

**SUCURSAL ESMERALDAS**

Para esta sucursal tenemos la configuración mostrada en la figura 4.9:

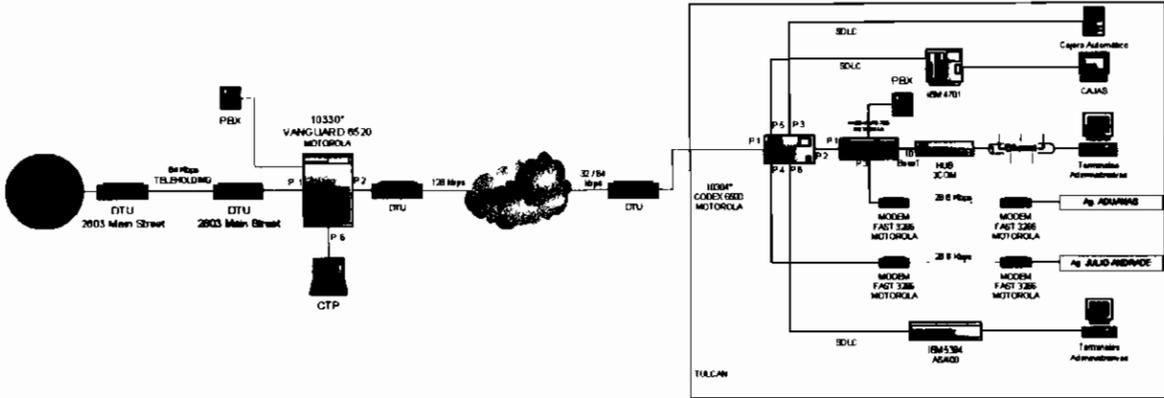


**Figura 4.9.** Diseño final Sucursal Esmeraldas

Ningún equipo a incrementar.

**SUCURSAL TULCAN**

Para esta sucursal tenemos la configuración mostrada en la figura 4.10:



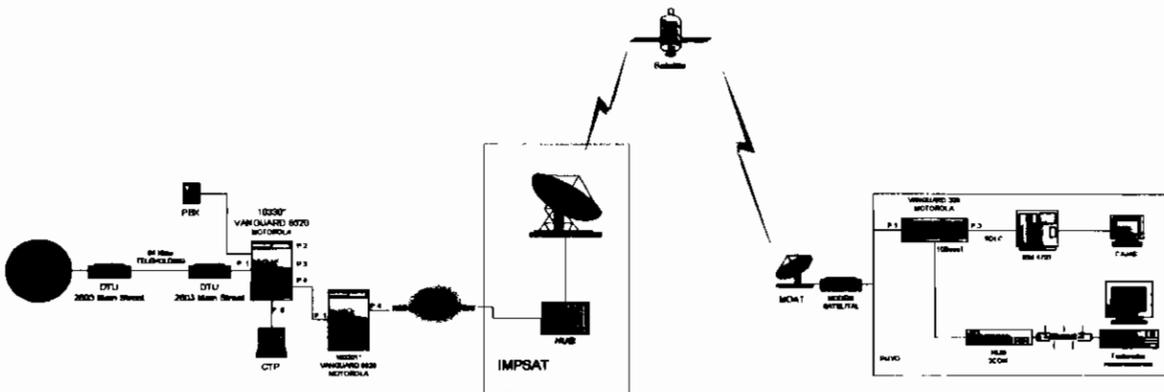
**Figura 4.10. Diseño final Sucursal Tulcán**

Equipos a Implementar:

- Tarjeta (voz/fax) para el Equipo Vanguard 320

**SUCURSAL PUYO**

Para esta sucursal tenemos la configuración mostrada en la figura 4.11:



**Figura 4.11. Diseño final Sucursal Puyo**

Ningún equipo a incrementar.



- Compra, instalación y configuración de equipos y tarjetas de voz (por una vez).
- Arriendo de enlaces (mensual).
- Arriendo de equipos (mensual).

El resumen de gastos se detalla en la Tabla 4.9 Equipos y 4.10 Enlaces.

QUITO	-	1.367,52	-	1.660,96	3.028,48
IBARRA	-	-	-	-	-
AMBATO	-	1.367,52	-	1.660,96	3.028,48
SANTO DOMINGO	-	1.367,52	-	1.660,96	3.028,48
ESMERALDAS	-	-	-	-	-
TULCAN	-	-	781,76	370,72	1.152,48
PUYO	-	-	-	-	-
LATACUNGA	7.814,24	1.367,52	-	1.660,96	10.842,72
<b>TOTAL</b>					<b>21.080,64</b>

\* Incluyen impuestos. Fuente: Uniplex S.A.

**Tabla 4.9.** Costo de Equipos

El costo de las tarjetas de voz FXS para el caso de la sucursal Tulcán es menor puesto que esta sucursal tiene un Vanguard 320, y los costos de tarjetas para estos equipos es menor (al igual que la configuración), comparado con las tarjetas de un Vanguard 6520.

QUITO	TELEHOLDING	-	78,40	115,36	193,76
QUITO – IBARRA (32 Kbps)	TELEHOLDING	629,92	78,40	115,36	823,68
QUITO – AMBATO (32 Kbps)	TELEHOLDING	629,92	78,40	115,36	823,68
QUITO – SANTO DOMINGO (32 Kbps)	TELEHOLDING	279,40	78,40	115,36	473,16
QUITO – ESMERALDAS (32 Kbps)	TELEHOLDING	629,92	78,40	115,36	823,68
QUITO – TULCAN (32 Kbps)	TELEHOLDING	629,92	78,40	115,36	823,68
QUITO – LATACUNGA (32 Kbps)	TELEHOLDING	629,92	78,40	115,36	823,68
QUITO – PUYO (MDAT)	IMPSAT	528,32	430,08	1.680,00	2.638,40
<b>TOTAL</b>					<b>7.423,72</b>

\* Incluyen impuestos

**Tabla 4.10.** Costo de Enlaces

La inversión requerida asciende a 28.504,36 dólares el primer mes. A partir del segundo el IBA-RN deberá pagar mensualmente solo los rubros correspondientes a arriendo de equipos 978,88 dólares y enlaces 3.957,32 dólares, esto es: 4.936,20 dólares mensuales. Además es necesario indicar que los costos ya incluyen los impuestos correspondientes, IVA e ICE, los cuales se aplican al costo por el enlace, mientras que los equipos (arriendo o compra) están gravado únicamente por el IVA.

## **CONCLUSIONES**

- El advenimiento de las nuevas tecnologías, tanto en telecomunicaciones como en los sistemas informáticos, ha hecho que las instituciones bancarias requieran mejorar sus sistemas de comunicaciones con el propósito de brindar un servicio óptimo a sus clientes, es por esta razón que se ha realizado el presente estudio sobre el mejoramiento de la red de telecomunicaciones de un Banco modelo, que le permita optimizar sus recursos de acuerdo a sus necesidades presentes y futuras.
- Es de gran importancia un análisis de las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías de acceso y transporte más utilizadas en nuestro país actualmente, analizando sus características, ventajas y desventajas, para de esta forma escoger la más adecuada, tanto en velocidad, ancho de banda y confiabilidad, para los requerimientos de cualquier entidad bancaria.
- Para dar soluciones de comunicaciones siempre se parte del análisis de la red de comunicaciones actual sus requerimientos y necesidades y así poder determinar cuales son sus problemas, y de esta manera poder definir soluciones adecuadas. Así mismo se debe determinar las funcionalidades de los equipos con que cuenta las instituciones o entidades estudiadas, como es el caso del IBA-RN y determinar si estos tienen la capacidad de soportar nuevos servicios y a partir de esto ver la posibilidad de actualización de los mismos y no adquirir otros de manera innecesaria.
- Una de las conclusiones a las que se llegó a partir de este estudio es que muchas entidades financieras poseen excelentes equipos con suficiente capacidad de manejo de la información de acuerdo a los requerimientos presentes y futuros de las mismas, adicionalmente muchos de estos equipos tienen la capacidad de ampliación de funciones con la simple adición de tarjetas específicas para la implantación de nuevos servicios y funciones, el problema radica en que la actividad económica de estas instituciones no tiene

nada que ver con las telecomunicaciones y no prestan mayor atención a lo que poseen sino a lo que necesitan.

- Otro problema que se suscita en este tipo de instituciones es el poco respaldo económico que brindan al área de comunicaciones, sacrifican el contar con buenos enlaces, buscando el ahorro monetario mediante la contratación de enlaces tal como LP's, entre la matriz y las sucursales, las cuales tienen diversos problemas, debido a su limitado ancho de banda, así como poca confiabilidad, que repercute en la transmisión de los datos e imposibilita la ampliación de nuevos servicios.
- Las tecnologías de acceso mediante LP's son completamente analógicas lo que implica que para poder realizar la transmisión de los datos (digital) debe pasar por una etapa de modulación digital – análogo, repercutiendo en la latencia de la transmisión que para el caso de una institución bancaria representa tiempo y dinero. Por estas razones amerita realizar un cambio de los enlaces dentro del IBA-RN (matriz – sucursales), por un sistema de comunicaciones más eficiente y confiable que garantice un manejo integral de toda la información a transmitir asegurando y manejando anchos de banda suficientes, calidad, confiabilidad, seguridad, privacidad, facilidad de integración de cualquier tipo de información, haciendo de esta manera más ágiles las operaciones y permitiendo la posibilidad de ampliación de acuerdo a necesidades futuras.
- Con la utilización de protocolos confiables como Frame Relay, el IBA-RN estará en capacidad de optimizar la utilización de enlaces entre su matriz, sucursales e inclusive agencias, con ello se podrá compartir tales enlaces para el transporte de información de varios puntos remotos de la red y no solo para una Sucursal como ocurre actualmente. También permitirá la integración de servicios y converger hacia una solución integrada de los mismos.
- Se ha planteado un diseño que contemple además de los requerimientos en ancho de banda y protocolo, la posibilidad del servicio de transmisión de

voz/fax, entre la matriz regional y/o las sucursales que tengan un volumen de transacciones grande, proporcionando una comunicación ágil rápida. Esta posibilidad se la realiza aprovechando las facilidades de los equipos que ya posee el IBA-RN con la simple adición de tarjetas de voz, pero eso sí contando con buenos enlaces para los próximos diez años.

- Actualmente, y por la situación económica en la que se encuentran las instituciones bancarias, estas no pueden generar su propia solución de telecomunicaciones, es decir implementar redes privadas pues resultan costosas en dinero y tiempo ya que deben contar con una infraestructura adecuada, personal capacitado formando un departamento especializado en esta área, por esta razón se ha estudiado varias alternativas de utilización de empresas de telecomunicaciones existentes, que ofrecen servicios de transmisión de datos, y así poder evaluarlas y escoger la mejor alternativa de acuerdo a los requerimientos técnicos y también a la economía del banco modelo, de esta manera el IBA-RN se preocupará por hacer banca y se encargará de exigir un excelente servicio de telecomunicaciones.
- Teleholding, empresa privada que en colaboración con Andinatel S.A., ofrece transmisión de datos a nivel local, nacional e internacional, ha resultado la empresa de menor inversión económica y de mejores facilidades técnicas, ofreciendo adicionalmente el suficiente nivel de confiabilidad, que es lo que requiere una institución bancaria, así como soporte técnico en caso de alguna falla en los enlaces, esto hace que sea la empresa escogida para la solución definitiva, sin embargo esta empresa no cuenta con una cobertura hacia el oriente ecuatoriano, teniendo que ver otra solución para esta sucursal.
- Para sucursales pequeñas la utilización de tecnologías de comunicaciones emergentes representan una buena alternativa, tal es el caso de la solución presentada por la empresa Impsat y su tecnología MDAT (minidat), que está diseñada para tráficos de tipo transaccional y que brindan suficiente calidad y confiabilidad.

## **RECOMENDACIONES**

- Para soluciones de comunicaciones de instituciones o empresas dedicadas a actividades diferentes a las telecomunicaciones, es recomendable el uso de los servicios de empresas dedicadas a esta actividad, mediante la modalidad de outsourcing que es lo óptimo, esta modalidad es un proceso mediante el cual una empresa externa a la empresa necesitada de algún servicio se responsabiliza por el funcionamiento y resultados de un área específica para lo cual hace uso de sus propios equipos y personal especializado, evitando a la empresa necesitada desviarse de su principal actividad.
- En lo relativo a costos, éstos se justifican ya que mediante la utilización de enlaces confiables, de calidad y que aseguran ancho de banda suficiente, se podrán incrementar servicios tales como banca virtual, más cajeros automáticos, más agencias y sucursales, etc., para de esta manera satisfacer a los clientes, dando la posibilidad de captar otros.
- Finalmente en caso de ser necesario se puede pedir nuevos equipos para nuevas instalaciones o simplemente pedir mayores anchos de banda debido al crecimiento en el momento que desee. Esto se da por el hecho de que el IBA-RN no está comprando o arrendando solo equipos, lo que está haciendo es contratando servicios que le brindan la capacidad de expansión y confianza plena a futuro, pues el diseño presentado es flexible y transparente. Esta es una decisión que el banco modelo puede tomarla una vez implementado el nuevo sistema de comunicaciones.

ATM:	Asynchronous Transfer Mode; Modo de Transferencia Asíncrona
BECN:	Backward-explicit congestion notification; notificación de congestión explícita hacia atrás.
BER:	Bit Error Rate; Tasa de Errores de Bit
CCITT:	Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique; Comité Internacional Consultativo de Telegrafía y Telefonía
CRC:	cyclic redundancy check; verificación de redundancia cíclica
CSU:	Channel Service Unit; Unidad de servicio de canal
CTP:	Control Terminal Port; Puerto de terminal de control
CTP:	Control Terminal Port;
DCE:	Data Circuit Terminating Equipment; Equipo de Terminación de Circuitos de Datos
DSL:	Digital Subscriber Line; Línea Digital del Suscriptor
DTE:	Data terminal Equipment; Equipo terminal de datos
DTU:	Data Terminal Unit; Unidad terminal de datos
EIA:	Electronic Industries Association; Asociación de Industrias Electrónicas
FDMA:	Frequency Division Multiple Access; Acceso Múltiple por división de Frecuencia
FECN:	Forward-explicit congestion notification; notificación de congestión explícita hacia adelante.
GEO:	Geostationary Earth Orbit; Orbita Geoestacionaria
HDLC:	High-level Data Link Control; Control de Enlace de Datos de Alto Nivel
Hz:	Hertz (Cycles per Second); Ciclos por Segundo
IEEE:	Institute of Electrical and Electronic Engineers; Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IETF:	Internet Engineering Task Force; Fuerza de Ingeniería para el Internet
IP:	Internet Protocol; Protocolo de Internet
ISDN:	Integrated Services Digital Network; Red Digital de Servicios

---

	Integrados (RDSI)
ISO:	International Organization for Standardization; Organización Internacional de Estandarización
ISO:	International Organization for Standardization; Organización Internacional de Estandarización
ITU:	International Telecommunications Union; Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)
LAN:	Local Area Network; Red de Area Local
LAPB:	Link Access Procedure Balanced; Procedimiento de Acceso al Enlace Balanceado
LEO:	Low Earth Orbit; Orbita baja
LF:	Low Frequency; Baja Frecuencia
MEO:	Medion Earth Orbit; Orbita Media
MF:	Medium Frequency; Frecuencia Media
MODEM:	Modulator/Demodulator; Modulador/Demodulador
OSI:	Open System Interconnection Reference Model; Modelo de referencia de sistemas abiertos de Interconexión
Outsourcing	Proceso mediante el cual una empresa externa a la empresa necesitada de algún servicio, se responsabiliza por el funcionamiento y resultado de un área específica para lo cual hace uso de sus propios equipos y personal especializado.
PAD:	Packet Assembler/Disassembler; Ensamblador/Desensamblador de Paquetes
PC:	Personal Computer; Computador Personal
PDH:	Plesiochronous Digital Hierarchy; Jerarquía Digital Plesiócrona
PPP:	Point Point Protocol; Protocolo Punto a Punto
PSTN:	Public Switched Telephone Network; Red Telefónica Conmutada Pública
PVC:	Permanent Virtual Circuits; Circuitos Virtuales Permanentes
SCPC:	Single Channel Per Carrier; Canal Unico por Portadora
SDH:	Synchronous Digital Hierarchy; Jerarquía Digital síncrona

SDLC:	Synchronous Data Link Control; Control de Enlace de Datos Síncrono
SLIP:	Serial Link Internet Protocol; Protocolo Internet de Enlace Serial
SMDS:	Switched Multi-Megabit Data Service; Servicio de datos multimegabit conmutado
SNA:	Systems Network Architecture; Sistemas de arquitectura de red
SONET:	Synchronous Optical Network; Red Sincrónica Óptica
STP:	Shielded Twisted Pair; Cable de Pares con recubrimiento
SVC:	Switched Virtual Circuits; Circuitos Virtuales Conmutados
TDMA:	Time Division Multiple Access; Acceso Múltiple por división de Tiempo
THROUGHPUT:	Es la cantidad de datos transferidos de un lugar a otro o procesados en una cantidad de tiempo especificada. La velocidad de transferencia de datos para las redes se miden en términos de throughput. Típicamente, el throughput se mide en Kbps, Mbps y Gbps.
UTP:	Unshielded Twisted Pair; Cable de Pares sin recubrimiento
V.34:	Módem que funciona a velocidades de señalización de datos de hasta 33.600 bits por segundo para uso en la red telefónica normal, y en circuitos arrendados punto a punto a dos hilos de tipo telefónico.
VLF:	Very low Frequency; Frecuencia muy baja
VoD:	Video on demand; Vídeo bajo demanda
VSAT:	Very Small Aperture Terminal; Terminal de muy pequeña apertura
WAN:	Wide Area Network; Red de Area Extensa

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] **VINUEZA, Rubén:** "Clientes Especiales". Andinatel S.A. Ecuador, Noviembre 1999.
- [2] **TANEMBAUM, Andrew:** "Redes de Computadoras". Editorial Prentice may Hispanoamericana. Tercera Edición. México 1997.
- [3] **CISCO SYSTEM:** "Curriculum Cisco Certified Network Associate, CCNA Semestre 2". Versión 2.1.2, 2001.
- [4] **INTELSAT:** "Tecnología de Estaciones Terrenas". Revisión 4. Marzo 1995.
- [5] **INSTITUTO PARAGUAYO DE TELECOMUNICACIONES:** "Red Digital de Servicios Integrados". Paraguay, Agosto 1999.
- [6] **BONILLA, Marcelo:** "Cableado Estructurado". Martel, 1992
- [7] **MOD – TAP:** "Aplicaciones y Componentes Cableado Estructurado". 1996
- [8] **MOTOROLA:** "Vanguard 6520 Instalation Manual". E.U.A. 1998.
- [9] **MOTOROLA:** "326X V.34, V.34 – SDC, and V.32 bis Series Modem User's Guide". E.U.A. 1996.
- [10] **EGAS, Carlos:** "Comunicaciones Satelitales". Escuela Politécnica Nacional. Marzo 1999.
- [11] **ERICSSON:** "Mini – Link Microwave Radio Systems", Sweden 1996
- [12] **SR TELECOM:** "Wireless Data Networks". Canadá
- [13] **STALLING, William:** "Data and Computer Communications". Editorial Prentice Hall, Quinta Edición. E.U.A. 1997.
- [14] **TOMASI, Wayne:** "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas". Editorial Prentice Hall Hispanoamérica S.A. Segunda Edición. México 1997.
- [15] **IETEL:** "Radio Comunicaciones Espaciales". IETEL, Ecuador, Octubre 1986.
- [16] **BIBLIOTECA BASICA:** " Comunicaciones Opticas", Nueva Lente Ediciones S.A. Madrid, 1986.

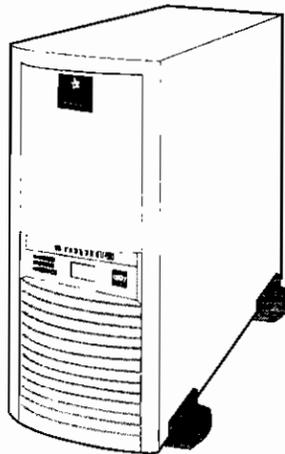
- [17] **MAHLKE, GÜNTHER Y GÖSSING, PETER:** "Conductores de Fibras Ópticas", Marcombo, S.A. Barcelona, 1987.
- [18] **BERDMAR IZQUIERDO, JUAN:** "Telecomunicación a través de Fibras Ópticas", Ahciet, Madrid, 1986.
- [19] **MARTÍN SANZ, JOSE:** "Comunicaciones Ópticas", Editorial Paraninfo. S.A., Madrid, 1996.
- [20] **BLACK, UYLESS:** "Tecnologías Emergentes Para Redes de Computadoras", Prentice Hall, México, 1997.
- [21] **ASETA,** Enlace Andino, Número 9, Agosto 1993.
- [22] **CARRION, HUGO:** "Ingeniería de Tráfico de Telecomunicaciones", Marzo 2001.
- [23] <http://www.iies.es/teleco/asesoria/tecnica/uit/ndexv.htm>, Índice de las Recomendaciones UIT-T, Septiembre de 1997, Edición en Español
- [24] <http://www.ahciet.net/tecnologia/diccionario/>, ACHIET, Diccionario tecnológico.
- [25] <http://www.redaccionvirtual.com/redaccion/glosario/>, Redacción Virtual Cisco System.
- [26] <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito doc/>, Internetworking Technology, Cisco System.
- [27] <http://www.webopedia.com/>, Online Encyclopedia Dedicated to Computer Technology.
- [28] <http://www.iec.org/online/tutorials/>, International Engineering Consortium, Tutoriales.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES

En este punto se analizará las características de los equipos con que cuenta el **IBA-RN** para el enlace de las diferentes sucursales para, de acuerdo a este, se pueda conocer las prestaciones de los mismos y si estos cumplen los requerimientos futuros del banco.

### VANGUARD 6520 (MOTOROLA)

La familia Vanguard 6520 consiste de un ruteador multipuerto integrado y configuraciones switch/access Frame Relay que son optimizadas para oficinas de mediano tamaño (figura A.1). La integración del router LAN y la arquitectura de switch Frame Relay provee desempeño superior y beneficios económicos para redes de sucursales con una mezcla de LAN y aplicaciones basadas en protocolos seriales. La familia 6520 se diseña también para acomodar futuras aplicaciones de multimedios con una simple adición de opciones (slots de expansión).



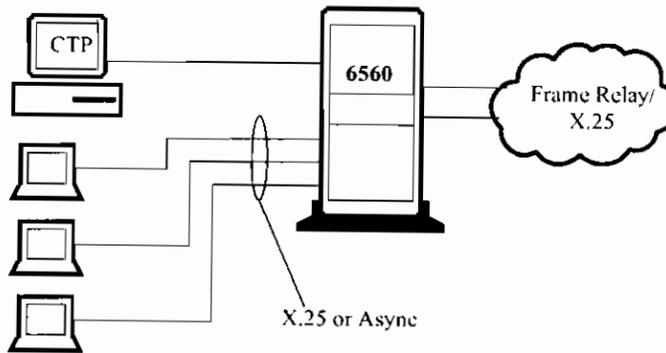
**Figura A.1.** Vanguard 6520

### APLICACIONES:

El router periférico multimedia 6520 es un producto de acceso a redes WAN optimizado para sucursales de oficinas que dependen de la consolidación

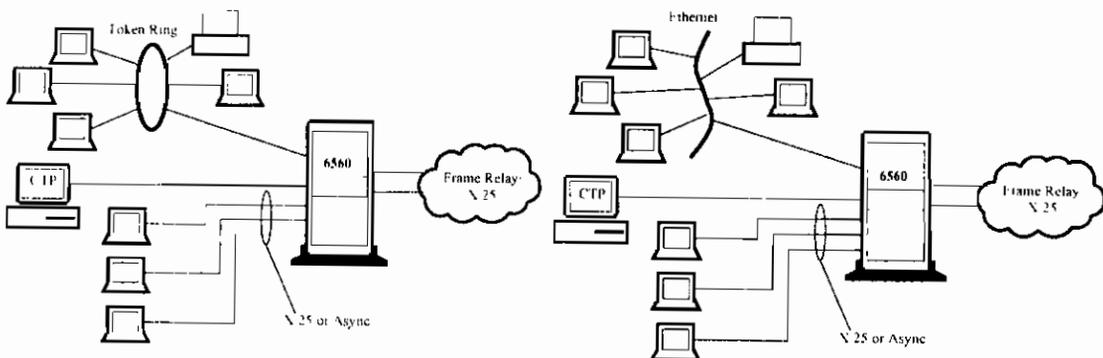
eficiente de protocolos tales como SNA(Systems Network Architecture)/SDLC y otros con tráfico de redes LAN sobre circuitos dedicados o conmutados X.25, Frame Relay, punto a punto, multipunto e ISDN (Integrated Services Digital Network). El 6520 también permite la combinación de fax y voz analógica/digital con tráfico de datos sobre enlaces públicos o dedicados Frame Relay. Las principales aplicaciones son:

- ◆ Aplicaciones Seriales.- El 6520 soporta más de 50 protocolos seriales, se puede agregar hasta 16 puertos seriales adicionales para cubrir las necesidades crecientes, esto se lo puede apreciar en la figura A.2.



**Figura A.2.** Ejemplo de Aplicaciones seriales.

- ◆ Aplicación LAN.- En un ambiente LAN, el 6520 puede soportar hasta 2 tarjetas LAN Ethernet y una Token Ring con hasta 18 puertos seriales (figura A.3).



**Figura A.3.** Ejemplos de aplicaciones LAN

- ◆ Aplicación de voz.- Como un VoiceFRAD, el 6520 combina eficientemente tráfico de voz y/o fax con la LAN existente y el tráfico serial proveyendo un conjunto de soluciones para la sucursal.

### CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE:

La configuración, administración y determinación de problemas en un nodo 6520 se lo puede hacer con un terminal local o remoto actuando como un terminal de control. El terminal llama dentro del nodo al CTP (Control Terminal Port), un módulo de software actúa como un puerto de terminal de control lógico. La configuración puede ser almacenada y grabada cuando un PC se usa como terminal local o remoto.

### CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE:

El Vanguard 6520 emplea una plataforma de torre, contiene una tarjeta madre (CPU), una fuente de alimentación, un bus ISA para hasta siete tarjetas de interface adicionales y un slot para la opción de acceso remoto vía módem, esta configuración puede observarse en la figura A.4.

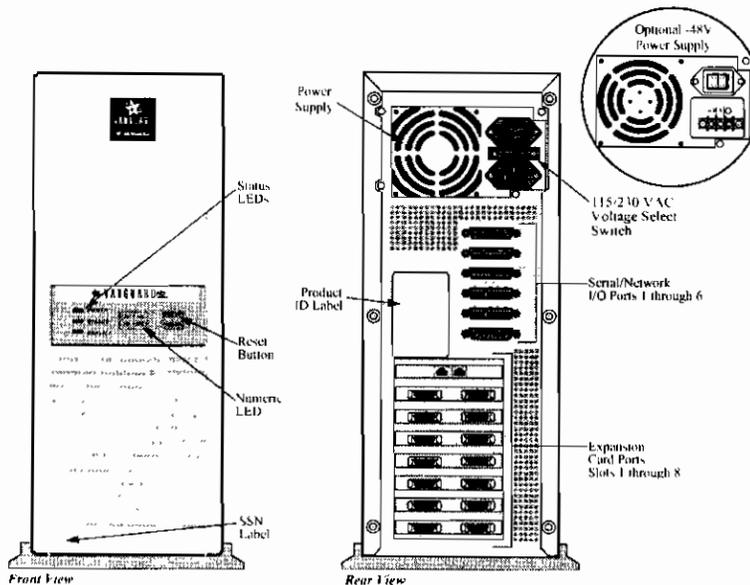


Figura A.4. Vista Frontal y posterior del Vanguard.

En su configuración básica, el 6520 tiene 5 puertos seriales, un puerto adicional CTP, memoria tipo FLASH y una batería de respaldo de la configuración. Esta es fácilmente expandida mediante la adición de tarjetas estándares para el bus ISA. Las opciones incluyen tarjetas Ethernet o Token Ring, tarjeta HUB, SDB (Serial Data Board), Tarjeta E1/T1, tarjeta ISDN y más tarjetas seriales con dos puertos adicionales por tarjeta.

### CODEX 6500PLUS (MOTOROLA)

Los 6500<sup>PLUS</sup> es una familia de dispositivos de red que pueden operar en redes de datos públicas o privadas. Un nodo 6500<sup>PLUS</sup> puede tener desde 6 a 54 puertos, con velocidades en los puertos de terminal de hasta 38.4 Kbps y velocidades en los puertos de red de hasta 384 Kbps.

#### CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE:

La configuración, administración y determinación de problemas en un nodo 6500<sup>PLUS</sup> se lo puede hacer con un terminal local o remoto actuando como un terminal de control. El terminal llama dentro del nodo al CTP (Control Terminal Port), un módulo de software actúa como un puerto de terminal de control lógico.

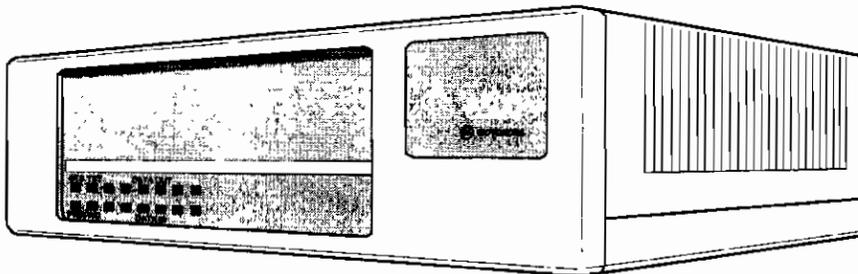
La configuración puede ser almacenada y grabada cuando un PC es usado como un terminal local o remoto.

#### CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE:

Un nodo 6500<sup>PLUS</sup> consiste de al menos una tarjeta procesadora, una o más tarjetas de soporte adicionales y, opcionalmente, una tarjeta modular de interface Token Ring (TRIM). Un nodo puede estar contenido en una sola plataforma, la cual puede soportar solamente una tarjeta procesadora, o en un módulo anexo el cual puede soportar más de una tarjeta procesadora y varias tarjetas de soporte.

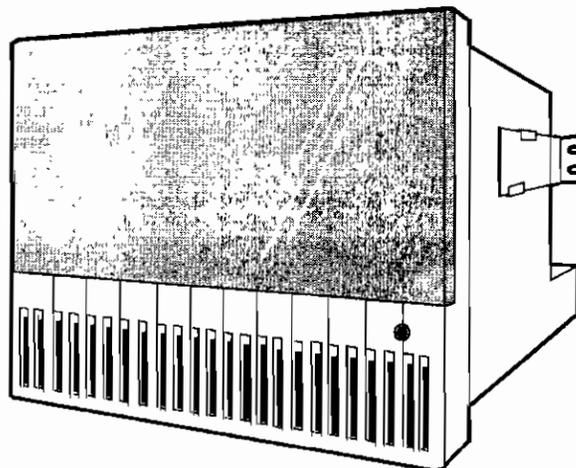
El 6500<sup>PLUS</sup> puede incluir los siguientes tipos de tarjetas: Tarjeta procesadora 6500, Tarjetas procesadoras auxiliares, Tarjeta asincrónica I/O (AIO), Tarjeta universal I/O (UIO), tarjeta NSO (Network Storage Option), Tarjeta (TRIM).

El 6500<sup>PLUS</sup> tiene dos presentaciones: de una sola plataforma o de tipo modular. El de plataforma (figura A.5) solamente tiene una tarjeta la cual debe ser una tarjeta procesadora; esta unidad soporta hasta 6 puertos X.25 o terminales dependiendo del tipo de tarjeta procesadora instalada.



**Figura A.5.** Codex 6500<sup>PLUS</sup> tipo plataforma

El tipo modular (figura A.6) provee un nodo 6500<sup>PLUS</sup> con espacio para una o más tarjetas procesadoras y varias tarjetas de soporte. En un solo módulo se puede incluir, por ejemplo, DSU/CSUs 35xx<sup>1</sup>, módems 326x o 33xx en adición a los nodos 65xx.



**Figura A.6.** Codex 6500<sup>PLUS</sup> tipo modular

<sup>1</sup> (35) significa la familia de equipos y (xx) representa el modelo del mismo

La tarjeta procesadora 6500<sup>PLUS</sup> provee el poder principal de procesamiento en el nodo. Existen tres tipos de tarjetas procesadoras:

- ◆ 6505<sup>PLUS</sup> Servidor de acceso asincrónico
- ◆ 6507<sup>PLUS</sup> Servidor de acceso multifuncional
- ◆ 6525<sup>PLUS</sup> Concentrador de red, utilizada por el IBA - RN

La figura A.7 muestra el panel frontal de la tarjeta procesadora. Desde el panel frontal se puede resetear la tarjeta, analizar las luces y monitorear la transmisión de datos observando las luces de los displays.

Físicamente las tarjetas procesadoras son idénticas. El módulo ID (identificación) de cada tarjeta procesadora es único y provee las funciones especificadas para cada tipo de tarjeta procesadora.

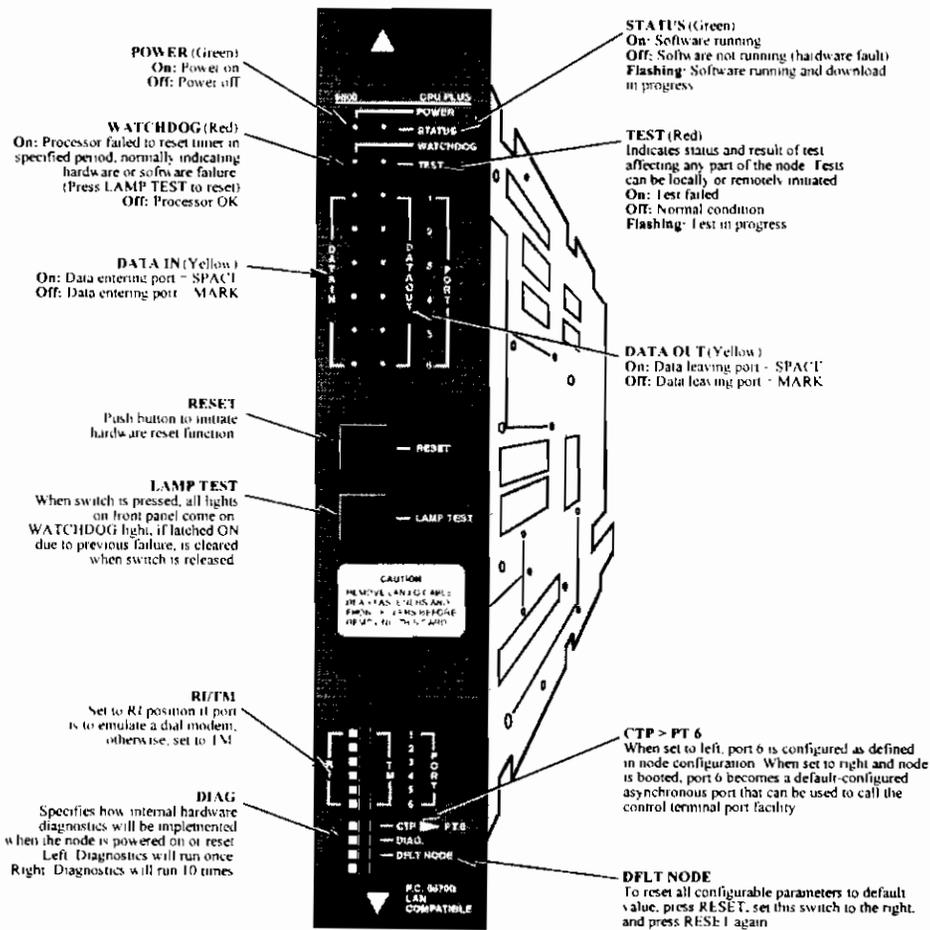
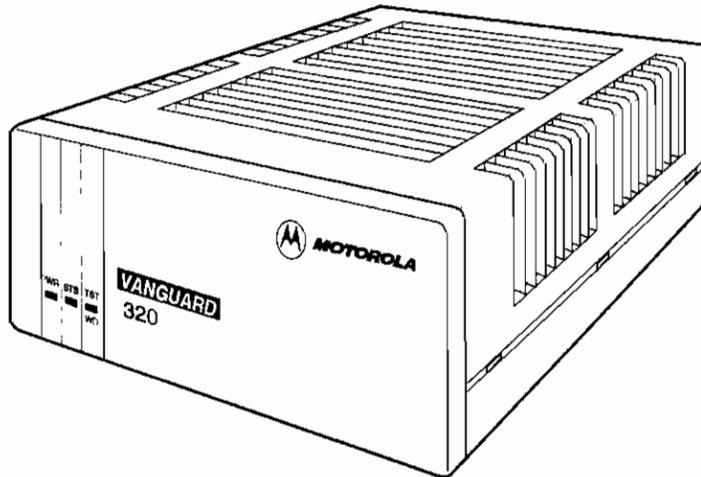


Figura A.7. Panel Frontal de la tarjeta procesadora 6500<sup>PLUS</sup>

### VANGUARD 320 (MOTOROLA)

El Vanguard Motorola 320 es un dispositivo compacto de acceso a redes para conexión de dispositivos LAN y seriales en redes públicas y privadas tales como Frame Relay, ISDN y X.25. El Vanguard 320 es una sola plataforma que soporta hasta dos tarjetas secundarias opcionales. Usando las tarjetas opcionales, el Vanguard 320 ofrece una solución flexible y bajo costo para transportar datos, voz y vídeo a través de una red.

El Vanguard 320 (figura A.8.) provee las siguientes características estándar:



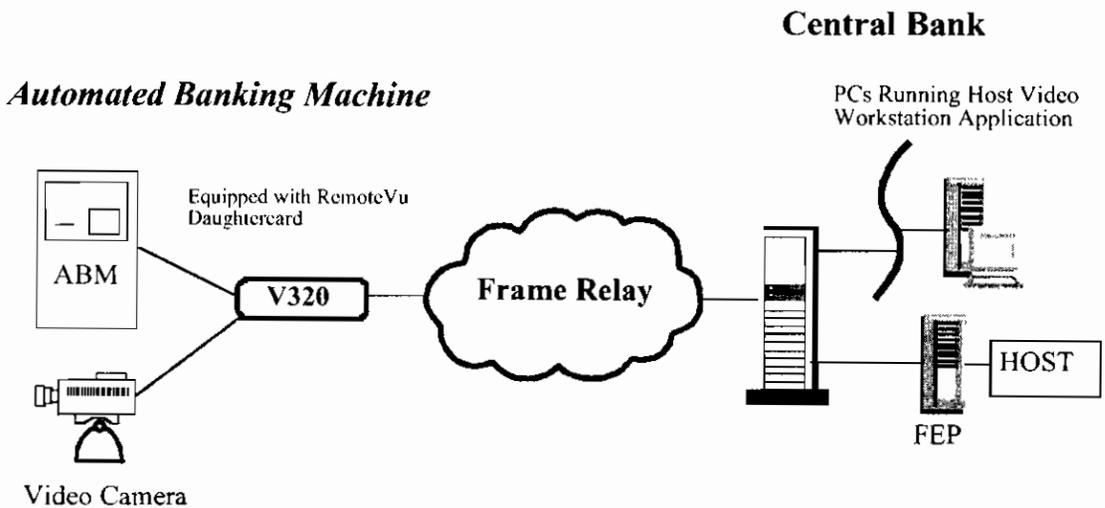
**Figura A.8.** Vanguard 320

- ◆ Fuente de alimentación externa
- ◆ CTP para configuración y administración local y remota
- ◆ Interface Ethernet (10BaseT)
- ◆ Un puerto serial
- ◆ Dos slots para tarjetas secundarias
- ◆ 2MB de memoria FLASH y 4 MB de memoria DRAM

## APLICACIONES:

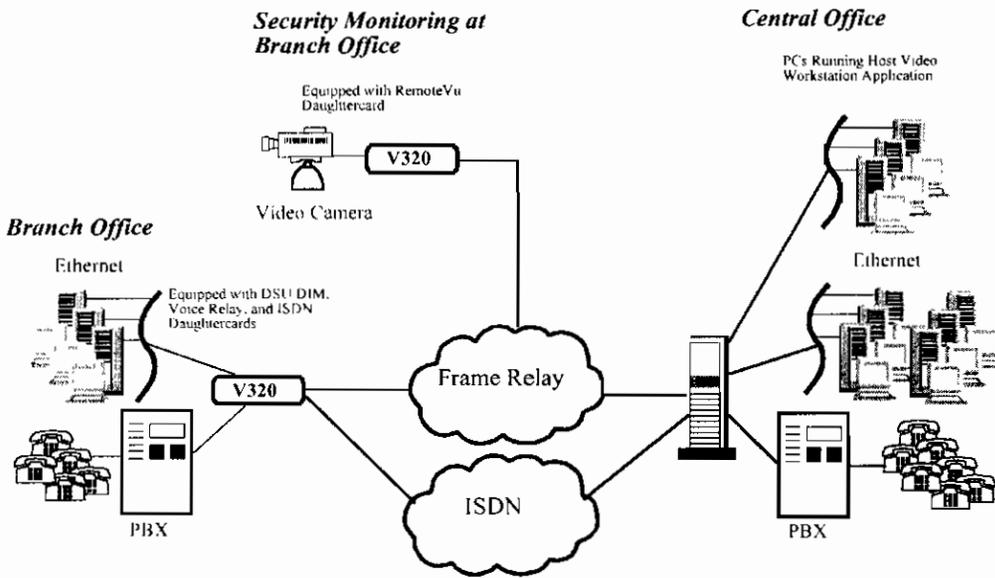
Las principales aplicaciones del Vanguard 320 son:

- ◆ El Vanguard 320 soporta encapsulación multiprotocolo de trafico IP y protocolos seriales sobre Frame Relay
- ◆ El Vanguard 320 puede soportar encapsulación de vídeo y protocolo serial sobre Frame Relay, esta aplicación se puede observar en la figura A.9. Este uso del Vanguard 320 se lo emplea en aplicaciones tales como cajeros automáticos (ATM). Con la opción de software de llamar sobre demanda, el Vanguard 320 inicia una conexión solamente cuando existe transferencia de datos, por ejemplo, solo para la duración de una transacción bancaria. La tarjeta opcional Remote Vu puede capturar vídeo y enviarlo al sistema de seguridad del banco.



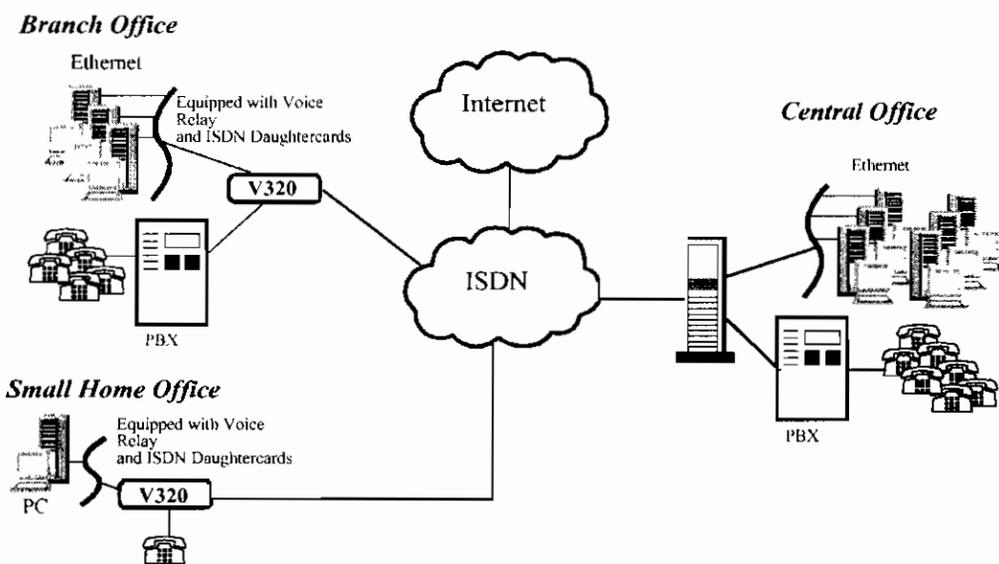
**Figura A.9.** Encapsulación de vídeo y protocolos seriales sobre Frame Relay

- ◆ El Vanguard 320 ofrece una solución ideal para la conectividad de sucursales con la oficina central sobre redes Frame Relay pública o privadas tal como se lo observa en la figura A.10.



**Figura A.10.** Soporte de voz, vídeo e ISDN sobre Frame Relay

- ◆ Equipado con tarjetas opcionales provee un amplio rango de soluciones de redes para compañías con pequeñas sucursales o comunicaciones con empleados que trabajan en casa. Una llamada en un enlace dedicado ISDN provee conexión de la red con la sucursal y la casa, como se lo puede ver en la figura A.11.



**Figura A.11.** Conectividad de sucursales y oficinas en casa con la oficina central

## CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE:

El software se comprime en la memoria FLASH y se carga dentro de la DRAM para la operación. El Vanguard 320 soporta varias aplicaciones entre estas las siguientes:

- ◆ Empaquetamiento de aplicaciones IP
- ◆ Empaquetamiento de aplicaciones SNA
- ◆ Empaquetamiento de aplicaciones de protocolos seriales
- ◆ Empaquetamiento de aplicaciones multiservicio
- ◆ Empaquetamiento de aplicaciones multimedia

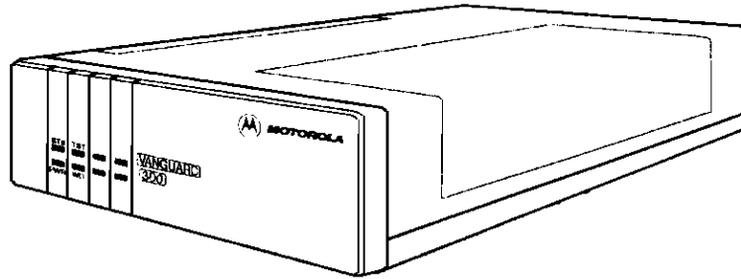
## CARACTERÍSTICAS DE LAS TARJETAS OPCIONALES:

El Vanguard 320 está disponible con los siguientes componentes opcionales, instalados de fábrica o separadamente como tarjetas opcionales.

- ◆ Tarjeta Voice Relay
- ◆ Tarjeta Dual FXS Voice Relay
- ◆ Tarjeta Remote Vu
- ◆ Tarjeta ISDN
- ◆ Tarjeta DSU
- ◆ Tarjeta DIM
- ◆ SIMMs DRAM

## VANGUARD 300 (MOTOROLA)

El Vanguard 300, se lo muestra en la figura A.12 es un FRAD (Frame Relay Access Device) que provee acceso de dispositivos seriales con LAN Ethernet hacia redes Frame Relay públicas o privadas.



**Figura A.12.** Vanguard 300

El Vanguard 300 caracteriza los puertos 1, 2 o 3 como puertos seriales FRAD funcionando con LAN para acceder a redes Frame Relay. Todos los Vanguard 300 disponen de las siguientes características:

- ◆ CTP para configuración y administración local y remota
- ◆ Disponibilidad de enlaces duales
- ◆ Interface Ethernet
- ◆ Servicio Frame Relay y X.25
- ◆ Soporta PAD X.25
- ◆ Soporta multiprotocolo
- ◆ Ancho de banda bajo demanda (BOD)
- ◆ Administración SNMP
- ◆ Descarga de software a través de TFTP
- ◆ Compatibilidad total con 6500<sup>PLUS</sup> y 6520

El Vanguard 300 está disponible con componentes adicionales instalados de fabrica o como tarjetas adicionales separadas, estas son:

- ◆ Tarjeta DSU
- ◆ Tarjeta ISDN
- ◆ Tarjeta Voice Relay
- ◆ Tarjeta DIM
- ◆ Puerto Dim en la tarjeta madre

## APLICACIONES:

Se puede configurar los puertos seriales extra en mono o duo FRAD para proveer un enlace de respaldo al puerto de red Frame Relay o se puede conectar a ellos un módem analógico externo, SW56 DSU o ISDN BRI, que da un camino alternativo en caso de fallo en la red.

Las aplicaciones del Vanguard 300 se las puede apreciar en la figura A.13.

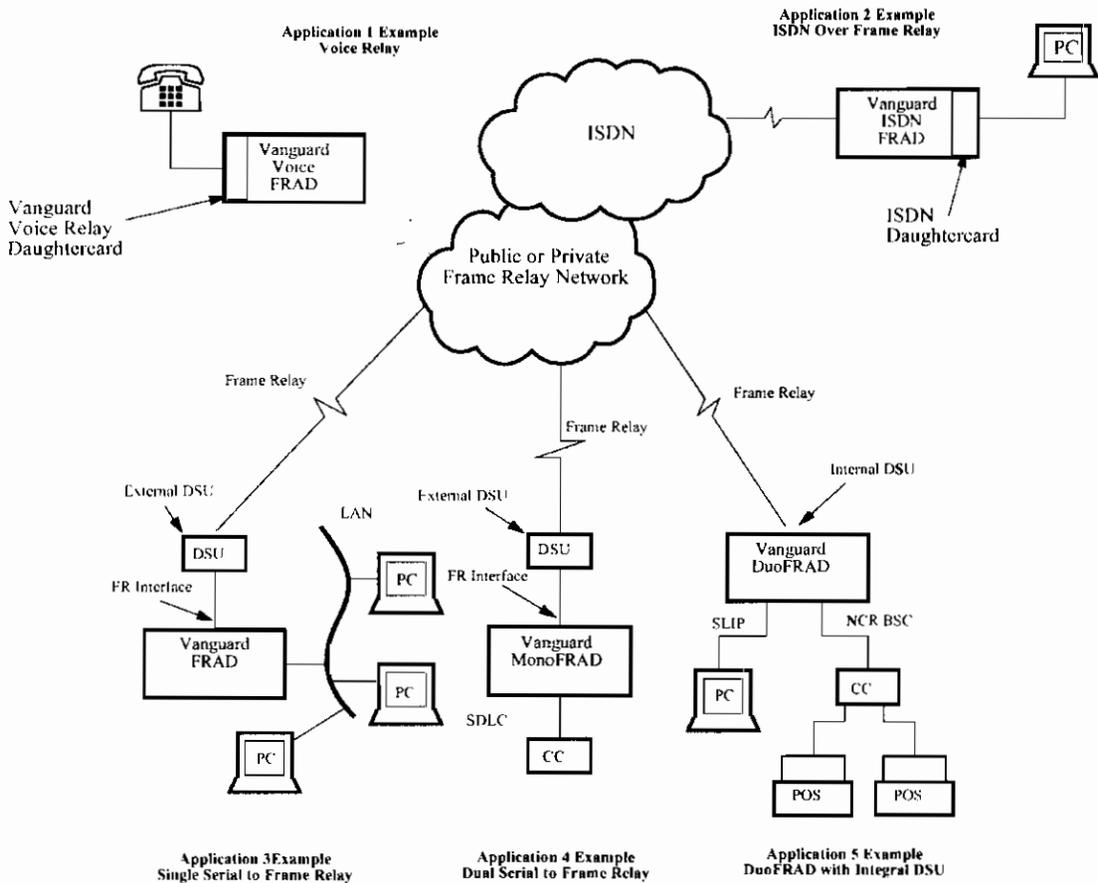


Figura A.13. Ejemplos de aplicaciones del Vanguard 300

## CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE

La unidad base del Vanguard 300 incluye los siguientes componentes:

- ◆ Una tarjeta madre

- ◆ Una fuente de alimentación
- ◆ Un puerto V.24 con conector DB25
- ◆ Puerto opcional para tarjetas (DIM o DSU)
- ◆ Puerto DIM opcional en la tarjeta madre
- ◆ Un puerto LAN: Ethernet con interfaz 10BaseT o AUI
- ◆ El puerto LAN configurado de fábrica es el 10BaseT
- ◆ Un puerto asincrónico usado como puerto de control
- ◆ Dos MB de memoria FLASH y cuatro MB de memoria DRAM

La parte posterior se puede apreciar en la figura A.14.

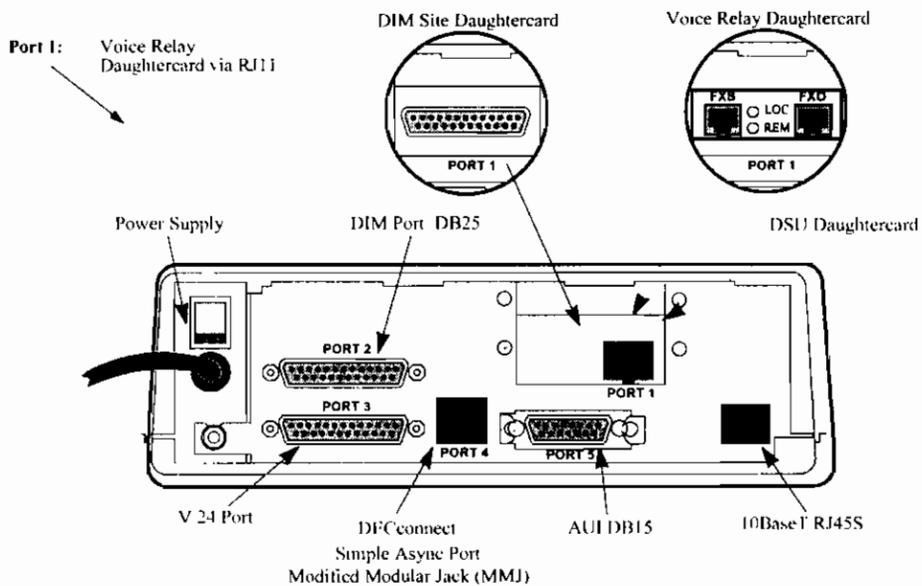
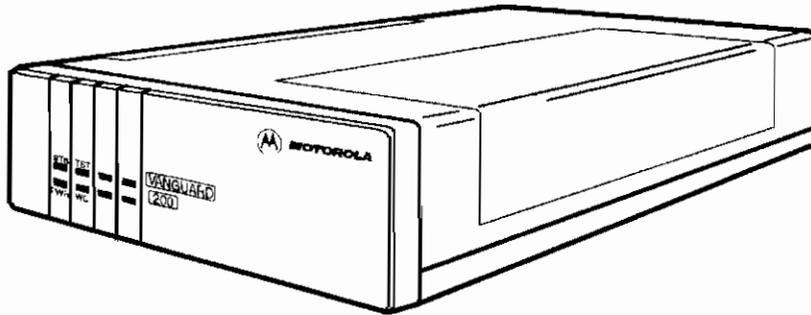


Figura A.14. Vanguard 300 vista posterior

### VANGUARD 200 (MOTOROLA)

El Vanguard 200 (figura A.15) es un dispositivo de acceso a Frame Relay (FRAD) que permite una combinación de terminales, PCs, estaciones de trabajo y controladores en redes Frame Relay públicas y privadas para interconexión a PCs remotos, LANs o Hosts. El Vanguard 200 puede conectarse también a redes

públicas o privadas X.25 y provee la capacidad de migrar a Frame Relay cuando esté disponible.



**Figura A.15.** Vanguard 200

Los Vanguard 200 ofrecen las siguientes características estándar:

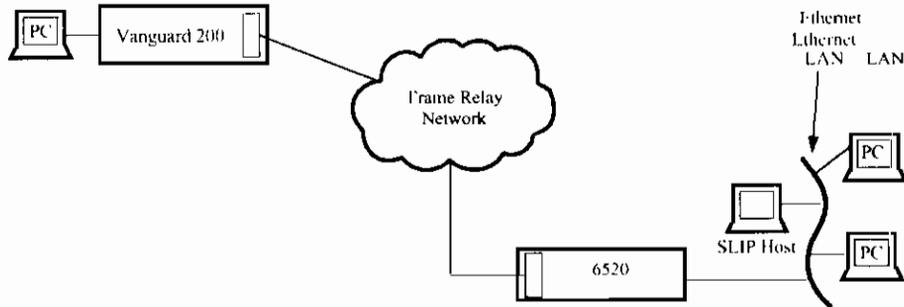
- ◆ Seis puertos
- ◆ Vía Manejable SNMP
- ◆ Soporta multiprotocolos
- ◆ Descarga de Software vía TFTP (Trivial File Transfer Protocol) o directamente usando una aplicación de comunicación con PC
- ◆ Empaquetamiento
- ◆ Agregado Frame Relay
- ◆ Soporta Switch de 56 Kbps.
- ◆ 2 MB de memoria FLASH
- ◆ 3 MB de memoria DRAM (expandible a 5 MB)

#### APLICACIONES:

Las principales aplicaciones del Vanguard 200 son las siguientes:

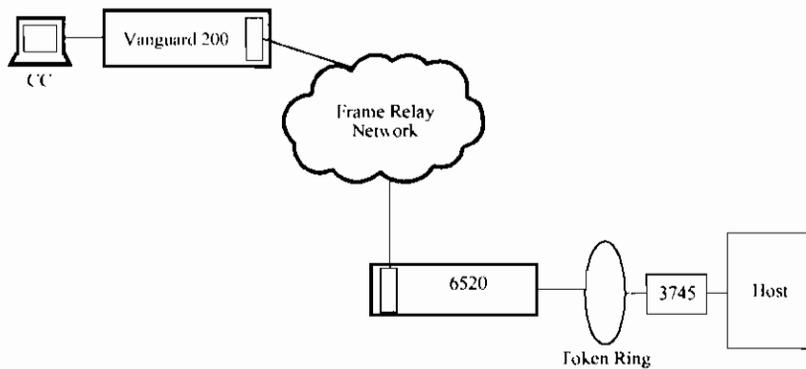
- ◆ Aplicaciones SLIP (Serial Line Internet Protocol): provee acceso SLIP para una conexión con PC. El Vanguard 200 usará un DSU integral para proveer una conexión a redes Frame Relay públicas o privadas. Un Vanguard 6520

está conectado al otro extremo de la red Frame Relay para proveer una conexión al host SLIP vía una conexión ethernet, como se lo observa en la figura A.16.



**Figura A.16.** Aplicación SLIP

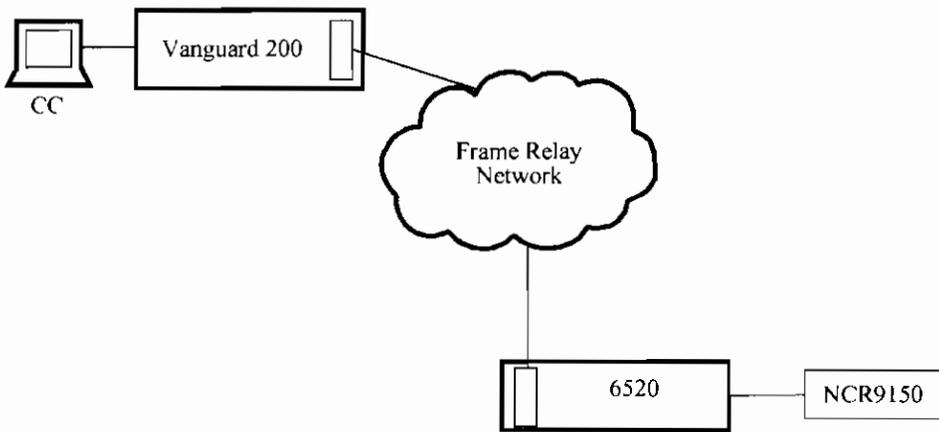
- ◆ Aplicación SDLC para LLC (Logical Link Control) : provee acceso SDLC TPAD (Terminal Packet Assembler/Disassembler) para un controlador de establecimiento. El Vanguard 200 usará una DSU externo que provee una conexión a redes Frame Relay públicas o privadas (figura A.17). Un Vanguard 6520 convertirá las tramas SDLC a tramas LLC para transmitir en una Token Ring enlazada a un FEP3745.



**Figura A.17.** Aplicación SNA/SDLC

- ◆ Aplicación sincrónica NCR: Provee acceso sincrónico NCR para un controlador de grupo. El Vanguard 200 usa un DSU integrado que provee una conexión a una red Frame Relay pública o privada. Un Vanguard 6520 está

conectado al otro extremo de la red Frame Relay que provee una conexión al host NCR enlazado, como se lo puede ver en la figura A.18.



**Figura A.18.** Aplicación sincrónica NCR

#### CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE:

El Vanguard puede soportar protocolos X.25, SDLC, PPP, Frame Relay, Asíncrono, Ruteo IP y otros protocolos seriales.

#### MÓDEM FAST 3266 (MOTOROLA)

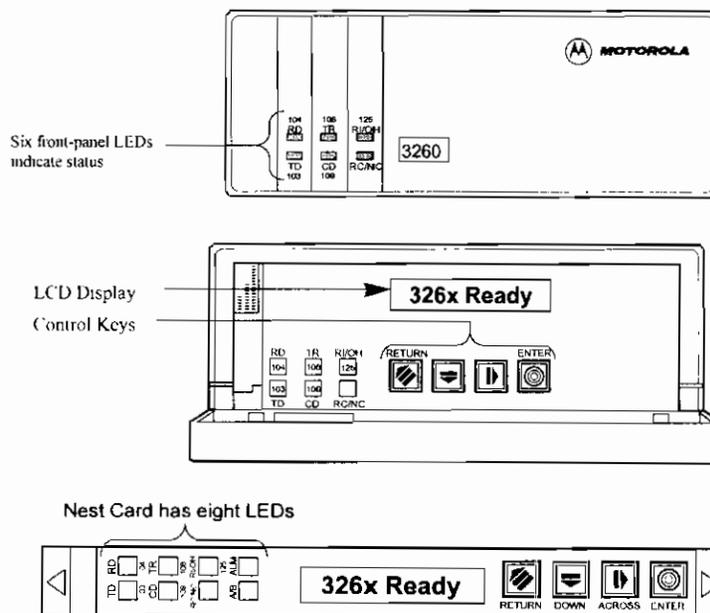
Este módem provee comunicación de datos sobre líneas conmutadas (DIAL LINE) de dos hilos o sobre líneas arrendadas (LP) de dos o cuatro hilos. Ya sea que se use líneas conmutadas o arrendadas, la operación del módem se lo puede hacer de la siguiente forma:

- ◆ Usando el panel frontal: Mediante las teclas de control y el display LCD
- ◆ Usando los comandos estándar AT
- ◆ Desde un terminal conectado o mediante un software de comunicación asíncrono corriendo dentro de un PC
- ◆ Desde un NMS (Network Management System)
- ◆ Usando métodos de establecimiento de llamada, tal como V.25bis o LPDA2, denominados unidades de llamada automática (ACU)

El Módem 3266FAST puede operar en el modo de modulación V.34, con velocidades de transmisión de 2.4, 4.8, 7.2, 9.6, 12.0, 14.4, 16.8, 19.2, 21.6, 24.0, 26.4 y 28.8 Kbps. La frecuencia de la portadora puede ser de 1600, 1646, 1800, 1829, 1920, 1952, y 2000 Hz.

Entre las características más importantes de este módem se tienen: configuración remota, corrección y compresión de datos, niveles de seguridad, detección de problemas, sistema adaptivo de velocidad y otras.

Este módem se lo encuentra en dos modelos: plataforma o tarjeta (figura A.19.) diferenciados únicamente por el tamaño mas no por sus funciones.

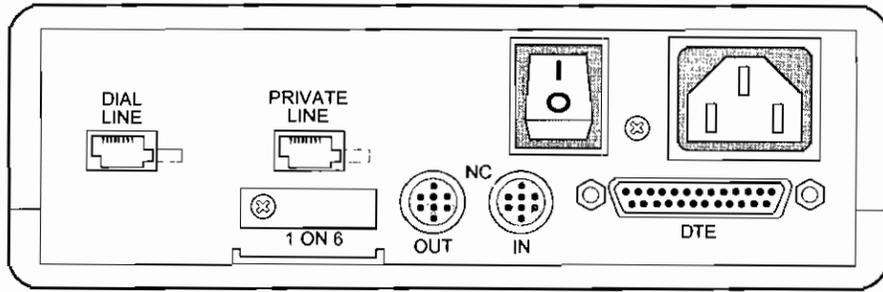


**Figura A.19.** Módem 3266 modelo plataforma y tarjeta

El módem 3266 modelo tarjeta puede ser instalado en los racks montados en los módulos Motorola de 9 y 21 slots.

Los módems de la serie 326X FAST, son compatibles con módems que no soportan el modo de modulación V.34, estos automáticamente negocian la mejor modulación común (p.e. V.32bis).

La parte posterior de este módem puede verse en la figura 2.20.



**Figura A.20.** Vista posterior del módem 3266FAST

Como conclusión de este punto se puede decir que los equipos con que cuenta el banco son de buena capacidad en lo que respecta a transmisión y recepción de datos, a capacidad de expansión y a diversidad de protocolos de transmisión, de esto se puede concluir que los equipos no son el problema para la deficiente transmisión de datos y los problemas que cuenta el mismo.

## **B1. X.25**

### **B1.1. EL PROPOSITO DE X.25**

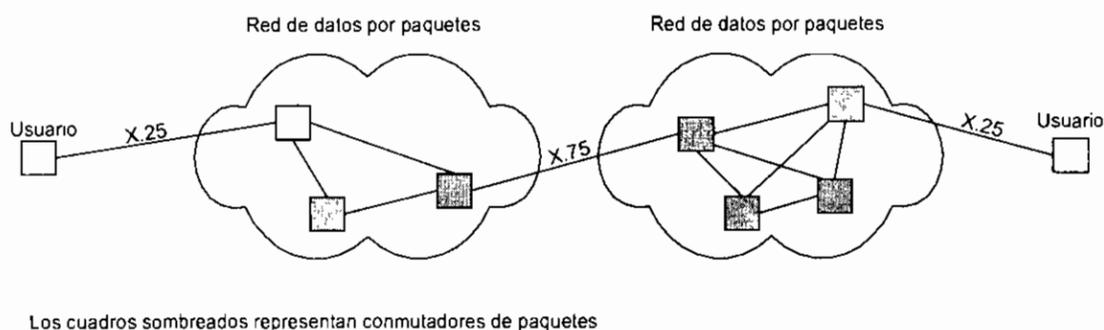
X.25 se diseñó para que desempeñara una función similar a la de ISDN; proporcionar una interfaz entre un dispositivo de usuario final u una red. Sólo que en el caso de X.25 el dispositivo de usuario es una terminal de datos y la red es una red de datos de conmutación de paquetes, mientras que para ISDN el dispositivo de usuario final era (originalmente) una terminal de voz (teléfono) y la red era (originalmente) una red de voz de conmutación de circuitos. La comparación procede porque ambos protocolos tienen arquitecturas similares.

La idea en que se basó el interfaz X.25, concebida por los grupos de estudio de la UIT-T a principios de la década de 1970, fue definir reglas inequívocas respecto a la forma en que una red pública de paquetes de datos manejaría la carga útil de un usuario y daría cabida a diversas características de calidad de servicio (QOS) (llamadas recursos X.25) que el usuario solicitaría. Otro objetivo de diseño X.25 era el proporcionar control de flujo estricto de las cargas útiles de usuario y ofrecer servicios de gestión sustanciales para dichas cargas útiles, como el secuenciamiento y acuse de recibo de tráfico.

La UIT-T emitió la recomendación X.25 en 1974. Dicha recomendación fue modificada en 1976, 1978, 1980, 1984 y, en la última de las revisiones importantes, en 1988. Desde 1974 el estándar se ha expandido para incluir muchas opciones, servicios y recursos, y varios de los protocolos y definiciones de servicios más nuevos de OSI operan con X.25. X.25 es ahora el estándar de interfaz que predomina para redes de paquetes de área extensa. A diferencia de T1/E1, X.25 usa técnicas STDM y está diseñado como sistema de transporte de datos, no de voz.

## B1.2. TOPOLOGÍA TÍPICA

El sitio de X.25 en las redes de paquetes ha sido ampliamente mal interpretado. X.25 no es una especificación de conmutación de paquetes; es una especificación de interfaz de red de paquetes (véase figura B1.1). X.25 nada dice acerca de las operaciones dentro de una red; por tanto, desde la perspectiva de X.25, las operaciones internas de la red se desconocen. Por ejemplo, X.25 no sabe si la red usa enrutamiento de directorio adaptivo o fijo, o si las operaciones internas de la red son orientadas a conexión u orientadas a no-conexión.



**Figura B1.1.** Topología X.25 Típica.

Después de examinar la figura B1.1, es obvio que X.25 se clasifica como interfaz suscriptor-red (SIN): define los procedimientos para el intercambio de datos entre un dispositivo de usuario (DTE) y la red (DCE). Su título formal es "interfaz entre equipo de terminal de datos y equipo de terminación de circuitos de datos para terminales que operan en el nodo de paquetes en redes de datos públicas". En X.25, el DCE es el "agente" que representa a la red de paquetes ante el DTE.

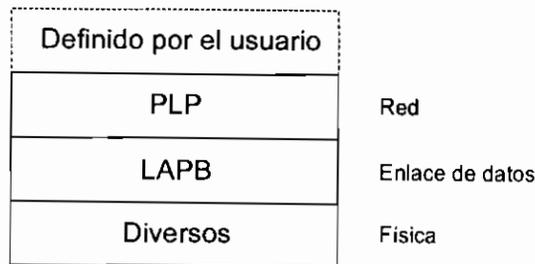
X.25 establece los procedimientos para que los dos DTE en modo de paquetes se comuniquen uno con otro a través de una red: define las dos sesiones de los DTE con sus respectivos DCE. Lo que pretende X.25 es ofrecer procedimientos comunes entre una estación de usuario y una red de paquetes (DCE) para establecer una sesión e intercambiar datos. Dichos procedimientos incluyen funciones tales como identificar los paquetes de terminales de usuario o

computadoras específicos, acusar recibo de paquetes, rechazar paquetes, iniciar la recuperación después de errores, controlar el flujo y otros servicios. X.25 también se encarga de varias funciones de QOS como las llamadas por cobrar; redirección de llamadas y selección de retardo de transmisión, que se denominan recursos de X.25.

X.75 es un protocolo complementario de X.25. X.75 es una interfaz red-red (NNI), aunque ahora es común que se use para otras configuraciones, como en la ampliación y mejoramiento de una interfaz en sistemas ISDN para apoyar aplicaciones basadas en X.25.

### **B1.3. Capas de X.25**

La recomendación X.25 abarca las tres capas inferiores del Modelo OSI. Al igual que en ISDN, las dos capas inferiores existen para apoyar a la tercera capa. En la figura B1.2 se muestran las relaciones de las capas X.25. La capa física (primera capa) es la interfaz física entre el DTE y el DCE, y puede ser una interfaz serie V, X.21 o X.21 bis. Desde luego, las redes X.25 pueden operar con otras interfaces de capa física (por ejemplo V.35, el estándar EIA 232.E de la Electronic Industries Association, e incluso interfaces de alta velocidad de 2.048 Mbit/s). X.25 supone que la capa de enlace de datos (segunda capa) es el procedimiento de acceso a enlace, balanceado (LAPB). El protocolo LAPB es un subconjunto de HDLC.



LAPB = Procedimiento de acceso a enlace balanceado

PLP = Procedimientos de capa de paquetes

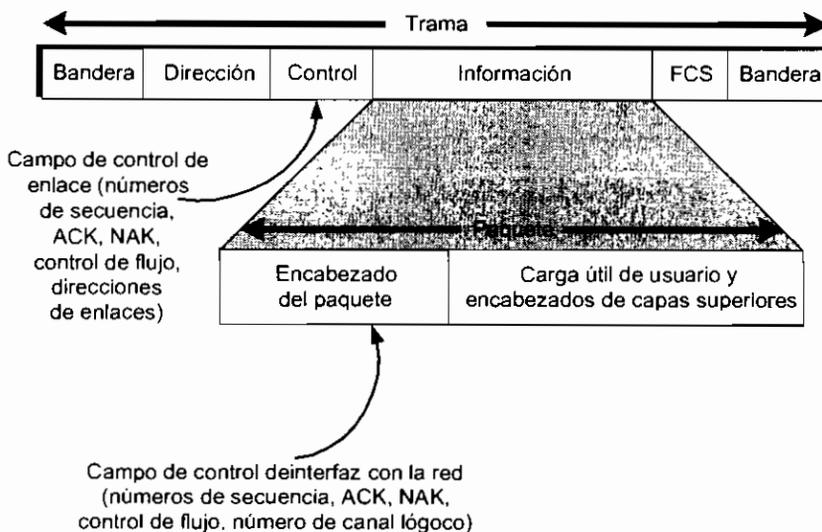
Diversos = serie V, X.21, X.21 bis, etc

**Figura B1.2.** Las capas de X.25.

### B1.4. X.25 PDUs

El paquete X.25 se transporta dentro de la trama LAPB como campo I (de información) (véase figura B1.3). LAPB se asegura de que los paquetes X.25 se transmitan a través del enlace, después de lo cual los campos de la trama se desechan y el paquete se presenta a la capa de red. La función principal de la capa de enlace es entregar el paquete libre de errores, a pesar de la naturaleza propensa a errores del enlace de comunicaciones. En este sentido, la capa de enlace es muy similar a LAPD en ISDN. En X.25, los paquetes se crean en la capa de red y se insertan en una trama que se crea en la capa de enlace de datos.

La figura B1.3 muestra cómo los números de secuencia, acuses de recibo (ACK), acuses de recibo negativos (NAK) y técnicas de control de flujo se implementan en dos campos distintos que residen en la PDU de X.25. Primero, el campo de control del encabezado de enlace se utiliza en la capa 2 (LAPB) para controlar las operaciones en el enlace entre el dispositivo de usuario y el nodo de red. Segundo, el encabezado del paquete se utiliza en la capa 3 (PLP) y contiene números de secuencia, acuses de recibo, etc., para controlar la sesión de cada usuario que tiene lugar en el enlace entre el dispositivo de usuario y el nodo de red.



**Figura B1.3.** PDU de X.25 (paquete y trama)

### **B1.5. OTROS ASPECTOS NOTABLES DE X.25**

X.25 utiliza números de canal lógico (LCN, logical channel numbers) para identificar las conexiones de DTE ante la red. Un LCN no es en realidad más que un identificador de circuito virtual (VCI). Es posible asignar hasta 4095 canales lógicos (es decir, sesiones de usuario) a un canal físico, aunque en la práctica no todos los números se asignan a la vez, debido a consideraciones de desempeño. El LCN sirve como identificador (etiqueta) de los paquetes de cada usuario que se transmiten por el circuito físico hacia y desde la red. Por lo regular, el circuito virtual se identifica con dos LCN distintos: uno para el usuario en el lado local de la red y otro para el usuario en el lado remoto de la red.

X.25 define de manera muy específica cómo se establecen los canales lógicos, pero permite la administración de la red ejercer ampliamente su criterio en cuanto a la forma en que se crea el circuito virtual. De cualquier modo, la administración de la red debe establecer una correspondencia entre los dos LCN de cada extremo del circuito virtual a través de la red, para que puedan comunicarse entre sí. La forma en que esto se lleva a cabo se deja a la administración de la red, pero es preciso que se haga si es que se desea usar X.25 según las especificaciones.

### **B1.6. OPCIONES DE LA INTERFAZ X.25**

Proporciona dos mecanismos para establecer y mantener la comunicación entre los dispositivos de usuario y la red: (a) circuito virtual permanente (PVC) y (b) llamada virtual conmutada (SVC, switched virtual call).

Un usuario de PVC que transmite tiene garantizada la obtención de una conexión con el usuario receptor y la obtención de los servicios que requiere de la red para apoyar la sesión usuario-usuario. X.25 exige el establecimiento de un PVC antes de que pueda iniciarse una sesión; en consecuencia, es necesario que los dos usuarios y la administración de la red lleguen a un acuerdo antes de que se asigne el PVC. Entre otras cosas, es preciso llegar a un acuerdo relativo a la

reservación de números de canal lógico (LCN) para la sesión de PVC y el establecimiento de recursos.

Un SVC requiere que el dispositivo de usuario origen transmita un paquete de solicitud de llamada a la red para iniciar la operación de conexión. A su vez, el nodo de red retransmite este paquete al nodo de red remoto, que envía un paquete de llamada entrante al dispositivo de usuario llamado. Si este DTE receptor decide reconocer y aceptar la llamada, transmitirá a la red un paquete de llamada aceptada. La red transporta entonces este paquete al DTE solicitante en forma de un paquete de llamada conectada. Para terminar la sesión, cualquiera de los dos DTE envía un paquete de solicitud de despejar el cual se recibe como paquete de indicación de despejar y se confirma con el paquete de confirmación de despejar.

X.25 también ofrece extensas opciones de QOS al usuario. Dichas opciones se denominan recursos, y se preaprovisionan para los PVC o se suministran durante la fase de establecimiento de llamada del enlace SVC. Se permite al usuario obtener características tales como redirección de llamadas, funciones de seguridad (grupos cerrados de usuarios) rendimiento, retardo, llamadas por cobrar, prevención de llamadas por cobrar y una amplia variedad de operaciones de apoyo para las aplicaciones.

## **B2. ATM**

### **B2.1. EL PROPOSITO DE ATM**

El propósito de ATM es proporcionar una red con multiplexión y conmutación, alta velocidad y bajo retardo para apoyar cualquier tipo de tráfico y de usuario, como aplicaciones de voz, datos o vídeo.

ATM segmenta y multiplexa el tráfico de usuario en unidades pequeñas de longitud fija llamadas celdas. La celda tiene 53 octetos, de los cuales cinco están reservados para el encabezamiento de la celda. Cada celda se identifica con identificadores de circuito virtual contenidos en el encabezado. Una red ATM utiliza esos identificadores para enrutar el tráfico a través de conmutadores de alta velocidad desde el equipo de las instalaciones del cliente (CPE) transmisor hasta el CPE receptor.

ATM ofrece operaciones de detección de errores limitadas. Con una excepción (tráfico de señalización), ATM no ofrece servicios de retransmisión, y son pocas las operaciones que se realizan con el pequeño encabezado. La intención de este enfoque –celdas pequeñas con pocos servicios prestados- es implementar una red que sea lo bastante rápida como para apoyar tasas de transferencia de multimegabits.

La UIT-T, el Ansi y el ATM Forum han seleccionado ATM como parte de una especificación de ISDN de banda ancha (B-ISDN) que ofrece operaciones de convergencia, multiplexión y conmutación. ATM reside sobre la capa física de un modelo de capas convencional, pero no requiere el uso de un protocolo de capa física específico. La capa física podría implementarse con SONET/SDH, DS3, FDDI, CEPT4 y otros. Sin embargo, en el caso de redes públicas grandes, DONET/SDH es la capa física preferida.

## B2.2. UNA TOPOLOGIA DE ATM

Antes de examinar una topología de ATM, es preciso puntualizar algunas definiciones. ATM forma parte de una B-ISDN diseñada para apoyar redes públicas o privadas. En consecuencia, hay dos formas de ATM en cuanto a la interfaz usuario-red (UNI).

- Una UNI pública define la interfaz entre una red ATM de servicio público y un conmutador ATM privado.
- Una UNI privada define una interfaz ATM con un usuario final y un conmutador ATM privado.

Esta distinción podría parecer un tanto artificial, pero es importante porque es probable que cada interfaz use medios físicos diferentes, esquemas de gestión de tráfico distintos y abarque diferentes distancias geográficas.

En la figura B2.1 se muestra una topología ATM. , esta topología es un modelo conceptual, según la visión de los grupos de estándares y el ATM Forum. Por añadidura, en esta etapa embrionaria de la evolución de ATM no existe una topología típica.

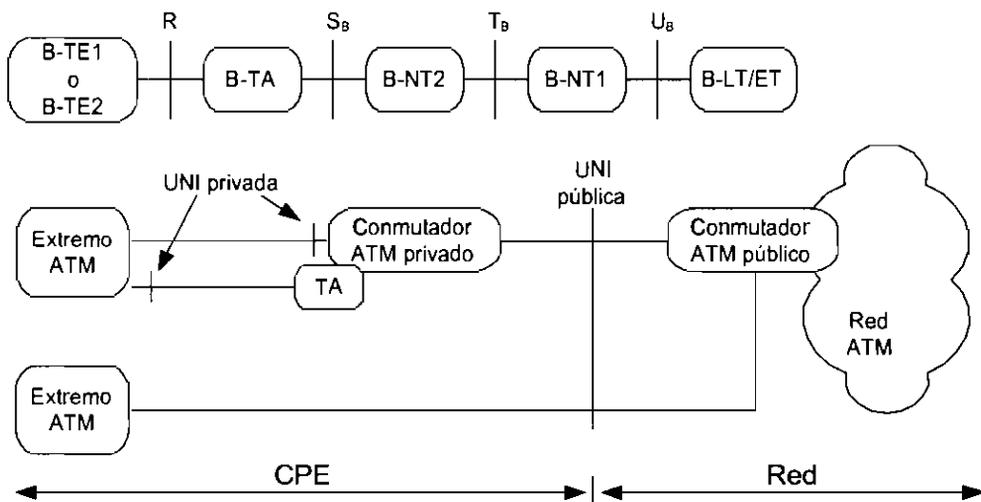


Figura B2.1. Una topología ATM [ATM92a]

Las interfaces y topología de ATM están organizadas alrededor del modelo ISDN. La UNI puede abarcar interfaces  $S_B$ ,  $T_B$ , y  $U_B$ , públicas o privadas (donde  $B$  significa banda ancha). Podrían intervenir o no adaptadores internos. Si se usan, un dispositivo de usuario (el B-TE1 o B-TE2) se conecta a través del punto de referencia  $R$  al B-TA. También se permiten B-NT" y B-NT! En la interfaz, y B-NT2 se considera parte del CPE. Por sencillez, la figura sólo muestra un lado de una red ATM. El otro lado podría ser una imagen en espejo del lado que se muestra en la figura B2.1, o podría tener variaciones respecto a las interfaces y componentes que se muestran en la figura B2.2.

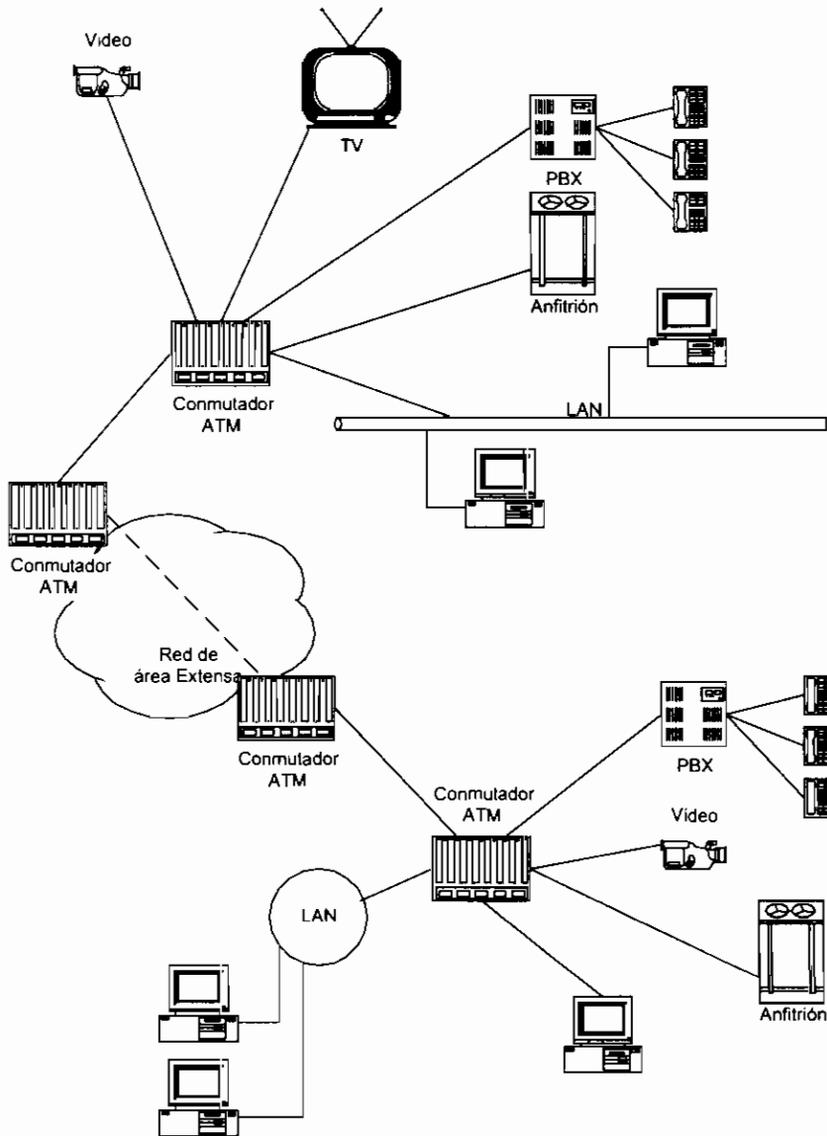


Figura B2.2. Una topología ATM

En la figura B2.2. se muestra una topología basada en ATM. La topología es una estrella punto a punto, pero nada impide el uso de otras topologías como las configuraciones multipunto. ATM está diseñado para apoyar servicio multimedia. Sus funciones permiten conmutar tráfico de voz, vídeo y datos a través de la misma malla de conmutación. La tecnología ATM puede apoyar la interconexión de redes de área local porque cuenta con operaciones de convergencia y de segmentación y reensamblado para datos sin conexiones. También se proporcionan servicios de convergencia para operaciones de vídeo con tasa de bits fija y de voz con tasa de bits variable. Esta figura también muestra que ATM puede actuar como centro o columna vertebral de redes de área local, o como conmutador de red de área extensa.

### **B2.3. LAS ETIQUETAS DE VPI Y VCI**

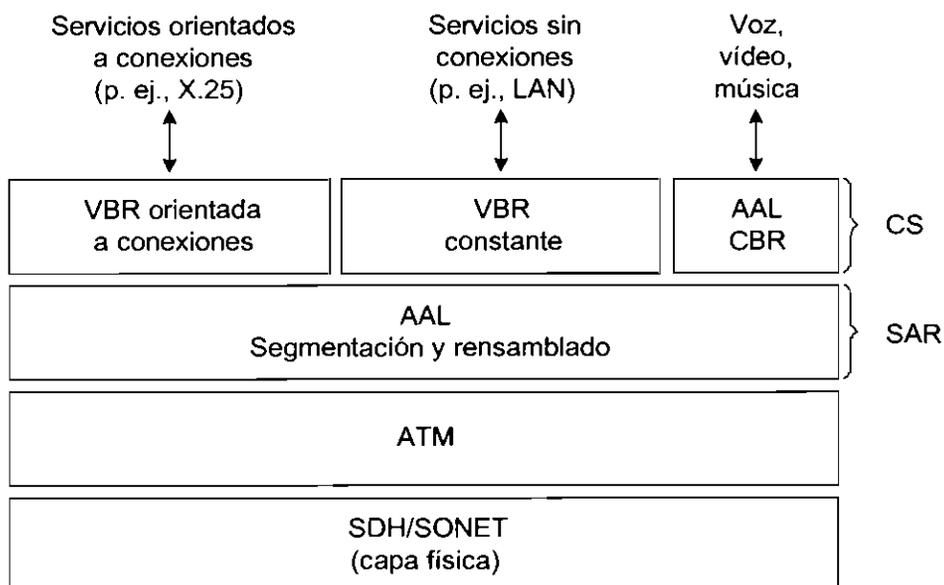
El tráfico de usuario de la UNI se identifica con dos valores en el encabezado de la celda: (a) el identificador de canal virtual (VCI, Virtual channel identifier) y (b) el identificador de trayecto virtual (VPI, virtual path identifier). Estos campos constituyen un identificador de circuito virtual. Se asignan estos valores a los usuarios cuando (a) el usuario inicia una sesión con una red bajo un régimen de conexión por demanda o (b) cuando un usuario se aprovisiona a la red como PVC.

Los VPI y VCI también se usan en la red ATM; con examinados por los conmutadores para determinar la forma de enrutar la celda a través de la red ATM. Las etiquetas VPI/VCI son similares a los identificadores de conexión de enlace de datos (DLCI) que se emplean en las redes de relevo de tramas.

### **B2.4. CAPAS DE ATM**

Como se aprecia en la figura B2.3, las capas de ATM son similares a las de algunas otras tecnologías de comunicación emergentes (la red de área metropolitana (MAN) y el servicio conmutado de transmisión de datos a multimegabits (SMDS)). ATM ofrece funciones de convergencia en la capa de

adaptación de ATM (AAL, ATM adaptation layer) para aplicaciones de tasa de bits variable (VBR) orientadas a conexiones y sin conexiones. Esta capa apoya aplicaciones isócronas (voz, vídeo) con servicios de tasa de bits constante (CBR).



AAL = Capa de adaptación de ATM  
CBR = Tasa de bits constante  
VBR = Tasa de bits variable

**Figura B2.3.** Capas de ATM

Una forma útil de visualizar la AAL es que está realmente dividida en dos subcapas, como se muestra en la figura A1.6. La subcapa de segmentación y reensamblado (SAR, segmentation and reassembly), como su nombre indica, se encarga de soportar las PDU de usuario cuyo tamaño y formato (encabezados y terminaciones) son diferentes en el sitio transmisor, y de reensamblar las unidades de datos de 48 bytes en las PDU formateadas por el usuario en el sitio receptor. La otra subcapa se denomina subcapa de convergencia (CS, convergence sublayer) y sus funciones dependen del tipo de tráfico que la AAL está procesando, como voz, vídeo y datos.

Las entidades SRA y CS proporcionan interfaces OSI con la capa ATM con definiciones de servicios. A partir de ahí, la capa ATM se encarga de reenviar y enrutar el tráfico a través del conmutador ATM. En la máquina de origen, la capa

ATM se encarga de recibir la unidad de 48 bytes de la AAL y colocar el encabezado de celda de cinco bytes en la unidad AAL. El encabezado de celda sirve para definir las operaciones: (a) en la UNI local, (b) en la red y (c) en la UNI remota. LA capa ATM terminal procesa el encabezado de celda, lo elimina y envía la unidad de 48 bytes a la AAL. La capa ATM está orientada a conexiones y las celdas están asociadas a conexiones virtuales establecidas. La AAL debe segmentar el tráfico en celdas antes de que la capa ATM pueda procesar el tráfico. El conmutador usa la etiqueta VPI/VCI para identificar la conexión a la que está asociada la celda.

Las capas ATM no tienen una correspondencia directa con las capas OSI. La capa ATM realiza operaciones que suelen encontrarse en las capas 2 y 3 del Modelo OSI. La AAL combina características de las capas 2, 4 y 5 del Modelo OSI. No es un ajuste exacto, pero hay que considerar que el Modelo OSI ya tiene más de 10 años; debería modificarse para reflejar las tecnologías que están emergiendo.

La capa física puede ser una portadora SONET o SDH; también puede ser otra tecnología de portadora, como DS; E; etc. ATM también puede operar en alambre de cobre, fibra óptica y otros medios sin los encabezados de SONET, T1 y otros. Para este funcionamiento, el ATM Forum ha definido algunos encabezados y terminaciones sencillos que se colocan en derredor de la celda ATM para fines de sincronización y gestión de enlaces.

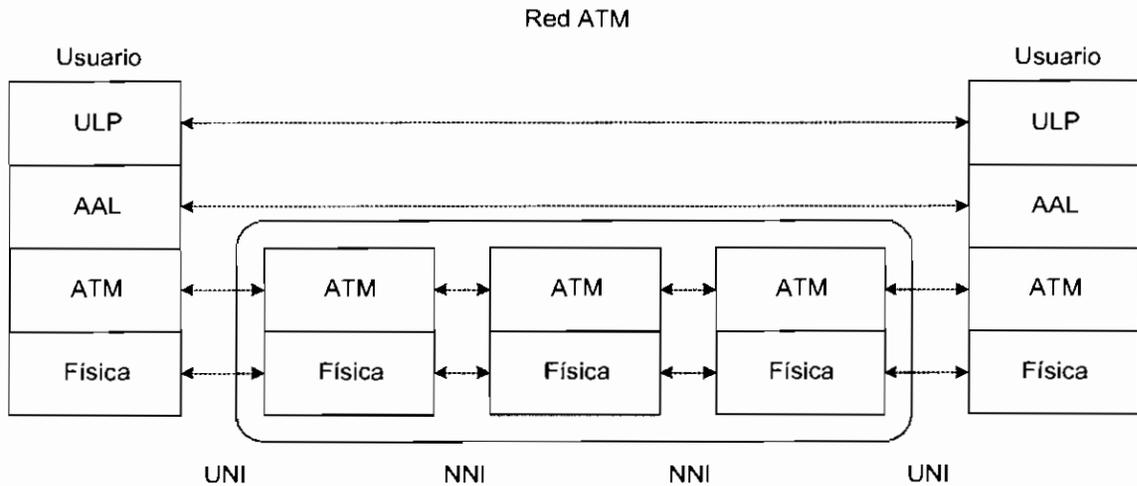
Un CPE de usuario podría utilizar la AAL para proporcionar soporte de convergencia a diferentes clases de tráfico a través de conexiones virtuales. Si las redes privadas virtuales ofrecen servicios compatibles con ATM, los servicios de la AAL serán innecesarios.

Sea cual sea la implementación de la AAL en el dispositivo de usuario, la red ATM no se ocupa de las operaciones de AAL. Efectivamente, el servicio portador ATM queda “enmascarado” respecto a estas funciones de CS y SAR. El servicio portador ATM incluye las capas ATM y física, que se muestran en la

figura B2.3. Los servicios de portador son independientes de la aplicación, y AAL tiene la obligación de dar cabida a las necesidades de las diferentes aplicaciones. No obstante, el administrador de la red puede usar el encabezado de celda ATM para determinar cómo debe manejar la carga útil contenida en la celda. Por ejemplo, el VPI/VCI podría identificar tráfico de teleconferencia, datagramas, paquetes de voz, etc., y la red podría optar por establecer diferentes colas y procedimientos de moldeo de tráfico para estas aplicaciones. Tal vez una mejor manera de comparar la AAL y la capa ATM en relación con las aplicaciones que pueden soportarse es que la AAL interactúa directamente con la aplicación, y la capa ATM interactúa directamente con la AAL. De cualquier modo, la capa ATM no puede ser totalmente independiente de la aplicación, pues si así fuera las operaciones de la UNI no podrían gestionar diferentes tipos de tráfico.

Estas ideas se amplían en la figura B2.4. En el caso del tráfico de usuario, los protocolos de capas superiores (ULP) y las operaciones de la AAL no están incorporadas a las funciones de red de ATM. Las flechas punteadas indican que ocurren operaciones lógicas entre capas equivalentes en los nodos de usuario y en los nodos ATM. Por tanto, los encabezados de ULP, la carga útil de usuario y los encabezados de AAL se pasan de forma transparente a través de la red ATM.

Las operaciones de la figura B2.4 no pretenden implicar que los conmutadores ATM de la red nunca ejecuten AAL. En el caso del tráfico no de usuario, como los mensajes de señalización y los de gestión de la red, se invoca a AAL para recibir las celdas y reensamblar dichos mensajes (que podrían estar segmentados en más de una celda) para que el conmutador sepa qué hacer con los mensajes.

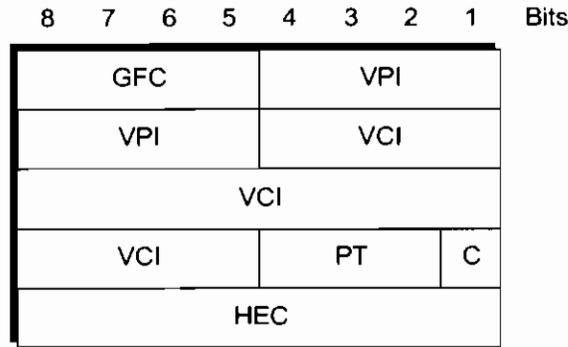


ULP = Protocolos de capas superiores

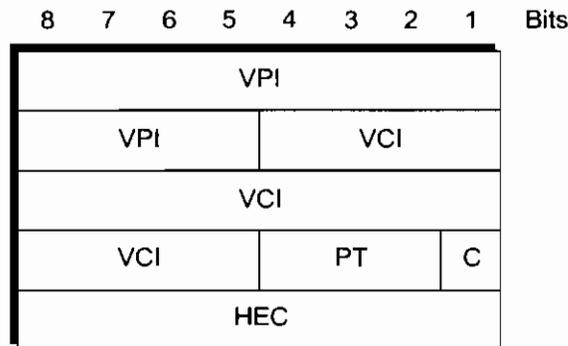
**Figura B2.4.** Interacciones entre capas

## **B2.5. UNIDADES DE DATOS DE PROTOCOLO (CELDAS) ATM**

La unidad de datos de protocolo (PDU) de ATM se denomina celda. Cada celda tiene 53 octetos de longitud, de los cuales cinco se dedican al encabezado de ATM y 48 son ocupados por la AAL y la carga útil de usuario. Como se muestra en la figura B2.5, la celda de ATM se configura de forma un poco distinta para la UNI y para la NNI. Puesto que el control de flujo opera en la interfaz UNI, se define un campo de control de flujo para el tráfico que atraviesa esta interfaz, pero no en la NNI. El campo de control de flujo se llama campo de control de flujo genérico (GFC, generic flow control). Si no se usa el campo de GFC, se pone en ceros. Su uso específico está definido en los estándares y el ATM Forum ha definido su contenido (junto con algunos bits reservados en otras partes del encabezado) para definir diversas operaciones de control y de OAM. Estos campos reservados también sirven para administrar el establecimiento y liberación de conexiones de canal virtual.



**(a) Interfaz usuario-red (UNI)**



**(b) Interfaz red-red (NNI)**

- C = Prioridad de pérdida de celdas (también CLP)
- GFC = Control de flujo genérico
- HEC = Control de errores de encabezado
- PT = Identificador del tipo de carga útil
- VCI = Identificador de canal virtual
- VPI = Identificador de trayecto virtual

**Figura B2.5. PDU (celdas) de ATM**

La mayor parte de los valores del encabezado de celda de cinco octetos consiste en las etiquetas de circuito virtual VPI y VCI. Se cuenta con un total de 24 bits, de los cuales ocho se asignan al VPI y 16 se asignan al VCI. Para la NNI, el campo VPI contiene 12 bits.

Un campo de tipo carga útil (PT, payload type) identifica el tipo de tráfico que reside en la celda. La celda puede contener tráfico de usuario o tráfico de gestión/control. El ATM Forum ha expandido el uso de este campo para identificar otros tipos de carga útil (OAM, control, etc.). Uno que tiene especial interés es un

tipo de carga útil que indica que (a) la celda contiene datos de usuario y se notifica al receptor que hay problemas de congestión, o (b) la celda contiene datos de usuario y se notifica al usuario que no se experimentó congestión. En otras palabras, este campo se usa ahora para operaciones de notificación de congestión, y es similar a los bits de notificación de congestión de relevo de tramas (FECN y BECN).

El campo de prioridad de celdas (CLP, cell loss priority) es un valor de un bit. Si CLP se pone en 1, la celda está sujeta a ser desechada por la red. Que la celda sea desechada o no depende de las condiciones de la red y de las políticas del administrador de la red. Sea cual sea la política del administrador, si CLP se pone en 0 quiere decir que la celda tiene mayor prioridad en la red, y se le debe tratar con mayor cuidado que la celda en la que el bit CLP esté en 1. El bit CLP es muy similar al bit de elegibilidad para desecho (DE) de relevo de tramas.

El campo de control de errores de encabezamiento (HEC, header error control) es un campo para verificación de errores y también puede corregir un error de un bit. El HEC se calcula con base en el encabezado de ATM y no en la carga útil de usuario. ATM usa un mecanismo adaptivo de detección/corrección de errores con el HEC.

## **B3. Frame Relay**

### **B3.1. Introducción**

Frame Relay es un protocolo WAN de alto rendimiento que funciona en la capa física y de datos del modelo de referencia OSI. Frame Relay fue designado originalmente para su uso a través de los interfaces de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). Hoy se utiliza sobre una variedad de otros interfaces

Frame Relay es un ejemplo de la tecnología de conmutación de paquetes. Las redes de conmutación de paquetes permiten a las estaciones del extremo compartir dinámicamente el medio de la red y el ancho de banda disponible. Las dos técnicas siguientes se utilizan en la tecnología de conmutación de paquetes:

- Paquetes de longitud variable
- Multiplexación estadística

Los paquetes de longitud variable se utilizan para transferencia de datos más eficiente y más flexible. Estos paquetes son conmutados entre los varios segmentos de la red hasta que se alcanza el destino.

La técnica de multiplexación estadística controla el acceso de red en las redes de conmutación de paquetes. La ventaja de esta técnica es que brinda más flexibilidad y un uso más eficiente del ancho de banda. La mayoría de redes LAN más populares hoy en día como Ethernet y Token Ring son redes de conmutación de paquetes.

Frame Relay se describe a menudo como una versión aerodinámica de X.25, ofreciendo menos capacidades como la retransmisión de datos que se ofrece en X.25. Esto es porque Frame Relay funciona típicamente sobre redes WAN que ofrecen servicios más confiables de la conexión y un grado más alto de confiabilidad que las instalaciones disponibles en los años 70 y comienzos de los

80, las cuales sirvieron como plataformas comunes para las WAN X.25. Frame Relay es un protocolo exclusivo de capa 2, mientras que X.25 proporciona servicios en la capa 3 (capa de red). Esto permite a Frame Relay ofrecer un rendimiento más alto y mayor eficacia de la transmisión que X.25 y hace que este sea más conveniente para las aplicaciones WAN actuales tales como la interconexión de LANs.

### **B3.2. ESTANDARIZACIÓN DE FRAME RELAY**

Los propósitos iniciales para la estandarización de Frame Relay fueron presentados por el CCITT en 1984. Debido a la carencia de interoperabilidad y una estandarización completa, Frame Relay no experimento un despliegue significativo durante el final de los años 80.

Un desarrollo importante en la historia de Frame Relay ocurrió en 1990 en que Cisco, Digital Equipment Corporation (DEC), Northern Telecom y StrataCom formaron un consorcio para centrarse en el desarrollo de la tecnología de Frame Relay. Este consorcio desarrolló una especificación que se conformó en el protocolo básico de Frame Relay que fue discutido en el CCITT, pero se amplió el protocolo con características que proporcionan las capacidades adicionales para los ambientes complejos de la internetworking. Estas extensiones se refieren colectivamente como el LMI (Local Management Interface).

El ANSI y el CCITT han estandarizado posteriormente sus propias variaciones de la especificación original de LMI, estas especificaciones ahora se utilizan más comúnmente que la versión original.

Internacionalmente, Frame Relay fue estandarizado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, sección de estándares de telecomunicaciones (UIT-T) en los Estados Unidos. Frame Relay es un estándar de la American National Standards Institute (ANSI).

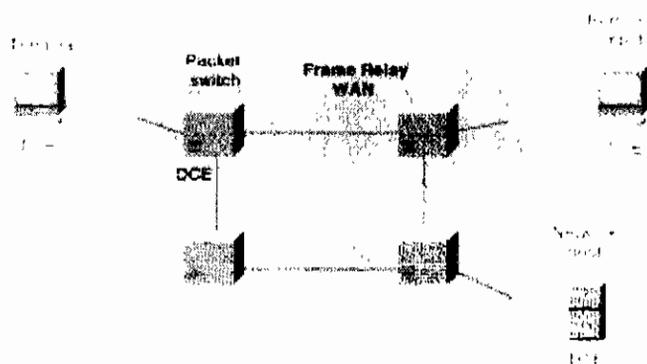
### B3.3. DISPOSITIVOS DE FRAME RELAY

Los dispositivos unidos a las WAN Frame Relay se encuentran en las dos categorías generales siguientes:

- Equipo terminal de datos (DTE)
- Equipo de terminación de circuitos de datos (DCE)

Los DTEs se consideran generalmente como los equipos terminales para una red específica y son establecidos típicamente por las premisas de los consumidores, de hecho, pueden ser poseídas por el cliente, los ejemplos de dispositivos DTE son terminales, computadores personales, routers y puentes.

Los DCEs tienen como propósito proporcionar servicios de registro y conmutación en una red, son los dispositivos que transmiten realmente los datos a través de la WAN. En la mayoría de los casos, estos son conmutadores de paquetes. En la figura B3.1 se demuestra la relación entre las dos categorías de dispositivos.



**Figura B3.1.** Red Frame Relay

La conexión entre un dispositivo DTE y un dispositivo DCE consiste en un componente de la capa física y un componente de la capa de enlace. El componente físico define las especificaciones mecánicas, eléctrica, funcionales y

procesales para la conexión entre los dispositivos. Una de las especificaciones de interfaz más comúnmente utilizadas es el estándar RS-232. El componente de la capa de enlace define el protocolo que establece la conexión entre el dispositivo del DTE, tal como un router, y el dispositivo del DCE tal como un switch. El protocolo Frame Relay

#### **B3.4. CIRCUITOS VIRTUALES DE FRAME RELAY**

Frame Relay proporciona una comunicación orientada a conexión en la capa de enlace. Esto significa que existe una comunicación definida entre un par de dispositivos y que esta conexión está asociada a un identificador de la conexión. Este servicio es puesto en ejecución usando un circuito virtual Frame Relay, que es una conexión lógica creada entre dos dispositivos DTE a través de una red Frame Relay de conmutación de circuitos (PSN).

Los circuitos virtuales proveen una trayectoria de comunicación bidireccional desde un DTE a otro y son identificados únicamente por un identificador de conexión de enlace de datos (DLCI). Un número de circuitos virtuales se pueden multiplexar en un solo circuito físico para la transmisión a través de la red. Esta capacidad puede reducir a menudo la complejidad del equipo y de la red requerida para conectar los dispositivos múltiples del DTE.

Un circuito virtual puede pasar a través de cualquier número de los dispositivos DCEs intermedios (switches) localizados dentro del PSN Frame Relay.

Los circuitos virtuales Frame Relay tienen dos categorías circuitos virtuales conmutados (SVCs) y circuitos virtuales permanentes (PVCs).

##### **B3.4.1. CIRCUITOS VIRTUALES CONMUTADOS**

Los circuitos virtuales conmutados son conexiones temporales usadas en las situaciones que requieren solamente transferencia de datos esporádica entre

los dispositivos DTE a través de la red Frame Relay. Una sesión de la comunicación a través de un SVC consiste en los cuatro estados operacionales siguientes:

- **Disposición de Llamada.** El circuito virtual entre dos dispositivos del DTE Frame Relay se establece.
- **Transferencia de Datos.** Los datos se transmiten entre los dispositivos del DTE sobre el circuito virtual.
- **Marcha Lenta (IDLE).** La conexión entre los dispositivos del DTE sigue siendo activa, pero no se transfiere ningún dato. Si un SVC permanece en un estado IDLE por un período del tiempo definido, la llamada puede ser terminada.
- **Terminación de la Llamada.** El circuito virtual entre los dispositivos del DTE se termina.

Después de que se termine el circuito virtual, los dispositivos del DTE deben establecer un SVC nuevo si hay datos adicionales que se intercambiarán. Se espera que el SVC sea establecido, mantenido, y terminado usando los mismos protocolos usados en el ISDN.

Pocos DCEs soportan conexiones por canales virtuales conmutados. Por lo tanto, su despliegue real es mínimo en las redes Frame Relay actuales.

Los SVC son ahora una norma. Las compañías han encontrado que los SVC ahorran dinero porque el circuito no está abierto todo el tiempo.

#### **B3.4.2. CIRCUITOS VIRTUALES PERMANENTES**

Los circuitos virtuales permanentes (PVCs) son conexiones permanentemente que se utilizan para las transferencias de datos frecuentes y constantes entre los dispositivos del DTE a través de la red Frame Relay. La comunicación a través de un PVC no requiere la disposición de llamada y los

estados de la terminación que se utilizan con Sex. PVCs funcionan siempre en uno de los dos estados operacionales siguientes:

- **Transferencia de Datos.** Los datos se transmiten entre los dispositivos del DTE sobre el circuito virtual.
- **Marcha lenta.** La conexión entre los dispositivos del DTE es activa, pero no se transfiere ningún dato. A diferencia de los SVC, los PVCs no serán terminados bajo ninguna circunstancia cuando en un estado IDLE.

Los dispositivos del DTE pueden comenzar a transferir datos siempre que sean listos porque el circuito se establece permanentemente.

### B3.4.3. IDENTIFICADOR DE CONEXIÓN DE ENLACE DE DATOS (DLCI)

Los circuitos virtuales de Frame Relay son identificados por los DLCI. Los valores de DLCI son asignados típicamente por el proveedor del servicio.

Los DLCIs de Frame Relay tienen significación local, es decir que sus valores son únicos en la LAN, pero no necesariamente en Frame Relay. La figura B3.2 ilustra como dos equipos DCE diferentes pueden asignar el mismo valor de DLCI dentro de una WAN Frame Relay.

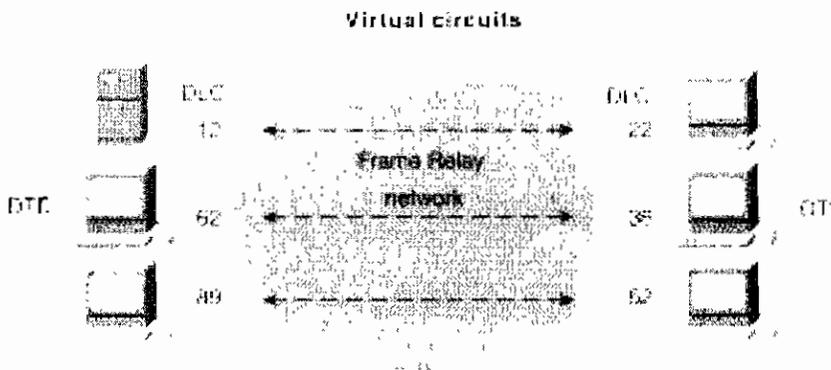


Figura B3.2. Asignación de DLCI

### **B3.5. MECANISMOS DE CONTROL DE CONGESTION**

Frame Relay reduce los gastos indirectos de la red implementando mecanismos de notificación de congestión simples. Frame Relay es típicamente implementado en medios de comunicación de red confiables. Frame Relay implementa dos mecanismos de notificación de congestión.

- Notificación de congestión explícita hacia adelante (FECN)
- Notificación de congestión explícita hacia atrás (BECN)

FECN y BECN son controlados cada uno por un solo bit contenido en la cabecera de la trama Frame Relay. La cabecera de la trama Frame Relay también contiene un bit de elegibilidad de desecho (DE) el cual se usa para identificar tráfico menos importante el cual puede ser eliminado durante períodos de congestión.

El bit FECN es parte del campo de la Dirección en la cabecera de la trama Frame Relay. El mecanismo de iniciación del FECN comienza cuando un DTE envía tramas Frame Relay a una red. Si se congestiona la red, el DCE (switches) fija el valor del bit FECN de la trama a 1. Cuando las tramas llegan al DTE de destino, el campo de la Dirección (con el bit FECN seteado) indica que la trama experimenta congestión en el camino desde la fuente al destino. El DTE puede enviar esta información a un protocolo de capa superior para su procesamiento. Dependiendo de la implementación, el control de flujo puede ser iniciado o la indicación puede ser ignorada.

El bit BECN es parte del campo de la Dirección en la cabecera de la trama Frame Relay. Los DCEs setean el valor del bit BECN en 1 en las tramas que viajan en la dirección opuesta a la trama con el bit FECN seteado. Esto informa al DTE receptor que el camino particular de la red se encuentra congestionado. El DTE puede enviar esta información a un protocolo de capa superior para su procesamiento. Dependiendo de la implementación, el control de flujo puede ser iniciado o la indicación puede ser ignorada.

### **B3.5.1. ELEGIBILIDAD DE DESECHO DE FRAME RELAY**

El bit de elegibilidad de desecho (DE) se utiliza para indicar que una trama tiene poca importancia que otras. El bit DE es parte del campo de la Dirección en la cabecera de la trama Frame Relay.

Los DTEs ponen el valor del bit DE en 1 para indicar que la trama tiene menor importancia que el resto. Cuando la red se encuentra congestionada, El DCE descartará las tramas con el bit DE seteado antes de descartar las otras que no lo están. Esto reduce la probabilidad de pérdida de datos críticos en los DCE de Frame Relay durante los periodos de congestión.

### **B3.5.2. VERIFICACION DE ERROR DE FRAME RELAY**

Frame Relay marco usa un mecanismo de verificación de error común conocido como verificación de redundancia cíclica (CRC). El CRC compara dos valores calculados para determinar si ocurrieron errores durante la transmisión. Frame Relay reduce los gastos indirectos por la implementación de la verificación de error en lugar de corrección de error.

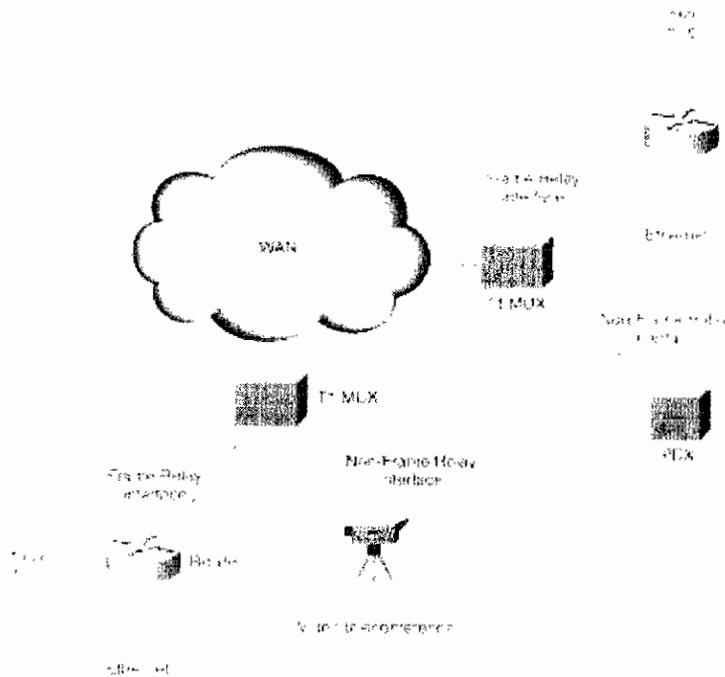
### **B3.6. IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FRAME RELAY**

Una implementación común de una red Frame Relay privada es equipar a un multiplexor T1 con dos interfaces Frame Relay y no Frame Relay

El tráfico Frame Relay es enviado fuera de la interfase Frame Relay hacia la red de datos, el tráfico no Frame Relay es enviado hacia la aplicación o equipo apropiado como un PBX privado por el servicio telefónico o a una aplicación de videoconferencia.

Una red Frame Relay típica consta de varios DTE, tal como routers, conectados a los puertos remotos equipo de un multiplexor puesto vía punto a

punto tradicional tal como T1, T1 fraccionario, o circuitos 56-Kbps. Un ejemplo de una red Frame Relay se muestra en la figura B3.3.



**Figura B3.3.** Red Frame Relay

La mayoría de redes Frame Relay desplegadas hoy en día son dadas por proveedores del servicio ofrecen servicios de transmisión a clientes. Se refiere este a menudo a como un servicio de Frame Relay público. Frame Relay es implementado en redes públicas o redes empresariales privadas.

### B3.7. FORMATO DE TRAMA DE FRAME RELAY

Para entender la funcionalidad de Frame Relay, es útil entender la estructura de trama. La figura B3.4 muestra el formato básico de una trama Frame Relay.

Las banderas indican el principio y el fin de la trama. Tres componentes primarios hacen una trama Frame Relay: la cabecera y el área de dirección, la porción de datos de usuario, y la secuencia de verificación de trama (FCS). El área de dirección, el cual tiene 2 bytes de longitud está comprendido por 10 bits que representan la identificación actual del circuito y 6 bits de manejo de congestión (DLCI).

### B3.7.1. ESTÁNDAR DE LA TRAMA FRAME RELAY

El estándar de la trama Frame Relay consiste de los campos ilustrados en la figura B3.4.



**Figura B3.4.** Campos que comprenden la trama Frame Relay

Las descripciones siguientes resumen los campos de la trama de Frame Relay ilustrada en la figura B3.4.

- **Banderas.** Delimitan el principio y fin de la trama. El valor de esta campo es siempre el mismo y se represente como el número hexadecimal 7E o como el número binario 01111110.
- **Dirección.** Contiene la siguiente información:
  - **DLCI.** Los 10 bits DLCI son en esencia la cabecera de Frame Relay. Este valor representa la conexión virtual entre el DTE y el switch. Cada conexión virtual que es multiplexado hacia el canal físico puede ser representada por un DLCI único.
  - **Dirección Extendida (EA).** Se usa como indicador, cuando el bit EA tiene el valor 1 es el final de campo de dirección. Aunque la implementación de Frame Relay utiliza dos octetos DLCI ésta capacidad deja la posibilidad de

DLCIs más largo en el futuro. Se usa EA en el octavo bit de cada byte del campo de dirección.

- **C/R.** Es el bit que sigue al bit más significativo del DLCI en el campo de dirección. El C/R no se define corrientemente.
- **Control de Congestión.** Este consiste de 3 bits que controlan los mecanismos de notificación de congestión de Frame Relay. Estos son los bits FECN, BECN y DE, que son los últimos 3 bits en el campo de dirección.
- **Datos.** Contiene los datos encapsulados de capa superior. Cada trama en este campo tiene una longitud variable, incluye los datos de usuario, que variará en longitud sobre los 10.000 octetos. Este campo sirve para transportar el paquete protocolar de capa superior (PDU) a través de una red Frame Relay.

**Secuencia de verificación de Trama.** Asegura la integridad de los datos transmitidos, este valor es computado por el equipo de origen y verificado por el equipo de destino para asegurar la integridad de transmisión.

## **C1. TDMA**

### **C1.1. DEFINICIÓN**

El acceso múltiple de la división del tiempo (TDMA) es la tecnología digital de la transmisión que permite que un número de usuarios tengan acceso a un solo canal de la radiofrecuencia (RF) sin interferencia asignando ranuras de tiempo únicas a cada usuario dentro de cada canal. El esquema digital de la transmisión de TDMA multiplexa tres señales sobre un solo canal. El estándar actual de TDMA para celular divide un solo canal en seis ranuras de tiempo, con cada señal usando dos ranuras, proporcionando un aumento de 3 a 1 en el servicio de telefonía móvil (AMPS). Cada llamada es asignada a una ranura de tiempo específico para la transmisión.

### **C1.2. VENTAJA DIGITAL**

Todas las técnicas de acceso múltiple dependen de la adopción de la tecnología digital. La tecnología digital ahora es el estándar para el sistema de telefonía pública donde todas las llamadas análogas se convierten a la forma digital para la transmisión sobre el backbone. La transmisión digital tiene varias ventajas sobre la transmisión análoga:

- Economía en ancho de banda.
- Permite la integración fácil con los dispositivos de los sistemas de comunicación personal (PCS).
- Mantiene la calidad superior de las transmisiones de voz en grandes distancias.
- Es difícil descifrar.
- Se puede utilizar baja potencia de transmisión.
- Permite la utilización de receptores y transmisores individuales más pequeños y menos costosos.
- Ofrece aislamiento de la voz.

### C1.3. ACCESO MULTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA)

TDMA es básicamente FDMA análogo con un componente en tiempo repartido construido dentro en el sistema. FDMA asigna un solo canal a un usuario a la vez (véase la figura C1.1). Si la trayectoria de transmisión deteriora, el regulador cambia el sistema a otro canal. Aunque técnicamente es simple su implementación, FDMA es derrochador de ancho de banda: el canal se asigna a una sola conversación si o no alguien está hablando. Por otra parte, no puede manejar formas alternas de datos, solamente transmisiones de voz.

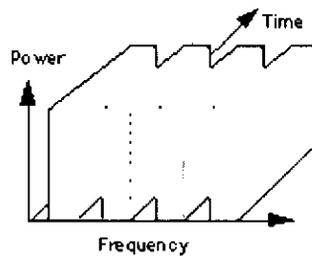


Figura C1.1. FDMA

### C1.4. CÓMO TRABAJA TDMA

TDMA confía en el hecho de que la señal de audio ha sido digitalizada; es decir, dividido en un número de paquetes milisegundo-largos. Asigna un solo canal de frecuencia por un tiempo corto y después se mueve a otro canal. Las muestras digitales de un solo transmisor ocupan diversas ranuras de tiempo en varias bandas al mismo tiempo esto se lo puede apreciar el la figura C1.2.

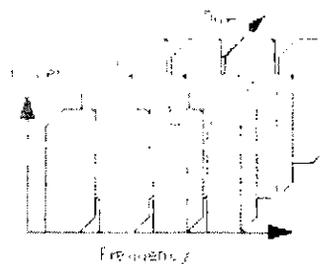


Figura C1.2. TDMA

La técnica del acceso usada en TDMA tiene tres usuarios el compartir de una frecuencia portadora 30-kHz. TDMA es también la técnica del acceso usada en el estándar digital europeo, el G/M, y el estándar digital japonés, celular digital personal (PDC). La razón de elegir TDMA para todos estos estándares era que permite algunas características vitales para la operación de sistemas en un ambiente avanzado celular (PCS). Hoy, TDMA es una técnica disponible, bien-probada en la operación comercial en muchos sistemas.

Para ilustrar el proceso, considere la situación siguiente. La figura C1.3. muestra cuatro diferentes conversaciones simultáneas.

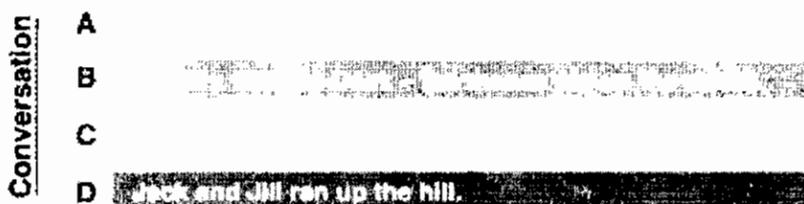


Figura C1.3. Cuatro conversaciones – Cuatro canales

Un solo canal puede llevar las cuatro conversaciones si cada conversación se divide en fragmentos relativamente cortos, se asigna una ranura de tiempo, y se transmite en ráfagas sincronizadas como se muestra en la figura C1.4. Después de que la conversación en la ranura de tiempo cuatro se transmita, se repite el proceso.



Figura C1.4. Cuatro conversaciones – Un canal

Efectivamente, Las implementaciones de TDMA Is-54 y Is-136 triplicaron inmediatamente la capacidad de frecuencias celulares dividiendo un canal 30-kHz en tres ranuras de tiempo, permitiendo a tres diversos usuarios ocuparlo en el mismo tiempo. Actualmente, los sistemas existentes permiten una capacidad de seis divisiones por canal. En el futuro, con la utilización de las células jerárquicas, antenas inteligentes, y asignación adaptiva del canal, la capacidad debe acercarse a capacidad analógica de 40 divisiones de tiempo.

### **C1.5. AVANCES DE TDMA**

TDMA mejoró substancialmente sobre la eficacia de celular análogo. Sin embargo, como FDMA, tenía la debilidad que desperdicio de ancho de banda ranura de tiempo fue asignada para conversaciones específicas de otra manera cualquier persona hablaba en ese momento. La versión realzada de Hughes de TDMA, acceso múltiple por división del tiempo extendida (ETDMA) para corregir este problema. En vez de esperar para determinarse si un suscriptor está transmitiendo, ETDMA asigna a suscriptores dinámicamente. ETDMA envía datos en las pausas que contenga una conversación normal. Cuando los suscriptores tienen algo que transmitir, ponen un bit en el buffer del almacenador intermediario. El sistema explora el almacenador intermediario, nota que el usuario tiene algo que transmitir, y asigna un ancho de banda. Si un suscriptor no tiene nada que transmitir, el buffer va simplemente al suscriptor siguiente. Así pues, en vez de ser arbitrariamente asignado, el tiempo se asigna según necesidad. Así los socios en una conversación de teléfono no hablan uno sobre otro, esta técnica puede casi doblar la eficacia espectral de TDMA, haciendo casi 10 veces más eficientes que la transmisión análoga.

### **C1.6. VENTAJAS DE TDMA**

Además de aumentar la eficacia de la transmisión, TDMA ofrece a un número de ventajas sobre otros estándares de tecnologías celulares. Primero, puede ser adaptado fácilmente a la transmisión de datos así como la comunicación de voz. TDMA ofrece la capacidad de llevar velocidades de transmisión de datos de 64 kbps a 120 Mbps (extensible en múltiplos de 64 kbps). Esto permite a los operadores ofrecer servicios incluyendo fax, banda de voz y datos, y servicios de mensaje cortos (SMSs) así como servicios tales como multimedia y videoconferencia.

Diferente de las técnicas de separación de espectro las cuales puede sufrir de interferencia entre los usuarios que están en la misma banda de frecuencia y transmiten al mismo tiempo, la tecnología de TDMA, que separa a usuarios en

tiempo, se asegura que no experimenten interferencia de otras transmisiones simultáneas.

TDMA también provee al usuario larga vida de la batería y tiempo extendidos de la charla puesto que el móvil está transmitiendo solamente una porción del tiempo (desde 1/3 a 1/10) durante conversaciones.

Las instalaciones de TDMA ofrecen ahorros substanciales en el equipo, el espacio, y el mantenimiento de las estaciones base, un factor importante mientras que los tamaños de célula crecen siempre más pequeños.

TDMA es la tecnología más rentable para actualizar un sistema análogo actual a digital.

TDMA es la única tecnología que ofrece una utilización eficiente de las estructuras de células jerárquicas (HCSs), ofreciendo pico, micro, y macrocélulas. HCSs permiten que la cobertura para que el sistema sea adaptado para apoyar tráfico específico y para mantener necesidades. Usando esta ventaja, los sistemas AMPS con capacidad de más de 40 pueden ser logradas.

### **C1.7. DESVENTAJAS DE TDMA**

Una de las desventajas de TDMA es que cada usuario tiene una ranura de tiempo predefinida. Sin embargo, no asignan los usuarios que vagan a partir de una célula a otra una ranura de tiempo. Así, si todas las ranuras de tiempo en la célula siguiente se encuentran ocupadas a llamada será desconectada. Asimismo, si todas las ranuras de tiempo en la célula en la cual un usuario se encuentra están ocupadas, el usuario no recibirá señal para marcar.

Otro problema con TDMA es que está sujeto a la distorsión multidireccional. Una señal que venía de una torre a un microteléfono puede venir de varias direcciones. Puede ser que venga de diversas direcciones antes de llegar (véase figura C1.5) lo cual puede causar interferencia.

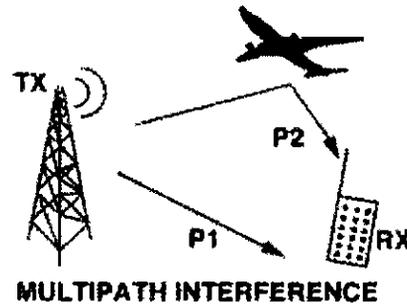


Figura C1.5. Interferencia Multidireccional

Una forma de conseguir alrededor de esta interferencia es poner un límite de tiempo en el sistema. El sistema será diseñado para recibir, para tratar, y para procesar una señal dentro de cierto límite de tiempo. Después del límite de tiempo ha expirado, el sistema no hace caso de señales. La sensibilidad del sistema depende de cómo procesa las frecuencias multidireccionales. Incluso en milésimos de segundos, estas señales multidireccionales causan problemas.

## C2. CDMA

### C2.1. DEFINICIÓN

El Acceso múltiple por división de códigos utiliza códigos matemáticos para transmitir. Así todas las estaciones terrenas transmiten dentro de la misma banda de frecuencias y, por razones prácticas, no tienen limitación de cuándo pueden transmitir en la frecuencia de la portadora. En CDMA no existen 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. Debido a que no hay limitaciones de ancho de banda, al CDMA se lo conoce como Acceso Múltiple del Espectro Disperso, las transmisiones se pueden extender por todo el ancho de la banda designado (figura C2.1.).

Las transmisiones son separadas por medio de técnicas de encriptación/desencriptación de cubiertas, es decir, que 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.

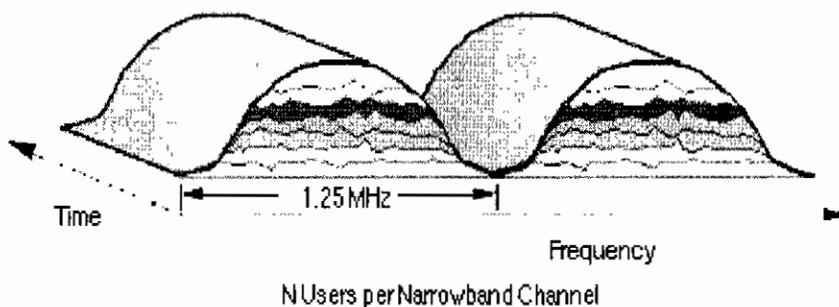


Figura C2.1. CDMA

## C2.2. PRINCIPIOS DE CDMA

### C2.2.1. ESPECTRO ENSANCHADO (SPREAD SPECTRUM)

El objetivo de uso del Espectro Separado es el de un aumento substancial en ancho de banda de la señal transmitida. Este incremento mitiga los efectos de la interferencia y da lugar a una reconstrucción más exacta de la señal original (figura C2.2).

La señal puede ser extendida por una anchura de banda grande con niveles espectrales más pequeños de la potencia y todavía alcanzar la tarifa de datos requerida.

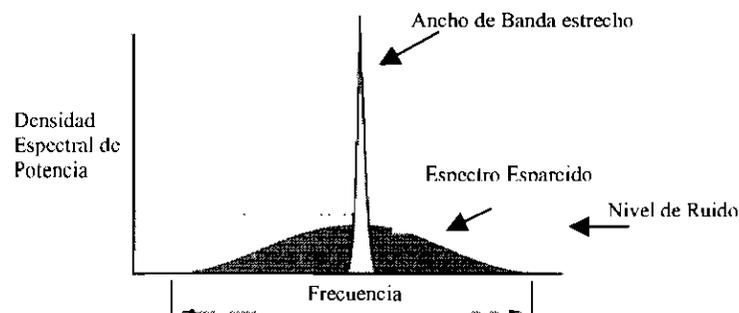
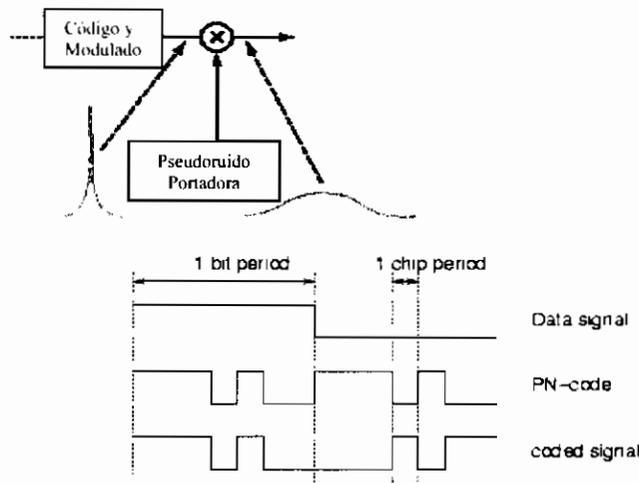


Figura C2.2. Espectro Separado

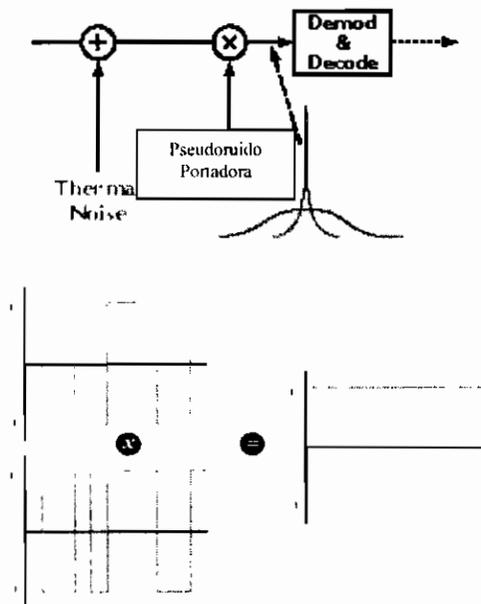
### C2.2.2. MÉTODO DE LA " SECUENCIA DIRECTA " DE ESPECTRO ENSANCHADO

Una señal de espectro extendido de CDMA es creada modulando la señal de radiofrecuencia con una secuencia (código que consiste en una serie de pulsos binarios) conocida como señal digital del pseudo-ruido (PN) aleatorio. Esta rompe cada dígito binario en un número secundario de dígitos binarios. Si se asume que este número es 10, cada dígito binario de la señal original sería dividido 10 dígitos binarios separados. Esto da lugar a un aumento en la tarifa de datos por 10 al igual que el ancho de banda. Después de separar la anchura de banda, se transmite cada señal simplemente sumando sus espectros (figura C2.3).



**Figura C2.3. Transmisión**

En el extremo del receptor, la señal entrante es la señal del espectro de la extensión Este la multiplica por el pseudo-código correcto generado del ruido de la reproducción y un correlator del receptor para separar solamente la información deseada de todas las señales posibles. Así, además muchos radios del espectro extendido pueden compartir la misma banda de frecuencia por esta razón estos sistemas son ideales para áreas metropolitanas con tarifas de bloqueo grandes. Esto es conocido como reutilización de la frecuencia (figura C2.4.).



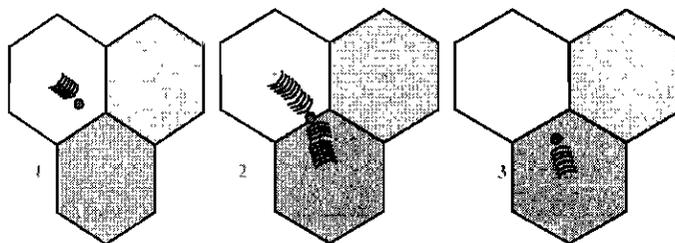
**Figura C2.4. Recepción**

### C2.2.3. EL PROBLEMA DE CONTROL DE POTENCIA

Si hay dos usuarios, uno cerca de la base y uno lejos de la base, la señal móvil cercana será la más fuerte en la recepción y dificultará la de la señal lejana. Para evitar este problema, CDMA utiliza el control de potencia. Es decir la estación de recepción muestrea los niveles de fuerza de la señal de radio de cada móvil y envía un comando de cambio de potencia de transmisión. Este muestreo se hace 800 veces por segundo. El propósito de esto es que todas las potencias recibidas de todos los usuarios sean iguales. Es decir la unidad móvil transmite solamente en la potencia necesaria para mantener la conexión. Así se extiende la vida de la batería.

### C2.2.4. SOFT HANDOFF

En otros sistemas, cuando un usuario se está moviendo de una célula a otra mientras transmite señal, la base transmisora tiene que encontrar una nueva onda portadora de la señal (Handoff). Al suceder esto el usuario escucha un gitch o ruido que puede ser molesto (Hard-Handoff). En CDMA no existe este problema debido a que su ancho de banda es común para todos los usuarios. El usuario recibirá información de una célula y de la otra hasta que se haya ubicado completamente en una de las dos (Soft-Handoff) (figura C2.5).



**Figura C2.5.** Soft-Handoff

### **C2.2.5. PROPAGACIÓN MULTICAMINO**

Por lo general la capacidad de un sistema se ve afectada por el fenómeno de la propagación. Los usuarios de teléfonos analógicos están más acostumbrados al decaimiento de la señal, este es más rápido cuando se está en movimiento. Debido a que se pasa por interferencias estacionarias. CDMA es más robusto que los sistemas analógicos en el multicamino pero se ve afectada su capacidad.

### **C2.2.6. COBERTURA VS. CAPACIDAD**

Uno de los aspectos negativos de CDMA es que la potencia que el móvil requiere para transmitir va hacia el infinito mientras que la capacidad llega hasta un límite. Mientras la potencia requerida aumenta el elemento comenzará a quedarse sin potencia de transmisión. Es decir se le pedirá que transmita más de lo que sus capacidades dan. Pero por lo general no se experimentará una cobertura máxima y capacidad mínima.

### **C2.2.7. INTERFACES AÉREAS**

Existen dos interfaces aéreas CDMA standard:

- Celular (824-894 MHz) - TIA/EIA/IS-95
  
- PCS (1850-1990 MHz) - ANSI J-STD-008

Son de características similares, excepto por el plan de frecuencias y identidades de los móviles. Los estándares son documentos estables y sirven para revisar los procesos del sistema. Así como deben considerarse los estándares de redes, interfaces y opcionales.

### **C2.2.8. CUMPLIMIENTOS**

La meta es el aumentar la capacidad de CDMA. Estos son posibles reduciendo la interferencia de otro usuario de dos maneras:

- **Vectorización:** Se refiere al uso de antenas direccionales en la célula para recepción y transmisión. Entonces tres antenas por célula cada una con 120° de ancho de haz. Así la interferencia causada será un tercio de la causada por una antena omnidireccional.
- **Codificación de la Voz:** La voz es una fuente intermitente que puede ser monitoreada, así su rango de actividad es de 35-40% del tiempo de conversación. El uso de este factor en la codificación de la voz significa una optimización en la potencia al suprimir la transmisión cuando no hay voz presente. Esto reduce la interferencia en un factor de 3/8 y aumenta la capacidad.

### **C2.3. PRINCIPIOS DE TRANSMISIÓN**

En ese sistema se distingue dos diversos tipos de transmisión:

- **Dirección delantera.** Transmisión del sitio de la célula al suscriptor.
- **Dirección contraria.** Transmisión del suscriptor al sitio de la célula.

En cada caso hay un sistema digital, este consiste en un bloque de corrección de error (FEC), uno de modulación. El sistema digital precede las funciones analógicas de la amplificación y de transmisión.

La otra característica de la célula-transmisora es la inclusión de una señal experimental para el control de potencia. Este ajuste consiste en una rotación inversa de la potencia que la señal que recibe.

### **C2.3.1. DIRECCION DELANTERA (FORWARD-CHANNEL)**

Lleva tráfico, una señal piloto y la información predeterminada. La piloto (dispersa) y la predeterminada estabiliza el timing del sistema y la identificación de la estación. La piloto también se usa para el handoff.

**Plan de Frecuencia:** La frecuencia de transmisión de la estación base es de 45 Mhz más de la frecuencia de la estación móvil en el servicio celular (IS95) y 80 Mhz más en el servicio PCS. Estándares explicados previamente.

**Canalización:** Consiste en más de 64 canales de código independientes que llevan diferentes corrientes de datos a ratas diferentes y ajustables en amplitud.

**Códigos Walsh:** Estos códigos son matemáticamente ortogonales y corresponden a los códigos del canal, estos hace que cada uno sea completamente separable del otro en el receptor y que no habrá interferencia de usuarios de la misma celda. Este canal es reservado como canal piloto.

**Dispersión:** Cada canal delantero es dispersado con un código pequeño proveniente de los códigos PN separados en componentes en fase y cuadratura (90°).

**Modulación:** Ambos códigos son modulados en QPSK

**Canales:** Existen, piloto, sincro, paginación, tráfico.

- **Canal Piloto:** No lleva información. Es una referencia para la demodulación en el receptor y para mediciones de handoff.
- **Canal Sincro :** Es un mensaje que identifica la estación . Transporta el timing (\*)y la configuración del sistema a la estación móvil

- **Canal de paginación:** Es un vehículo para comunicarse con la estación móvil cuando esta no está asignada a un canal de tráfico. Es decir notificación de llamadas entrantes a las estaciones móviles. Cada estación base debe tener mínimo un canal de paginación por sector. Puede ser hecho en una frecuencia o distribuida en varias.

**Canal de tráfico:** Son asignados dinámicamente en respuesta a los accesos a las estaciones móviles. La estación móvil es informada vía paginación que código es de recibir. Además se incluyen los códigos CRC para mejorar la calidad en la recepción.

**Timing:** todas las estaciones base deben ser sincronizadas en pocos microsegundos para los mecanismos de la identificación de la estación (figura C2.6).

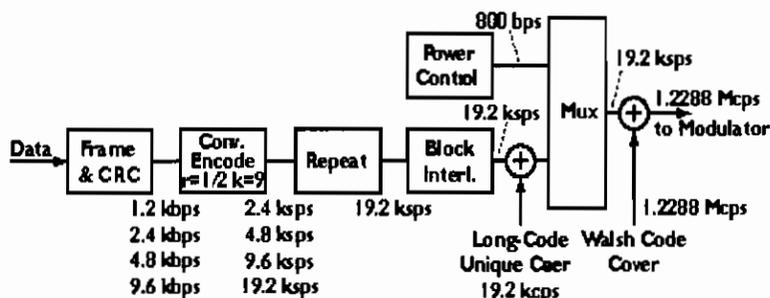


Figura C2.6. Sincronización de Tiempos (Dirección Delantera)

### C2.3.2. CANAL REVERSO (REVERSE-CHANNEL)

Lleva el tráfico y la señalización. Solo esta activo durante las llamadas para asociar a la estación móvil o cuando se esta señalizando el canal de acceso (asociando a la estación base)

**Canalización:** Contiene  $2^{42}-1$  canales.

**Separación de usuarios:** No necesita de la ortogonalidad de los códigos, este utiliza un código esparcido bien grande para distinguir fases.

**Modulación Ortogonal:** La modulación es 64-aria y se aplica al esparcimiento. Grupos de 6 códigos de símbolos seleccionan una de las 64 secuencias (Walsh)

**Dispersión:** Cada canal es dispersado por los dos canales: de la secuencia larga y de la secuencia corta los que genera dos secuencias ortogonales correspondientes a los códigos PN

**Soft Handoff:** La estación móvil siempre transmite el mismo tipo de información así no exista handoff.

**Timing:** La estación móvil debe ajustar su tiempo de transmisión de acuerdo al que deriven de los canales piloto y sincro.

**Subcanal de control de potencia:** Cada estación base hace su propio control y soft-handoff independiente de las otras.

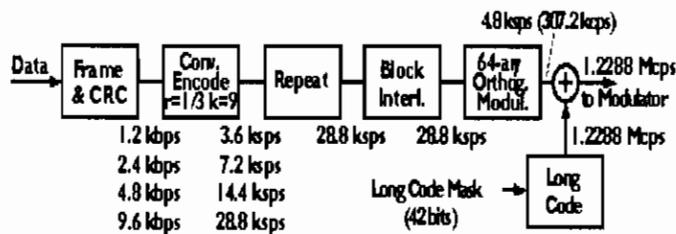


Figura C2.7. Sincronización de Tiempos (Canal Reverso)

## C2.4. COMPARACION DE CDMA CON OTROS SISTEMAS DE ACCESO MÚLTIPLE

TABLA COMPARATIVA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS

PARAMETRO	FDMA	TDMA	CDMA
<b>CANAL</b>	Divide los canales de radio en un rango de radiofrecuencias	Divide los canales de radio convencionales en ranuras de tiempo	Comparte el mismo canal de frecuencia porque cada usuario se distingue solo por un código digital
<b>CAPACIDAD DEL SISTEMA</b>	Asigna solamente un suscriptor a un canal al mismo tiempo	Asigna solamente un suscriptor a un canal al mismo tiempo	Asigna a cada suscriptor un código único para poner a utilizadores múltiples en el mismo canal (ancho de banda) al mismo tiempo
<b>SISTEMA CELULAR</b>	Analógico	Digital	Digital
<b>CONSUMO DE POTENCIA</b>	Alta	Media	Baja
<b>INTERFERENCIA</b>	Alta	Baja	Baja

### C2.5. VENTAJAS DE CDMA

- CDMA es de mayor banda comparada con FDMA. El uso de varios caminos en canales de frecuencia selectiva puede ser considerado como diversidad de frecuencia.
- No se necesita ecualizador. Cuando la rata de transmisión es mayor a 10 kb/s en FDMA o TDMA, se requiere de un ecualizador. Pero CDMA únicamente requiere de un correlacionador que es más barato.

- El TDMA y FDMA tienen un número fijo de usuarios simultáneos. CDMA no tiene números fijos, si el número de usuarios incrementa el servicio no se degrada demasiado.
- Los sistemas celulares CDMA permiten soft - handover entre células vecinas cerca de la frontera donde la señal es débil, pero mientras el usuario se comunica con dos estaciones base, la diversidad ayuda a compensarla.
- En TDMA y FDMA células vecinas tienen que utilizar diferentes frecuencias porque ellas controlan interferencia basadas en atenuación espacial. En CDMA todas las células usan el mismo rango de frecuencia eliminando la necesidad de la planificación del uso de frecuencias. (TDMA y FDMA usan localización por frecuencia adaptativa).
- CDMA requiere control de potencia y sincronización de estación base. De cualquier forma interferencia entre celdas puede ser suprimida en el receptor.
- Aislamiento y mayor seguridad que no permite interceptar la comunicación.
- Las características mejoradas de la cobertura localizan las hojas de operación (planning) simplificadas del sistema reduciendo rápidamente gastos.
- El promedio de potencia utilizada es reducido lo que alarga el tiempo de funcionamiento de la batería para los dispositivos portables.
- Existe una interferencia reducida con otros dispositivos electrónicos.
- Coexistencia con tecnología analógica, debido a que ambas operan en dos espectros diferentes sin interferencia.
- Ciclos de actividad de la voz: CDMA es la única técnica que toma ventaja de la naturaleza de la voz humana. El ciclo de actividad de la voz humana es del 35%, el resto de tiempo estamos escuchando. En CDMA todos los usuarios

están compartiendo un solo canal de radio. Debido a que cada usuario tiene activo al canal un 35%, los otros usuarios se benefician con menor interferencia. De esta manera esta es reducida en 65% y la capacidad de canal aumenta tres veces.

- Se observa menor decaimiento de la señal cuando la señal de propaga en un medio móvil.