

Universidad Autónoma de Baja California Facultad de Ciencias



TENDENCIAS DE INTEGRACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS DE TELEFONÍA Y DATOS

TESINA

Que para obtener el Título de
Licenciado en Ciencias Computacionales

Presenta

Sergio Jesús Castro Becerra

Ensenada, Baja California, México

Julio de 1998

Dedicatoria

A la memoria de mi papá, Sergio Castro Mouet, con amor.
Quién siempre quiso que yo estudiara,
y hacía ese objetivo, que hoy culmina, me encaminó.

A mi mamá con todo mi amor, y respeto.
Su alegría por la vida le ha permitido sobresalir
las enormes adversidades que ha enfrentado
siendo un gran ejemplo para mí.

A mis abuelos, quienes han sido el centro de la familia,
y nos han mantenido unidos.

A mi hermana Lily, a quien quiero mucho

A Chavito, mi primo hermano en toda la extensión de la palabra.

A mi primo Juan Carlos, crecimos juntos.

A mi abuelita Pepita, ha pasado tanto tiempo,
pero aún la recuerdo con vida, sus movimientos, su cara, y su cariño
por nosotros, de mi abuelo recuerdo los apretones de mano.

A mis primos, a mis tíos con cariño.

A mis amigos, ellos saben quiénes son.

A mi amor, Martha Irene Estrada Cruz, mi esposa.
El caminar a su lado ha sido lo mejor de mi vida.

Muy especialmente a mis adorados hijos,
Sergio Javier y Alan Ruben,
de quienes estoy sumamente orgulloso.

Primero Dios, ese gran misterio que la humanidad nunca ha logrado comprender, pero al que le ha dado tantas interpretaciones para justificar nuestra existencia. Gracias a Dios por darme la alegría de vivir y el valor para enfrentar los retos que me pone enfrente.

Quiero agradecer especialmente a Rodolfo Castañeda todo el apoyo e interés brindado para la elaboración de este trabajo que primero inicio como Tesis bajo su dirección, pero, que al yo cambiar a la opción de titulación por medio de la acreditación del ejercicio o práctica profesional se convirtió en Tesina. Le agradezco sobre todo su paciencia y su disposición, desde el préstamo de libros por largos meses, el asesoramiento personal y hasta la asignación de su propia oficina como área de trabajo.

A Evelio Martínez le agradezco sus valiosas revisiones del borrador, sus comentarios correcciones y recomendaciones, pero sobre todo su amistad y camaradería.

La defensa del examen profesional es la culminación de una aventura que iniciamos hace 10 años cuatro camaradas cuando decidimos abandonar la carrera de Informática en el Tec de Tijuana en pos de la Licenciatura en Ciencias Computacionales de la UABC en Ensenada. Un especial agradecimiento a Miguel, Adrián y Mendoza por invitarme a unirme a ellos en esa aventura, y a Polo, por ofrecerme su casa y recibirme con tres personas adicionales.

Un saludo a mis compañeros que hicieron especial mi paso por la universidad: Ray, Felipe, Eric, Nestor, Juan Carlos, Pato, Diana, Carlos, Neto, Memo, Rambo.

A mis buenos maestros un sincero agradecimiento, ellos son Roberto Romo, Leopoldo Morán, Zarina Guillen, Carlos Maldonado y Alfonso Esparza.

Gracias a mis compañeros de trabajo en Consorcio Red Uno, principalmente a Mónica, por su apoyo para la realización de este trabajo al permitirme exponer un caso práctico de un cliente de la empresa, a Angélica y Juan Carlos les agradezco su apoyo moral.

Quiero agradecer a toda mi familia su apoyo, el gran empuje que tuve de mis padres desde la primaria hasta la universidad y el interés de mi hermana, abuelos, tíos, y primos. Y a la familia Estrada Cruz por recibirme como un miembro más de la familia.

Finalmente a mi esposa, a Martha le agradezco su comprensión y su amor y el compartir conmigo sus sueños y formar una bonita familia coronada con nuestros hijos.

Transporte de correos.
Transporte de la voz humana.
Transporte de imágenes oscilantes.
En este siglo, como en otros
nuestro más alto logro
tendrá la simple mira
de acercar a los hombres

Antoine De Saint-Exupéry (1900-1944).

INDICE

INDICE	5
FIGURAS Y TABLAS	6
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 2. LOS CIMIENTOS DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN	9
2.1 Antecedentes	9
2.2 Historia de la telefonía	10
CAPÍTULO 3. SEÑALIZACIÓN ANALÓGICA, DIGITAL Y ANCHOS DE BANDA	14
3.1 El fenómeno de la voz	14
3.2 Sistemas analógicos	14
3.3 Ruido	18
3.4 Sistemas Digitales	18
CAPÍTULO 4. REDES DE DATOS DE COBERTURA AMPLIA	22
4.1 Las primeras redes	22
4.2 X.25	26
4.2.1 Las capas de las recomendaciones X.25	27
4.3 Modelo de referencia OSI	27
4.4. TCP/IP	29
4.5. Frame Relay	33
CAPÍTULO 5. RED DIGITAL INTEGRADA	39
5.1 Introducción	39
5.2 Redes privadas de telefonía	41
CAPÍTULO 6. TENDENCIAS DE INTEGRACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS DE TELEFONÍA Y DATOS	45
6.1 Introducción	45
6.2 ISDN	46
6.3 ATM	52
6.3.1	54
6.4. Voz sobre tecnologías típicas para transmitir datos	56
6.4.1. TDM	57
6.4.2. Voz sobre Frame Relay	57
6.4.3. Voz sobre IP	59
6,4,4 Internet Phone	60
CAPÍTULO 7. CASO PRÁCTICO, INTEGRACIÓN DE SERVICIOS PARA GRUPO SEMATUR DE CALIFORNIA, S.A. DE C.V	62
7.1 Introducción	62
7.2. Análisis de Necesidades y Requerimientos	64
7.3. Infraestructura de la empresa	65
7.4. Diseño preliminar de la solución	66
7.5. Implantación del Proyecto por Fases	69
7.6. Resultados y Conclusión	76
BIBLIOGRAFÍA	79

FIGURAS Y TABLAS

Figura 3.1. Diagrama de la onda analógica.....	15
Figura 3.2. Multicanalización analógica.....	16
Figura 3.3. El ruido se amplifica junto con la señal.....	18
Figura 3.4. Diagrama de la Transferencia Digital.....	19
Figura 3.5. La señal digital es restuarada eliminándose el ruido.....	20
Figura 3.6. COdificador/DECodificador.....	21
Figura 4.1. Paquete típico de datos.....	23
Figura 4.2. Transmisión de Paquetes.....	24
Figura 4.3. Las Capas de las recomendaciones X.25.....	27
Figura 4.4. Relación de los diferentes protocolos con el modelo de referencia OSI.....	29
Figura 4.5. Operación Y Lógica.....	32
Figura 4.6. Red Frame Relay.....	34
Tabla 5.1. Sistemas típicos de voz.....	40
Tabla 5.2. Redes y protocolos típicos de datos.....	41
Figura 5.1. Conexión Troncal-Extensión.....	43
Figura 5.2. Señalización E&M.....	43
Figura 5.3. Conexión E&M.....	44
Figura 6.1. Interfaces ISDN.....	48
Figura 6.2. Línea ISDN del abonado.....	50
Tabla 6.1. Grupos Funcionales ISDN.....	51
Figura 6.3. Puntos de referencia de Interfaces y agrupamientos funcionales.....	52
Figura 6.4. Las Capas del modelo B-ISDN.....	53
Figura 6.5. Multicanalización TDM.....	57
Tabla 6.2. Comparativo de retardos entre una red Frame Relay y una de telefonía pública.....	59
Figura 7.1. Itinerario de Grupo Sematur.....	63
Figura. 7.2. Diagrama general de la red corporativa de Grupo Sematur.....	68
Figura 7.3. Configuración para el nodo central de Mazatlán.....	69
Figura 7.4. Primera fase: Interconexión entre Mazatlán y La Paz.....	71
Figura 7.5. Segunda fase: Integración de México, D.F. a la red.....	72
Figura 7.6. Tercera fase: Integración de Pichilingue a la red.....	73
Figura 7.7. Red integrada de voz y datos de Grupo Sematur de California, S.A. de C.V.....	76

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

Las ciencias computacionales y las telecomunicaciones han ido evolucionando dramáticamente, principalmente en las últimas tres décadas en las que han unido sus pasos para revolucionar los métodos de comunicación utilizados por individuos e instituciones. Las actividades mercantiles y burocrático-administrativas han sido profundamente influenciadas por los avances tecnológicos de hoy en día. En los esquemas tradicionales las empresas e instituciones trabajan con dos redes de comunicación: una de voz y una de datos, en la actualidad resulta menos costoso y más benéfico combinar las redes privadas de voz y datos para unir las diferentes localidades a través de canales de alta velocidad en la transmisión de la información.

Para adaptarse a estos cambios y tomar las decisiones adecuadas en beneficio de sus empresas o centros de trabajo los ingenieros y profesionales de las ciencias computacionales necesitan estar al día en los avances de las redes de comunicación y tener un entendimiento de los antecedentes que las originaron.

La apertura comercial de México en el sector de las telecomunicaciones ha generado una gran expectativa en esta área, tanto a nacionales como a extranjeros, en nuestro país se está implementando una infraestructura de red de comunicaciones pública con base en la tecnología Frame Relay y X.25, para ofrecerla en las ciudades de mayor actividad comercial. Sin embargo, muchas compañías e instituciones han preferido instalar sus propias redes

privadas de comunicación, las tecnologías más utilizadas por estas compañías son TDM (Multicanalización por División de Tiempo), X.25, Frame Relay y muy pocas ATM (Modo de Transferencia Asíncrona).

La cultura de la interconectividad ha ido llegando gradualmente a las masas, el avance tecnológico de las redes locales de datos y principalmente el arribo de Internet ha influido en ello.

La experiencia profesional de un servidor, incluso desde antes de egresar de la carrera, se vio encaminada casual y causalmente hacia la conectividad, este trabajo presenta, aparte de las tendencias de integración de los servicios de voz y datos en redes de área amplia, un caso práctico real en la implementación de una red integradora para la empresa de transbordadores marítimos de Mazatlán, Sin. Grupo Sematur de California, S.A. de C.V.

CAPÍTULO 2. LOS CIMIENTOS DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN.

El termino Telecomunicaciones proviene de las palabras *tele*, de origen griego y que significa distancia [Miller, 1988] y de *comunicare*, de origen latino, que significa hacerlo común [Timman & James, 1987]. El desarrollo en tele-comunicaciones ha permitido que las distancias sean más cortas en el intercambio de información.

2.1 Antecedentes.

La comunicación no es más que la transmisión de mensajes entre personas. El origen de la comunicación parte de la necesidad del hombre por transmitir ideas, sentimientos e información que le permitan desarrollarse en sociedad. Desde que el hombre existe ha buscado la manera de satisfacer la necesidad de comunicarse con sus semejantes, al principio lo hizo por medio de signos y señas, hasta que formó códigos de información y finalmente estableció un lenguaje. Sin embargo, cuando surgió la necesidad de establecer comunicación entre poblados distantes el hombre empleó tambores u hogueras basados en códigos conocidos de antemano por quienes las enviaban y por quienes las recibían quedando limitados a los sonidos o señales visuales. Cuando se requería comunicar información detallada o secreta se enviaba a una persona hasta el otro sitio a transmitir el mensaje, obviamente el proceso era muy tardado y peligroso para el portador del mensaje. El riesgo de que la información no llegara a su destino era alto. La necesidad de comunicarse entre unos y otros estaba satisfecha parcialmente ya que la necesidad de comunicarse a distancia presentaba enormes limitaciones,

estas limitaciones impulsaron al hombre a investigar nuevos mecanismos para establecer comunicación remota.

2.2 Historia de la telefonía.

Las redes de telecomunicaciones de hoy en día no deben su razón de ser a un solo hombre. Un invento o descubrimiento fue llevando a otro hasta culminar con la telefonía y los servicios que giran alrededor de ella.

La electricidad puede definirse como "la forma de energía que se manifiesta por una fuerza de atracción independiente de la gravedad y cuyas propiedades permiten transmitirla de un punto a otro". Los primeros descubrimientos eléctricos se los debemos a los griegos quienes 600 años antes de Cristo, al frotar el ámbar, observaron que éste era capaz de atraer trocitos de papel y otras materias livianas, dando lugar al descubrimiento del electrón, que en griego quiere decir ámbar, de ahí el origen de la palabra electricidad [Telmex, 1998].

En 1663 Oton De Gericke logró producir cargas eléctricas más poderosas mediante la fricción de una bola de azufre que hacía girar una rueda. Su segunda contribución fue distinguir entre materiales *conductores* capaces de transmitir electricidad y los materiales aisladores *dieléctricos* incapaces de transmitirla.

A Carlos Dufay le debemos el descubrimiento, en 1773, de la energía positiva y negativa y a Benjamín Franklin el descubrimiento de que dos materiales cargados con energías del mismo signo se rechazan, mientras que, cargados con energías contrarias se atraen [Telmex, 1998].

Otra contribución importante se dio en 1800, Alejandro Volta inventó la pila eléctrica haciendo posible el almacenamiento y disponibilidad continua de energía [Telmex, 1998].

El primer sistema de comunicaciones por la vía eléctrica se la debemos al invento del francés Claude Chappe, su contribución en 1791: el telégrafo. El primer telégrafo eléctrico constaba de varias teclas de marcación y cinco agujas magnéticas colocadas sobre un papel cuadrado con letras y números; al presionar las teclas la corriente hacía mover las agujas del papel hasta ubicarse en la letra o número seleccionado de manera que el operador apretaba las teclas y el receptor iba leyendo letra por letra el mensaje señalado por las agujas. Este invento fue perfeccionado por Joseph Henry, quien construyó un electroimán que dio lugar a un resonador telegráfico que producía un repiqueteo singular [Telmex, 1998]; esto sirvió de inspiración a Samuel Morse para que construyera un pulsador telegráfico basado en puntos y rayas que representaban a las letras, números y signos, este código permitió una comunicación eficaz a distancia. El 24 de mayo de 1844 se instaló el primer sistema de telecomunicación de nuestros tiempos para enlazar las ciudades de Washington y Baltimore en E.U.A. se tiró una línea telegráfica de 64 Km [Red Uno, 1998].

Sin duda la telegrafía fue un gran avance de los sistemas de telecomunicaciones, pero el sueño del hombre era poder transportar su voz hacia otras comunidades, muchos fueron los intentos que se hicieron para poder lograr el viejo anhelo, Carlos G. Page, encontró en 1837, la forma de producir sonidos mediante la imantación y desimantación repentina de una barra de hierro. Philipp Reis, en 1866, construyó un transmisor de sonidos, la audición era de pésima fidelidad, pero demostraba que se podía transmitir sonidos adicionales al clásico repiqueteo del telégrafo [Telmex, 1998].

Estos intentos culminaron con un descubrimiento de Alexander Graham Bell, quién en 1876 registró su invento, el teléfono. A pesar de los logros obtenidos, Bell continuaba sus investigaciones tratando de perfeccionar la transmisión de la voz humana, el esfuerzo culminó el 10 de marzo de 1876 cuando en su deseo de reforzar las débiles señales de audio que recibía del aparato de su ayudante, Thomas Watson, se le ocurrió aumentar la densidad de la pila eléctrica con la cual operaba su sistema, al agregarle ácido sulfúrico, parte del líquido se derrama sobre su pierna quemándola, inmediatamente solicita la ayuda de su colaborador; un grito de júbilo obtiene por respuesta pues la voz le llegó con insólita claridad [Telmex, 1998].

El teléfono, en su forma más simple consiste de un transmisor provisto de un diafragma de aluminio que vibra bajo la acción de la voz humana, estas vibraciones producen ciertos impulsos eléctricos que se comunican a un receptor. Los impulsos son aquí traducidos de nuevo a ondas muy semejantes a las del sonido original. El diafragma se halla conectado por el

centro con un depósito de pequeños grados de carbón, que provocan cambios de intensidad en la corriente de acuerdo a los cambios de intensidad de la voz [Red Uno, 1998].

En 1878, George W. Coy construyó la primer central telefónica para poder conectar entre sí varias líneas telefónicas, ya que con el invento de Bell sólo se podía establecer comunicación con dos teléfonos conectados entre sí directamente. Las redes públicas de voz aparecieron cuando surgió la necesidad de interconectar las centrales telefónicas [Red Uno, 1998].

CAPÍTULO 3. SEÑALIZACIÓN ANALÓGICA, DIGITAL Y ANCHOS DE BANDA.

3.1 El fenómeno de la voz.

La voz humana es más que el cambio de presión en el aire, al hablar, la voz produce ligeros choques moleculares que se propagan a través del aire en forma de onda, la onda disminuye gradualmente su intensidad conforme se aleja de la boca, el oído humano al interceptar las variaciones del aire convierte las ondas de voz en impulsos nerviosos los cuales el cerebro interpreta como mensaje [Black, 1995], de la misma forma el aparato telefónico transforma las ondas de voz en ondas eléctricas.

3.2 Sistemas analógicos.

La longitud de onda (λ), ya sea sonora o eléctrica, es la distancia que separa el final del inicio de la misma. La oscilación completa de una onda describe un ciclo. El número de oscilaciones de una onda en un determinado período de tiempo es llamado la frecuencia (f), Un hertz (Hz) es la frecuencia expresada en ciclos por segundo, la frecuencia describe el número de ciclos que pasan por un punto dado en un segundo. Un período (T) es el tiempo que se requiere para que una señal sea transmitida sobre una distancia de longitud de onda, el período describe la duración del ciclo y se expresa en función de la frecuencia:

$$T = 1/f$$

La velocidad (V) con que se propagan por X medio las ondas se calcula con la siguiente formula:

$$V = f * \lambda$$

\therefore

$$\lambda = V/f; f = V/\lambda$$

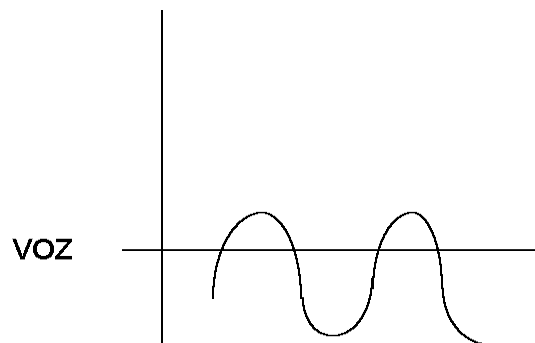


Figura. 3.1. Diagrama de la onda analógica.

Las señales de la voz no están formadas por una sola frecuencia, por el contrario, la señal de la voz consiste de una onda formada por diferentes frecuencias, la mezcla de estas frecuencias es el fenómeno que determina el timbre de la voz de una persona; y es precisamente la mezcla de estas frecuencias lo que determina el concepto del ancho de banda y que se expresa de la siguiente manera:

$$BW = f^1 - f^2$$

donde BW = ancho de banda; f^1 = la frecuencia más alta; f^2 = la frecuencia más baja. A manera de ejemplo, las vocales generalmente ocupan las frecuencias bajas y las consonantes las frecuencias altas. El oído humano puede detectar frecuencias en los rangos de 40 a 18,000 Hz; sin embargo, los sistemas telefónicos no tienen capacidad de transmitir altas frecuencias, no es necesario transmitir las señales de voz con tal precisión debido a que el oído humano no detecta con precisión las diferencias de frecuencias ya que el cerebro tiene gran capacidad de reconstruir las características de los sonidos y el sentido del mensaje [Black, 1995]. Para medios de transmisión de la voz se definió un canal de banda de voz a 4000 Hz, esto significa que el canal consiste desde 0 hasta 4 KHz de frecuencia. En los inicios de la telefonía, las centrales telefónicas conectaban sólo unas cuantas líneas a sus abonados, cada abonado recibía un par de cables de cobre, de la misma forma se conectaban las centrales entre sí, con pares de cobre a 4 KHz cada uno, con la gran desventaja de tener que tirar un cable por cada canal de voz [Flanagan, 1988].

Existe una relación directa entre el ancho de banda y la velocidad de transmisión (bits por segundo), entre más ancho de banda tenga un canal, mayor será la capacidad de transmisión, la velocidad de transmisión (R) está expresada como:

$$R = 2 f'$$

Al tener el par de cobre, la capacidad de transportar por arriba de los 100,000Hz se buscó la forma de poder utilizar más eficientemente ese ancho de banda y se llegó al **Multicanalizador por División de Frecuencias (FDM)**; Con FDM se pueden transportar por el mismo par de cobre hasta 30 canales de voz, aceptando entradas desde los 0 hasta los 4 KHz. El primer canal de voz se transmitía sin cambio alguno, el segundo canal era transformado al rango de frecuencias de 4 KHz a 8 KHz, el tercer canal de los 8 KHz a los 12 KHz y así sucesivamente hasta llegar a los 30 canales (Ver Figura. 3.2). FDM redujo considerablemente el número de cables conectados entre centrales telefónicas.

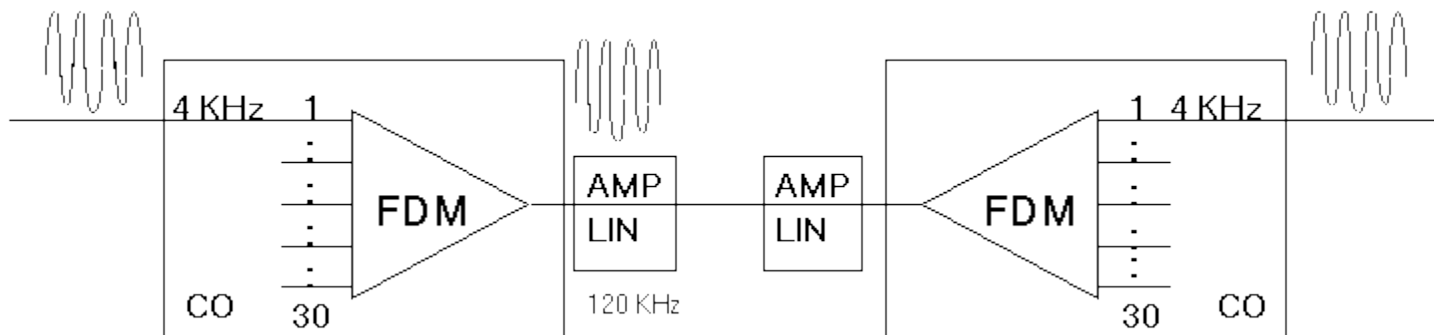


Figura 3.2. Multicanalización Analógica.

3.3 Ruido.

Todo cable funciona como antena y recibe señales que interfieren el flujo de información, las señales son recibidas de fuentes de radiación eléctrica tales como motores eléctricos, luces fosforescentes e inclusive otras líneas telefónicas, estas señales son conocidas como ruido y causan distorsión en las señales de voz. Desafortunadamente en los sistemas de transmisión analógicos el ruido no se puede separar de la señal de voz. Cuando una señal de voz se envía, conforme avanza por el medio de transmisión se empieza a debilitar y necesita amplificarse, mientras avanza el ruido se incorpora a la señal de voz y al amplificarse esta el ruido es amplificado también (Ver Figura. 3.3.).

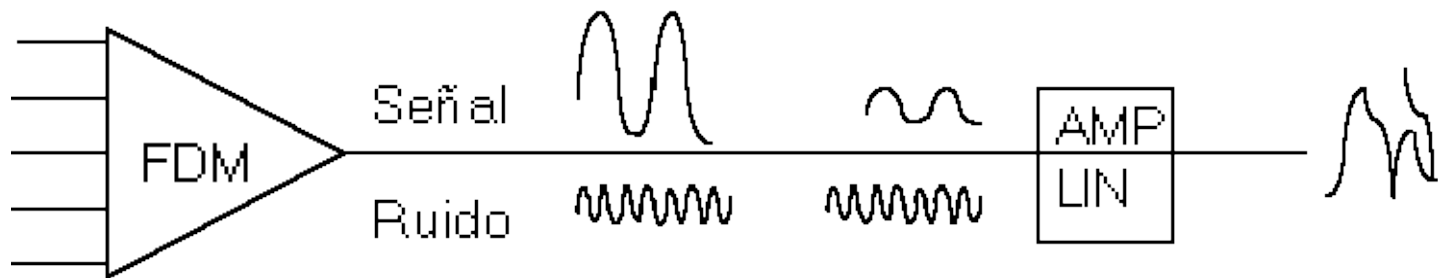


Figura 3.3. El ruido se amplifica junto con la señal.

3.4 Sistemas Digitales.

Dos han sido los desarrollos que marcaron el cambio en las redes de telefonía: la transmisión digital y la señalización por canal común [Walrand, 1991]. La telefonía digital transmite las señales de voz como cadenas de bits, estas transmisiones mantienen niveles bajos de ruido y facilitan la conmutación de señales y la transmisión de diferentes señales por la misma línea. La señalización por canal común permite que fluya información de control al conmutador telefónico para eficientizar la implementación de los servicios digitales.

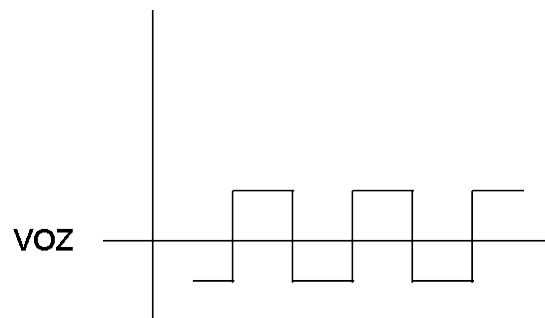


Figura. 3.4. Diagrama de la Transferencia Digital

La digitalización de la voz fue investigada principalmente para atacar el problema del ruido, la principal diferencia entre los sistemas analógicos y los sistemas digitales está en que en estos últimos, los receptores ya "saben" exactamente lo que esperan del transmisor. Una señal analógica puede ser cualquier valor de la curva, por lo tanto cualquier pequeña variación causada por ruido es difícil de detectar e imposible de remover. Una señal digital sólo puede tener unos cuantos valores (-1, 0, +1), por lo que cualquier desviación representa ruido, durante la transmisión la señal es regenerada periódicamente, restaurando la señal original (Ver Figura. 3.5).

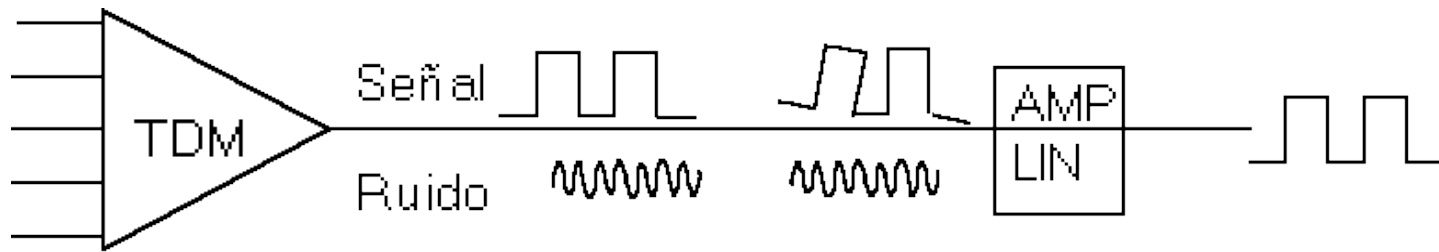


Figura 3.5. La señal digital es restaurada eliminándose el ruido.

El transistor y la lógica digital hicieron posible otra tecnología: La Multicanalización por división de tiempo (TDM) también conocido como el banco de canales, TDM asigna pequeños intervalos de tiempo a los canales de transmisión (generalmente 30) y los va rotando.

El estándar mundial para la digitalización de la voz es la modulación por pulso codificado, PCM por sus siglas en inglés (Pulse Code Modulation), para convertir la señal analógica a digital pasa por un (CODEC) **C**odificador-**D**ECodificador, la conversión se da en dos pasos:

- 1.- Modulación por amplitud de pulsos. Basados en un teorema matemático de Harry Nyquist, la señal analógica que entra representando las variaciones de la voz es muestreada 8,000 veces por segundo, el modulador utiliza la muestra para enviar un pulso de onda muy angosto cuya altura (voltaje) es la misma que en la señal analógica.
- 2.- Codificación digital. La altura del pulso es convertida a un valor digital, la salida es un octeto que representa el voltaje del pulso y por lo tanto la señal analógica muestreada. El proceso de dos pasos convierte la señal analógica de la voz en una cadena de 64,000 bits por segundo (Ver Figura. 3.6.), la cadena de 64 Kbps es mejor conocida como un DS-0 (Digital Signal level 0).

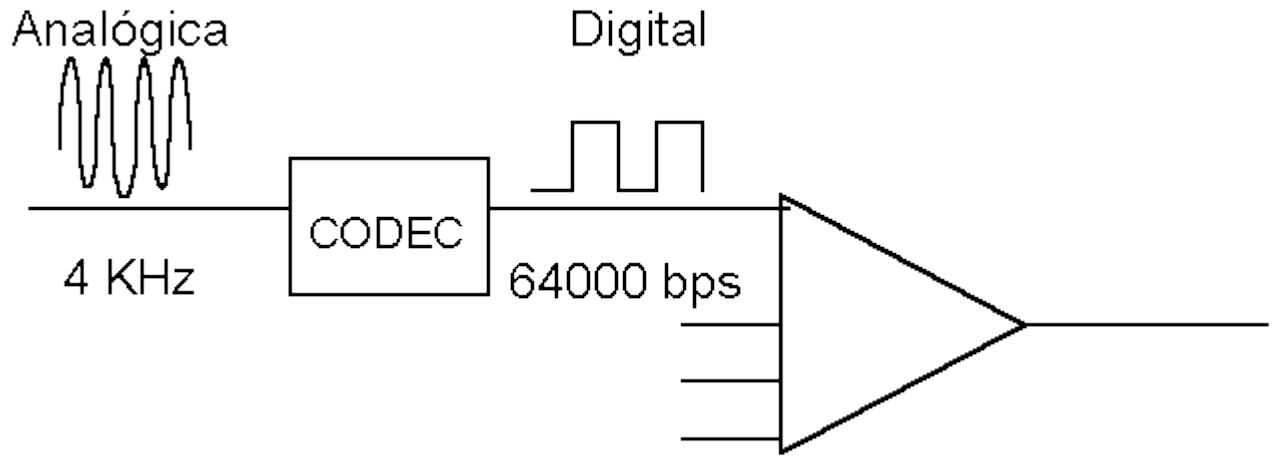


Figura 3.6. Codificador/DECodificador.

CAPÍTULO 4. REDES DE DATOS DE COBERTURA AMPLIA.

4.1 Las primeras redes.

Las computadoras nacieron en los años 40 y empezaron a cobrar auge en los años 60, al surgir la necesidad de estandarizar la conexión de las computadoras con sus periféricos tales como impresoras, teclados, dispositivos de entrada (e.i. cartuchos, discos), etc., la **Asociación de Industrias Electrónicas** (EIA por sus siglas en inglés) publicó en 1969 las especificaciones del **eStándar Recomendado-232** (RS-232 por sus siglas en inglés). Esta conexión permite velocidades de transferencia de 38,400 bits por segundo y soporta hasta 15 metros de distancia, la transferencia se da en forma serial, es decir, la información se envía por octetos, cada dos octetos enviados son separados por un pequeño intervalo de tiempo, como los tiempos de transferencia son arbitrarios este estándar es conocido como asíncrono. La conexión RS-232 aún es utilizada ampliamente en nuestros días.

También en los años sesenta surgió el MODEM (**MO**dulación-**DE**Modulación), para permitir la transferencia de bits por las líneas analógicas de la telefonía pública. El modem convierte los bits en frecuencias en los rangos de voz que se transmiten por las líneas telefónicas y los reconvierte a bits una vez que llegan a su destino

Un hecho curioso, mientras que la industria de la telefonía convertía la señal analógica en digital para eficientizar la calidad de la transmisión, la industria de la computación convertía la señal digital en analógica para utilizar la infraestructura telefónica existente como medio de transmisión.

Las primeras conexiones entre computadoras se dieron a mediados de los años 60 con enlaces punto a punto en forma síncrona, es decir con un tiempo preciso de transmisión entre *paquetes* de bits; un paquete es una agrupación de bits, típicamente en el orden de los cientos (ver Figura. 4.1.). Estas conexiones se basaron en los procedimientos de los protocolos de enlace de datos mejor conocidos por sus siglas en inglés: SDLC (Synchronous Data Link Control), LAPB (Link Access Procedure, Balanced) y HDLC (High-level Data link Control).

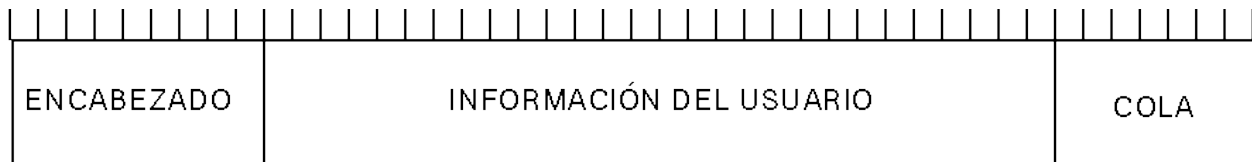


Figura 4.1. Paquete típico de datos.

El desarrollo de los protocolos de enlace de datos dio pie a la idea de interconexiones indirectas de computadoras, es decir, conectarse a una tercera computadora vía la conexión con la segunda, (Ver Figura. 4.2).

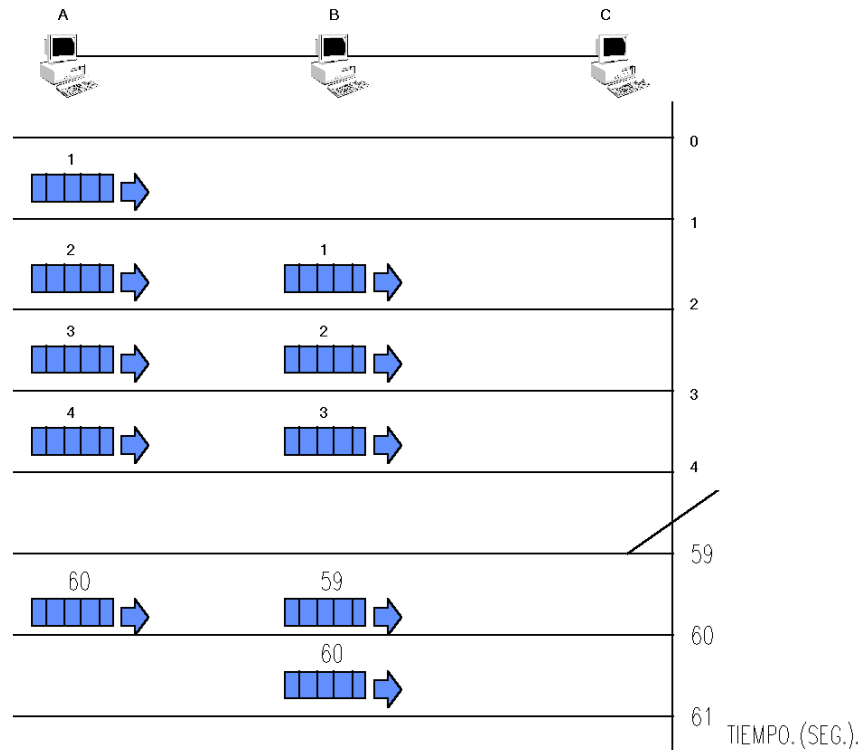


Figura. 4.2. Transmisión de Paquetes.

El procedimiento se llamó *store-and-forward*, recibe y envía; y funciona de manera óptima si la transmisión de la computadora B hacia la C inicia antes de que la transmisión de la A hacia la B finalice; para lograr esto los mensajes se dividen en pequeños paquetes y se reenvían tan pronto como llegan al intermediario.

Cuando son muchas las computadoras conectadas de esta forma, tipo malla, son varias las consideraciones que se deben de tomar:

- *Ruteo*.- ¿Qué trayectorias deben de seguir los paquetes en la red?
- *Control de Flujo*.- ¿Cómo evitar que la red se congestione?

- *Direccionamiento.*- ¿Cuál es la manera correcta de direccionar los nodos?
- *Seguridad.*- ¿Cómo mantener la integridad de la información y de los nodos?
- *Presentación.*- ¿Cómo comunicar equipos de diferentes fabricantes?

Para solucionar estas cuestiones la ARPA (**A**dvanced **R**esearch **P**rojects **A**gency), agencia de proyectos de investigaciones avanzadas del **D**epartamento de **D**efensa de los Estados Unidos (DoD) inició un proyecto al cual le llamó ARPANet. El producto del proyecto fue el protocolo de transferencia de datos TCP/IP (**T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol/**I**nternet **P**rotocol) y el resultado de ARPANET fue la red que vino a masificar el uso de las computadoras en los últimos años, Internet (**I**nterconnected **N**etworks). El propósito de ARPANET fue el de compartir información de inteligencia militar e investigación científica, Esta red consistía de 4 nodos principales ubicados en UCLA (Universidad de California en Los Angeles), UCSB (Universidad de California en San Bernardino, SRI (Instituto de Investigación de Stanford) y la Universidad del estado de Utah [Santifaller, 1991].

Mientras el DoD trabajaba en el proyecto ARPANET muchas compañías desarrollaron sus propios protocolos de transferencia de datos, entre ellas IBM (**I**nternational **B**usiness **M**achines) quien en 1974 presentó al mercado su arquitectura propietaria **S**ystems **N**etworks **A**rchitecture (SNA); y en 1975 DEC (**D**igital **E**quipment **C**orporation) presentó DECNet; estas compañías pretendían que su arquitectura se convirtiese en el estándar de comunicaciones de datos, mientras tanto sus protocolos diferían en la manera en el enruteo, flujo de control, direccionamiento, etc.

Por esas mismas fechas el CCITT (**Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique**), una de las siete organizaciones que conforman la ITU (**International Telecommunication Union**) de la ONU (**Organización de las Naciones Unidas**), publicó las recomendaciones X.25 para el intercambio de información entre computadoras a través de la conmutación de paquetes.

4.2 X.25.

Las recomendaciones X.25 se diseñaron para proveer una interfaz entre los dispositivos del usuario final y la red; se diseñó exclusivamente para datos. X.25 no es una especificación de conmutación de paquetes, es una especificación de interfaz de redes, las especificaciones X.25 no mencionan en lo absoluto operaciones dentro de la red. X.25 define los procedimientos para el intercambio de información entre los dispositivos de usuarios, DTE (**Data Terminal Equipment**) y la red, DCE (**Data Communication Equipment**), [Black, 1995].

Las recomendaciones X.25 están orientadas a ofrecer calidad de servicio, ya que cuenta con funciones tales como identificación de paquetes, recuperación de errores, control de flujo, rechazo de paquetes, redireccionamiento de llamadas, entre otras.

X.25 es un protocolo que ha madurado a través de los años, surgió en una época en que la transmisión de datos no tenía asegurado que éstos llegarán libres de errores a su

destino, por lo tanto X.25 fue diseñado con excesivos procedimientos de control, por cada paquete enviado, un mensaje de acuse de recibo es enviado de regreso. [Smith, 1993].

4.2.1 Las capas de las recomendaciones X.25.

Las primeras dos capas existen para soportar la tercera (Ver Figura. 4.3).

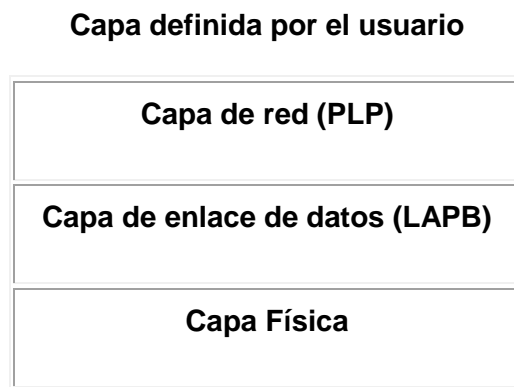


Figura. 4.3. Las Capas de las recomendaciones X.25;
donde PLP: Packet Layer Procedures; LAPB: Link Access Procedure, Balanced.

La capa física es la interfaz física entre el DTE y el DCE y puede ser X.21, V.35, RS-232. X.25 supone que la capa dos es el protocolo LAPB (Link **A**ccess **P**rocedure, **B**alanced), procedimiento balanceado de acceso al enlace. La principal función del protocolo LAPB es de asegurar la entrega del paquete libre de errores a la capa de red. La capa de red es responsable de establecer, administrar y terminar la comunicación entre los DTE's y DCE's.

4.3 Modelo de referencia OSI.

La creciente necesidad de comunicación de red a red inspiró a la investigación que llevó a lo que se conoce como el modelo de referencia OSI (**O**pen **S**ystems **I**nterconnection model), en 1978, desarrollado por la ISO (**I**nternational **S**tandard **O**rganization). [Santifaller, 1991].

Este modelo es diseñado como estándar para permitir la comunicación de varios sistemas abiertos. Un sistema abierto es aquel que se apega a los protocolos establecidos previamente por alguna organización para comunicarse con otros sistemas desarrollados por otro fabricante, por lo tanto, un sistema abierto se puede interconectar y cooperar con otro utilizando interfaces y protocolos que ambos comparten.

Debido al surgimiento del modelo OSI, se ha realizado un continuo desarrollo asociado a protocolos estándares. Estos protocolos describen la utopía de interconectividad, pero como aún predominan las arquitecturas de red propietarias como SNA de IBM y DECNet, la evolución hacia una arquitectura de red equivalente entre sistemas (como la de OSI) ha sido lenta. [Jiménez, 1994]. (Ver Figura 4.4).

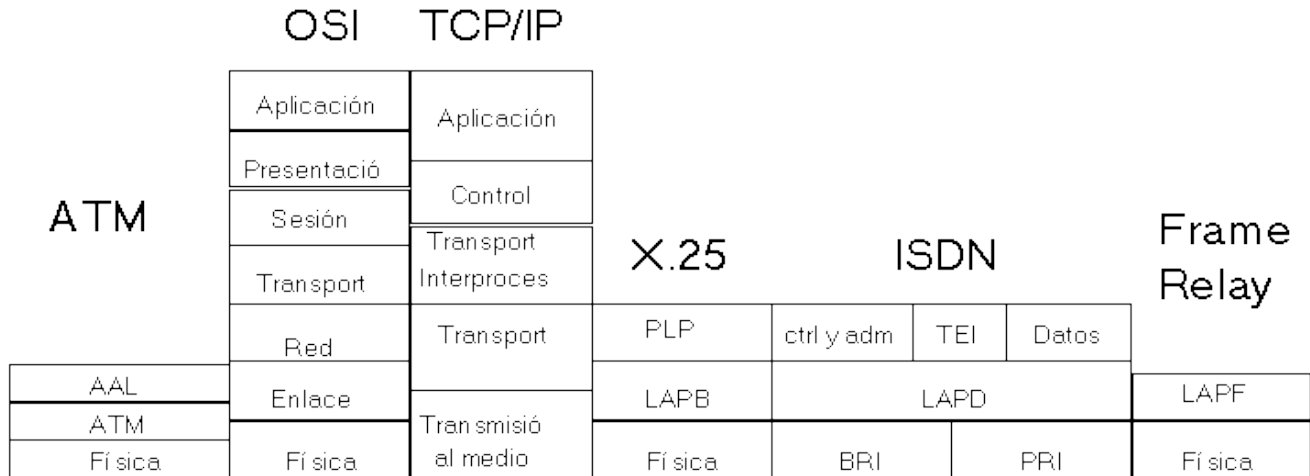


Figura 4.4. Relación de los diferentes protocolos con el modelo de referencia OSI

El modelo de referencia OSI puede ser dividido en dos grupos funcionales, el subconjunto de comunicaciones que forman las primeras tres capas y el subconjunto de procedimientos que operan utilizando las capas de la 4 a la 7. [Miller, 1996].

Las redes de comunicación tienen cierta analogía con el primer subconjunto del modelo OSI, pero, no todas las tecnologías proveen las mismas funciones. Por ejemplo las tres capas de las recomendaciones X.25 están alineadas a las capas física, de enlace y de red del modelo de referencia OSI respectivamente, mientras que Frame Relay sólo provee algunas funciones de la capa de enlace y ninguna de la capa de Red.

4.4. TCP/IP.

Los Protocolos TCP/IP son utilizados por miles de redes para interconectar a millones de computadoras alrededor del mundo, la colección más grande de redes que utilizan TCP/IP es Internet. [Carl-Mitchell, Quarterman, 1993].

Para entender el funcionamiento de los protocolos TCP/IP debe tenerse en cuenta la arquitectura para comunicar redes. Tal arquitectura ve como iguales a todas las redes a conectarse, sin tomar en cuenta el tamaño de ellas, ya sean de área local o de cobertura amplia. El protocolo define que todas las redes que intercambiarán información deben estar conectadas a una misma computadora dotada con dispositivos de comunicación; a tal computadora se le denomina compuerta, enrutador o puente.

Para que en una red dos computadoras puedan comunicarse entre sí, ellas deben estar identificadas con precisión. Este identificador puede estar definido en niveles bajos (identificador físico) o en niveles altos (identificador lógico) dependiendo del protocolo utilizado. TCP/IP utiliza un identificador denominado dirección Internet o dirección IP. Cada nodo de una red es conocido como un "host" y tiene una dirección única que es representada por un entero de 32 bits, segmentados en cuatro campos, en la forma nnn.nnn.nnn.nnn donde cada uno de los cuatro campos es la representación decimal de un octeto (Byte) [Castro, 1996]. La dirección IP es dividida a su vez en dos partes: la primera parte identifica a la red, la segunda parte identifica a los nodos dentro de la red; existen cinco clases de redes que utilizan este formato, estas clases son: A, B, C, D y E. En la clase A el formato es el siguiente nnn.xxx.yyy.zzz. donde la parte "nnn" es el identificador de la red y la parte "xxx.yyy.zzz" es el identificador del nodo; la

clase A es para redes muy grandes pues puede tener hasta 16,777,214 nodos por sí sola; los nodos de la clase A tienen el rango desde 0 hasta 127 en el primer octeto (nnn), un ejemplo de este tipo es la dirección 9.18.18.138, que corresponde a la red de IBM, por el 9 se identifica que ésta es una red de la clase A [Castro, 1996].

La clase B tiene el formato nnn.nnn.xxx.yyy donde "nnn.nnn" es el identificador de la red e "yyy.xxx" es el identificador del nodo, esta clase de redes son de las más populares en nuestro país, pueden tener hasta 65,534 nodos, son fácilmente identificadas por que en el primer octeto la numeración oscila entre el 128 y 191, un ejemplo es la dirección 148.231.191.14 que corresponde a la red UABC, por el octeto 148 se sabe que es del tipo B.

La clase C tiene el formato nnn.nnn.nnn.xxx los primeros tres octetos corresponden al identificador de la red y el último octeto corresponde al identificador del nodo. Esta clase es para redes pequeñas ya que sólo puede tener 254 nodos. Sus identificadores de red varían entre el 192 y 223. un ejemplo: 221.6.1.244. Por el octeto 221 se sabe que es del tipo C.

Las clases D y E casi no son utilizadas, basta decir que la clase D varía la identificación del primer octeto de 224 al 239, y para identificar la red se utilizan los cuatro primeros bits del primer octeto, los otros 28 identifican al nodo. La clase E está reservada para el futuro, se identifican del 240 al 255. (El valor máximo de un octeto, es de 256, por lo que los valores del primer octeto, independientemente de la clase está en el rango 0-255).

La dirección de clase A 127.0.0.0 contiene un significado especial, éste llamado *loopback* [Naugle, 1994] es utilizado por procesos que deseen comunicarse con el protocolo TCP en el mismo nodo. Si cada octeto de la dirección IP contiene puros unos, a la dirección se le conoce como *broadcast limitado* y el paquete será recibido por todos los nodos en la red local. Los enrutadores no envían paquetes con este tipo de dirección (255.255.255.255). Cualquier dirección con ceros en alguna parte denota "esta red". [Jiménez, 1995].

Ahora bien, el direccionamiento IP contiene a su vez un esquema que permite utilizar la parte del número de red de una dirección IP para reasignarlo como otro número de red; es decir, con una sola red se pueden representar varias redes [Jiménez, 1995]. Este método se conoce como *enmascaramiento de subred* [Naugle, 1994] ya que se aplica una máscara a la dirección IP para saber si el nodo destino está en una red o en una subred. La máscara es un entero de 32 bits al cual se le aplica la operación Y lógica con la dirección IP para determinar que parte de la dirección será utilizada para propósitos de enrutamiento. Ver Fig. 4.5.

Clase B
Dirección IP: 129.1.9.1
Máscara de subred: 255.255.248.0

1000001	0000001	0001 001	0000001
DIRECCIÓN DE RED 129.1	SUBRED 8	DIRECCIÓN DE NODO 9.1	

1) 4 Octetos de dirección
2) Realizar operación Y lógica
3) Los bits resultants de la operación muestran el número de red y subred

OPERACIÓN:

```

1000001 0000001 0001|001 0000001 – Dirección: 129.1.9.1
11111111 11111111 1111|000 00000000 – Máscara: 255.255.255.248
-----
1000001 0000001 0001|001 00000000 – Red: 129.1 ; Subred 8
    
```

Dirección de Red: 129.1.8.0

Figura 4.5. Operación Y Lógica.

Los protocolos TCP/IP están enfocados a la transmisión de paquetes de información, buscando la independencia de la arquitectura de la red. El Protocolo Internet proporciona un servicio de distribución de paquetes de información orientado a no-conexión de manera no fiable. La orientación a no-conexión significa que los paquetes de información, que será emitida a la red, son tratados independientemente, pudiendo viajar por diferentes trayectorias para llegar a su destino. El término no fiable significa más que nada que no se garantiza la recepción del paquete.

4.5. Frame Relay.

Frame Relay es una versión moderna de X.25 que aumenta la velocidad de transferencia de datos a través de una red, por medio de la simplificación de las funciones realizadas por las computadoras o equipos terminales de datos (DTE) y los nodos de conmutación durante la fase de transferencia de datos. Entre los DTE's y los nodos de la red se transmiten únicamente tramas a nivel de enlace de datos.

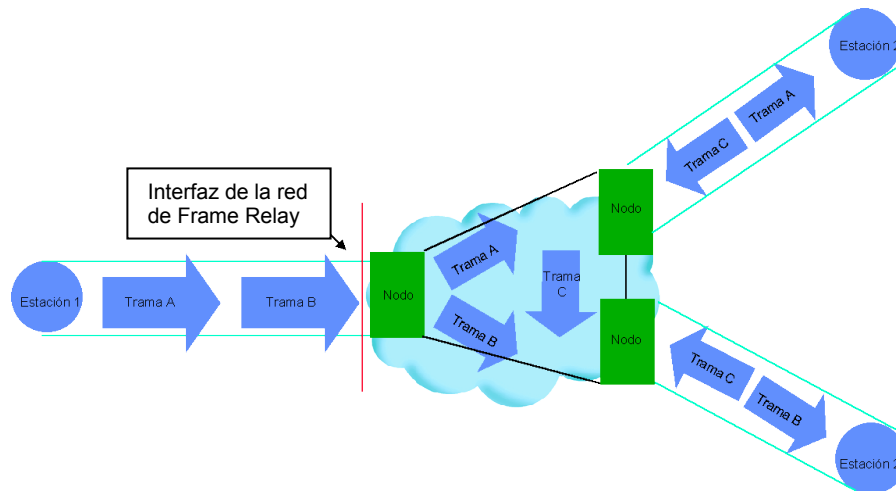


Figura 4.6. Red Frame Relay

Frame Relay elimina el nivel de red de X.25 y no implementa las funciones verificación de secuencia y corrección de errores del nivel de enlace de datos. En la capa 2 del Frame Relay se tienen únicamente las funciones clásicas de entramado y detección de errores, y se incorporan las funciones de enrutamiento y multicanalización de canales lógicos propios a la capa 3.

Las funciones de la capa 2 se dividen en 2 sub -capas:

- Los aspectos del núcleo implementados por todos los equipos de la red.
- Los elementos de procedimiento (EOP) implementados únicamente (y como una opción) en las computadoras o equipos terminales de datos (DTE).

El núcleo es la parte fundamental de las redes de Frame Relay ya que contienen las funciones esenciales de transferencia de datos que dan una personalidad propia a estas redes. Las funciones de corrección de errores y control de flujo no se implementan en cada enlace entre los nodos de la red, si no que son responsabilidad de los EOP o de una capa superior en las computadoras o equipos terminales de datos (DTE) de los usuarios [González, 1997]. La simplificación de las funciones de los nodos de conmutación de la red trae como consecuencia una reducción significativa en el tiempo de procesamiento de las tramas y como consecuencia en el tiempo de tránsito a través de la red.

La filosofía de Frame Relay es hacer dentro de la red sólo lo indispensable para transmitir las tramas de extremo a extremo.

Las redes de Frame Relay ofrecen un servicio orientado a conexión basado en el establecimiento de enlaces virtuales (PVC's), a través de una red de conmutación de paquetes.

El núcleo transfiere la información a través de la red en tramas tipo HDLC que contienen un campo de dirección extendido y que carece de un campo de control.

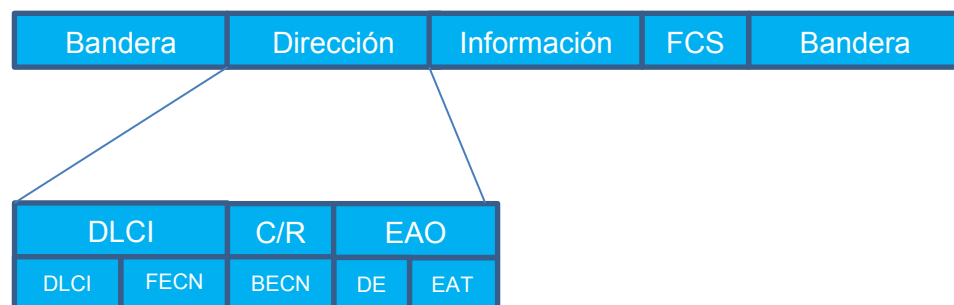


Figura 4.7. Formato de las Tramas

Este último campo no es necesario ya que en la red no se realizan funciones de control de errores o de control de flujo que implicarían la existencia de diferentes tipos de tramas y la utilización de números de secuencia.

En los 2 octetos del campo de dirección se encuentra el encabezado de las tramas. Este encabezado contiene un Identificador de Conexión de Enlace de Datos (DLCI), y los bits EA, C/R, DE, FECN y BECN. El DLCI permite que múltiples enlaces virtuales compartan un solo enlace físico, con 10 bits reservados para el DLCI es posible multicanalizar hasta 1024 enlaces virtuales (En la práctica existen menos enlaces virtuales ya que algunos números están reservados para funciones de señalización y administración).

Los bits de extensión de dirección EA definen el número de octetos del campo de dirección y pueden utilizarse para aumentar el tamaño del DLCI.

El bit C/R (comando / respuesta) de HDLC no se utiliza en las redes de Frame Relay. El enrutamiento de las tramas a través de la red, la realiza el núcleo con base en los DLCI's.

Los nodos de conmutación asocian a cada trama que recibe un enlace de salida de acuerdo a su DLCI y a una tabla de conexiones, estos identificadores sólo tienen un significado local entre 2 nodos de la red.

La determinación de la ruta a seguir por las tramas pertenecientes a un circuito virtual se realiza mediante la concatenación de DLCI's.

El uso del formato mostrado en la figura 4.7 permite al núcleo detectar errores en la tramas. La verificación realizada porta sobre las banderas de inicio y fin, el DLCI, los tamaños mínimos y máximo en octetos del campo de información, y el campo FCS que permite detectar errores de transmisión [González, 1997].

El núcleo proporciona, además, indicaciones que pueden usarse para resolver un problema de congestión de la red. Los bits FECN y BECN de una trama son utilizados para notificar explícitamente al receptor y emisor, respectivamente, de un estado de congestión moderada de la red, con la esperanza de que las computadoras o equipos terminales de los usuarios reduzcan sus transmisiones.

Si la congestión en la red alcanza un nivel grave, una función correctiva comienza a descartar tramas. En este proceso se descartan primeramente las tramas que tiene encendido el indicador de elegibilidad para ser descartado (DE). Para controlar la congestión de la red,

Frame Relay requiere que cada usuario del servicio respete una velocidad (media) de transferencia de transmisión comprometida ó tasa de Información Comprometida (CIR, en Kbps), negociada durante el establecimiento de un enlace virtual. Si el tráfico de usuario excede su CIR el nodo de conmutación al cuál está conectado (o el mismo usuario) enciende el bit DE de todas las tramas en exceso, estas tramas serán transmitidas o descartadas por la red de Frame Relay en tramas en función de su estado de congestión. Finalmente el tráfico de un usuario que exceda el CIR en más de una cierta cantidad BE (también negociada al establecer el enlace virtual) durante un intervalo de tiempo determinado, es descartado por el nodo de ingreso a la red, cada tasa de Información Comprometida, se le puede asignar una tasa de Ráfaga de Exceso (BE, Burst Exceed), donde el valor que se le asigna a esta Ráfaga de Exceso dependerá de las características del tráfico a cursar y de las necesidades del usuario del servicio.

Esta Ráfaga de Exceso (BE) permitirá que, en los momentos que una aplicación así lo requiera, se pueda transmitir información a una mayor velocidad (equivalente a la suma del CIR asociado más el valor del BE asignado), pero esto se podrá llevar acabo siempre y cuando no exista congestión en la red, y el valor del puerto frame relay y el enlace lo permitan.

El control de la congestión es tal vez el principal problema que enfrentan las redes de Frame Relay, ya que no tienen mecanismos internos para evitar la congestión, si no que dependen de la reducción voluntaria de flujo de información por parte de los usuarios.

CAPÍTULO 5. RED DIGITAL INTEGRADA.

5.1 Introducción.

La tecnología actual en la que se soportan los servicios de voz, vídeo y datos ha permanecido en el mercado por más de dos décadas debido a que ha satisfecho las demandas de la sociedad de una manera aceptable por que está fundada en cimientos sólidos que la han permitido construir la infraestructura moderna de nuestros tiempos. [Black, 1995].

El primer sistema digital de voz fue introducido en los E.U.A. en 1962 por los laboratorios Bell, conocido como T1, soporta 24 canales de voz sobre un enlace de cobre, ese mismo año en Europa se desarrollo un sistema similar conocido como E1 y que agrupa 30 canales de voz; posteriormente para enlaces de mayor capacidad se desarrollaron los sistemas T3 que transportan 28 señales T1, es decir 672 canales de voz, mientras que los sistemas E3 transportan 16 señales E1.

Los sistemas E1/T1, E3/T3 se han convertido en las redes mayoritarias de servicios de voz proveídas por las compañías telefónicas; aunque estos sistemas fueron originalmente desarrollados como sistemas de voz, actualmente, también pueden ser configurados para servicios de transmisión de datos y vídeo.

A diferencia de las redes de datos, las redes de voz han sido históricamente reguladas o estandarizadas debido a que, dentro de los países, han sido generalmente controladas por una sola entidad, como sería el caso de la compañía AT&T en los E.U.A.; además de que mantener la compatibilidad entre los aparatos conectados a la red no es muy complicado debido a la sencillez relativa de ellos, teléfonos, faxes, máquinas contestadoras, etc. En cambio, las redes de datos se han desarrollado de una manera más anárquica debido a que han existido muchas compañías del sector privado que han intentado hacer su propio desarrollo de comunicación e implantarlo en el mercado como un estándar y a su vez se han formado diversas agrupaciones internacionales que han intentado regular los protocolos de comunicación, ya sea para redes de área local (LAN) o de cobertura amplia (WAN) como el CCITT, la IEEE, el ISO, etc. Las Tablas 5.1 y 5.2 resumen las características de las redes de voz y de datos.

Tipo	Velocidad	Circuitos de Voz	Años en el mercado.	Propietario o Estándar
T1	1.544 Mbps	24	36	Estándar
E1	2.048 Mbps	30	36	Estándar
T3	44.736 Mbps	672	35	Estándar
E3	32.768 Mbps	480	35	Estándar

Tabla 5.1. Sistemas típicos de voz.

Tipo	Patrocinador o Regulador	Cobertura	Años en el mercado.	Propietario o Estándar
X.25	CCITT	WAN	24 Años	Estándar
OSI	ISO	WAN/LAN	14 Años	Estándar
TCP/IP	DoD	WAN/LAN	23 Años	Estándar
SNA	IBM	WAN/LAN	24 Años	Propietario
DECnet	DEC	WAN/LAN	23 Años	Propietario

Tabla 5.2. Redes y protocolos típicos de datos.

5.2 Redes privadas de telefonía.

Sin duda alguna la red pública más grande es la telefónica, de acuerdo a la AHCET (Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y Estudios de Telecomunicaciones) existen casi 800 millones de teléfonos en servicio a nivel mundial, de forma automática pueden conectarse en unos cuantos segundos, dos cualesquiera de esos teléfonos, con independencia del lugar donde se encuentren. [B. Vega-Palacios].

Sin embargo a las empresas e instituciones con oficinas remotas les resulta muy caro utilizar la red pública de telefonía y prefieren implantar una red privada para hacer "bypass" (Realizar llamadas telefónicas sin acceder a la red pública) a las compañías telefónicas, el objetivo es pagar una renta mensual fija por enlaces que unan sus diferentes sitios.

Una red privada de telefonía está integrada básicamente por conmutadores o equipos multilíneas y se interconectan generalmente a través de enlaces DS-0 o E1/T1's con el objetivo de implantar tecnologías para comprimir la voz; es decir, tecnologías que en vez de muestrear 8000 veces la onda senoidal de la voz, ésta se muestrea menos veces, obviamente que entre más se comprima la voz menor calidad en el servicio se podrá obtener.

Existen 2 formas básicas para conectar un conmutador telefónico a una red WAN a través de los medios mencionados, estas formas son a través de un puerto con señalización tipo E&M (**E**ar and **M**outh) o un puerto de troncal (TK).

La conexión tipo troncal permite una comunicación unidireccional, es decir sólo contamos con un canal de transmisión y un canal de recepción, el usuario transmisor puede entrar por la red al conmutador remoto y acceder directamente a la extensión del receptor sin necesidad de que una operadora establezca la comunicación manualmente, sin embargo la facilidad a la inversa no es posible. Ver Figura 5.1.

Conexiones en red

I. Utilizando conexión a Troncal

Tijuana llama a Ensenada:

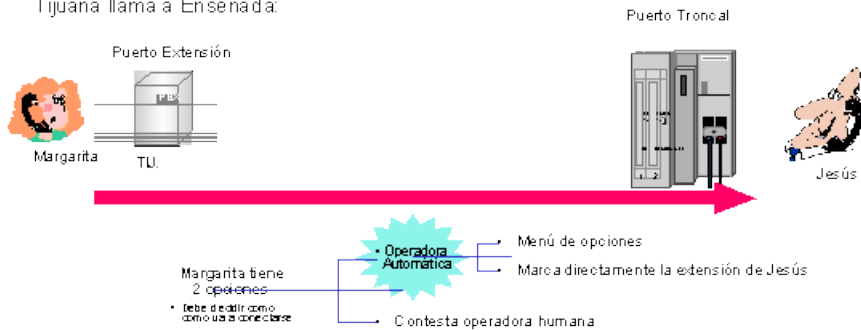


Figura 5.1. Conexión Troncal-Extensión.

La tecnología E&M cruza las conexiones de señalización de tal manera que la señal M de un extremo se cruza con la señal E del otro extremo. Ver Figura 5.2.

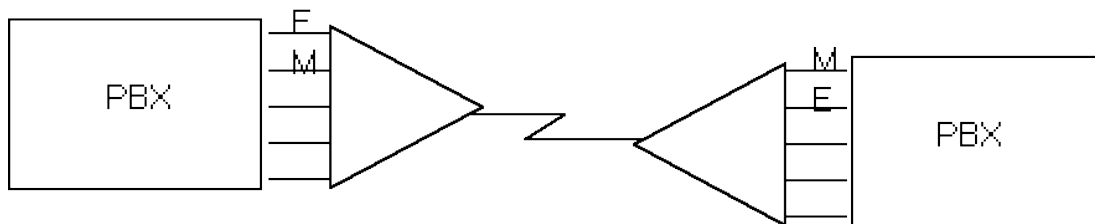


Figura. 5.2. Señalización E&M

Con E&M la comunicación bidireccional es posible, lo que permite que de ambos lados se pueda acceder directamente a los usuarios sin necesidad de operadora humana. Ver Figura 5.3.

Conexiones en red con medios digitales DSO

I.Utilizando señalización de tipo E&M

Tijuana llama a Ensenada

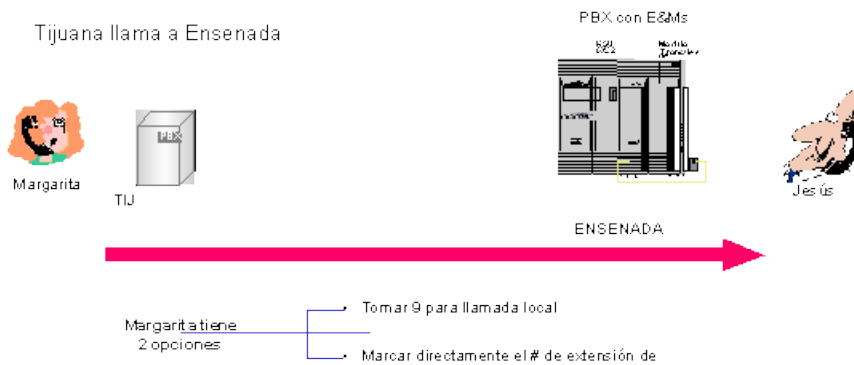


Figura 5.3. Conexión E&M.

Un servicio ampliamente utilizado en las redes de voz es el conocido como DISA (**D**irect **I**nward **S**ystem **A**ccess), este servicio permite entrar a la red en forma remota, es decir, desde la telefonía pública y utilizar todos los servicios de la red; como marcar a una ciudad que forma parte de la red y evitarse la larga distancia (e.i. hacer bypass).

CAPÍTULO 6. TENDENCIAS DE INTEGRACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS DE TELEFONÍA Y DATOS

6.1 Introducción.

El teléfono es el instrumento tecnológico de más uso, particularmente en los negocios, día a día en los ambientes laborales se completan miles de llamadas telefónicas, aunque los precios por minuto son relativamente bajos, la acumulación de estos representan un desembolso considerable a las empresas. Para muchas compañías, una porción de ese desembolso es evitable. La telefonía pública tradicional es un complejo sistema de tarifas y subsidios que en ocasiones llevan a situaciones en las que llamar del punto "A" al punto "B" cuesta una fracción de la tarifa que se aplica cuando se llama del punto "B" al punto "A".

Las compañías e instituciones tradicionalmente han recurrido a las líneas privadas para hacer *bypass* a las telefónicas. Hoy en día existen diferentes alternativas para la telefonía pública, entre las más interesantísimas se encuentra el empaquetado de voz (Packet Voice) en redes tradicionalmente de datos.

Diferentes esfuerzos se han realizado para integrar los servicios de transmisión de voz, datos y vídeo para optimizar la infraestructura existente de los medios (DS-0, T1/E1's, etc.) siendo los más sobresalientes ISDN y ATM, sin embargo, estos servicios resultan tan caros

que pocas empresas realmente justifican la inversión, por ello la opción de Packet Voice resulta atractiva.

6.2 ISDN.

Aunque actualmente la mayoría de los enlaces entre centrales telefónicas son digitales, la mayoría de los enlaces al abonado son analógicos. Dado que los diferentes servicios a los usuarios (teléfonos, computadoras, fax) tienen diferentes requerimientos en la red analógica, es necesario utilizar alambres separados con características separadas para los diferentes usuarios. Para resolver este problema se ha desarrollado una red universal llamada Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), ISDN por sus siglas en inglés [Castañeda, 1998].

ISDN es una tecnología que ha evolucionado de la tradicional Red Digital Integrada (RDI), consecuentemente muchas de las técnicas desarrolladas para T1/E1 son utilizadas en ISDN, esto incluye las velocidades de transferencia (64 kbps), códigos de transmisión, inclusive los dispositivos de conexión (rosetas para teléfonos) [Black, 1995].

Una de las fortalezas de ISDN es que especifica pocas interfaces físicas para poder conectar a la misma red una gran variedad de equipos (equipo para datos, voz, vídeo). La digitalización de las redes telefónicas y la normalización del ancho de banda de comunicaciones a 64-Kbps ha hecho posible la definición y soporte de un reducido juego de

interfaces. Una de las premisas de ISDN es que reduciendo el número y variedad de interfaces e incrementando la compatibilidad de las terminales, se incrementará la flexibilidad del usuario. [Castañeda, 1998].

Tres son las características principales de ISDN:

- Conexiones digitales punto a punto. (No más líneas analógicas).
- Señalización por Canal Común, ésta es una de las propuestas más fuertes de ISDN, aquí se propone enviar la señalización de circuitería por un canal diferente al que se utiliza para enviar la señal de la voz.
- Interfaz de multipropósito al usuario, para transmitir diferentes servicios como voz, datos y vídeo por un mismo estándar de conexión.

Existen 2 interfaces ISDN definidas por el CCITT:

1.- Los circuitos de abonados, (acceso básico) conocido como BRI (Basic Rate Interface).

2.- Los circuitos de troncal, (acceso primario) conocido como PRI (Primary Rate Interface).

BRI. Conexión al abonado, 2B + D.

PRI. Conexión a Troncal, 30B + D (Internacional) ; 23B + D (Canadá y E.U.A.). Ver

figura. 6.1

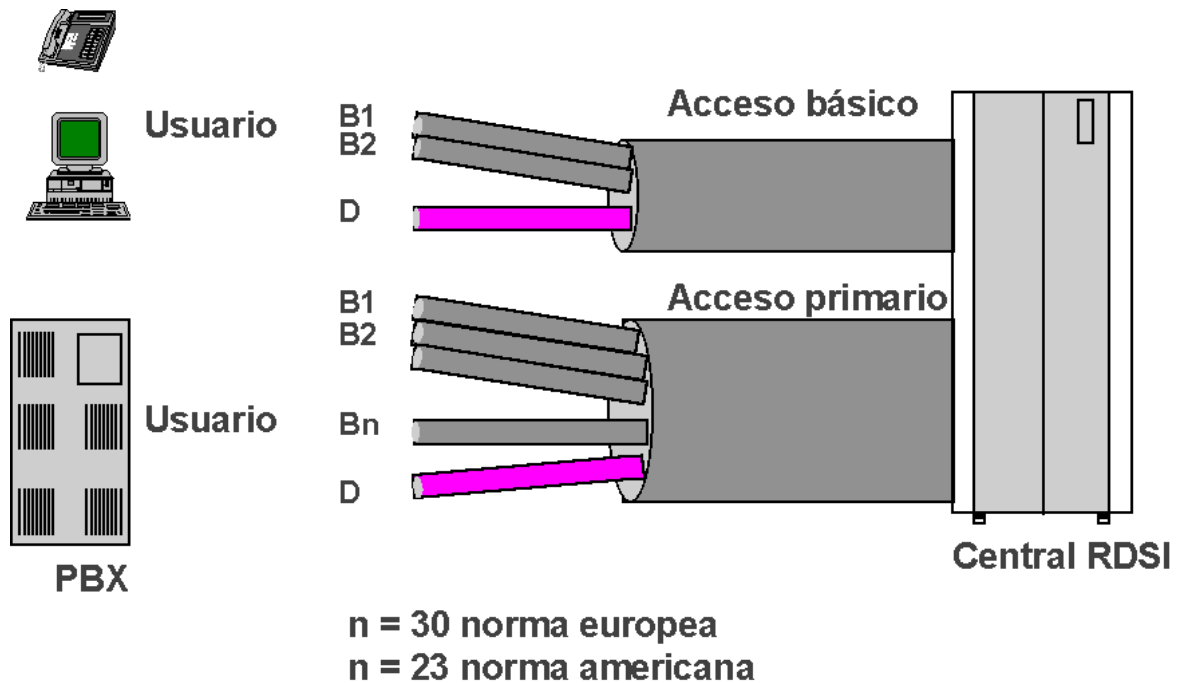


Figura. 6.1. Interfaces ISDN

Los canales del Acceso Básico son de 64 Kbps para cada uno de los canales B y 16 Kbps para el canal D. Los canales del Acceso Primario son de 64 Kbps para todos los canales (canales B y D).

Un canal representa una porción específica de la capacidad total de información que porta una interfaz. Los canales se agrupan de cierta forma para formar las interfaces que portan la mayor cantidad de información posible a lo largo de una interfaz física. [Castañeda, 1998]. Los diferentes tipos de canales que existen son los siguientes:

Canal B.

A estos canales se les nombra portadores (Bearer) de donde se toma su etiqueta B, sirven para transportar una gran variedad de flujos de información del usuario. Estos flujos de información pueden ser transportados por el canal B en forma dedicada, alternada (con una sola llamada, o con llamadas separadas), o en forma simultánea. Una de las características principales de ISDN es que los canales B no llevan ninguna señalización de conmutación de circuitos.

Canal D.

El canal D (canal de Demanda) se utiliza principalmente para procesar la información de una llamada (señalización orientada a mensajes) en conmutación de circuitos. En particular, el procedimiento de acceso al enlace está orientado a tramas. El canal D también puede ser utilizado por el usuario para enviar paquetes de datos, por un protocolo como X.25 por ejemplo, si éste no se está utilizando para señalización.

El objetivo principal de ISDN, es llegar con línea digital a la casa de los abonados con el propósito de reemplazar los circuitos utilizados actualmente por la red telefónica. Ver figura 6.2. El servicio es una línea digital en la que no se envían tonos de marcación de dígitos, voltajes de

timbrado etc. En vez de enviar éstos, se envía un mensaje para enviar los dígitos marcados, ó indicarle al teléfono que timbre ó deje de timbrar.

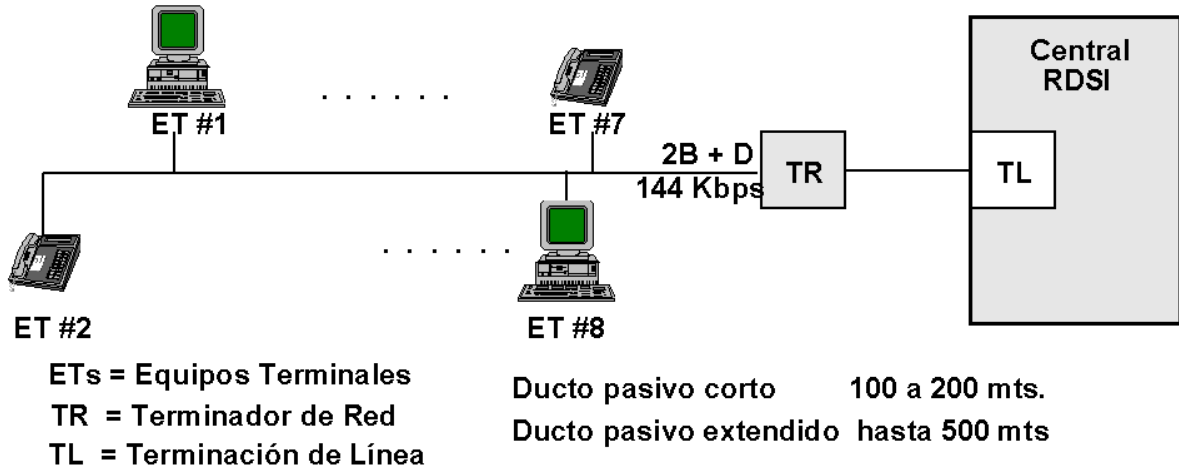


Figura 6.2. Línea ISDN del abonado.

El limitado ancho de banda del BRI no es suficiente para la comunicación entre dos oficinas terminales, o inclusive entre un conmutador privado y una oficina terminal, esto hace necesario la utilización de una interfaz con un mayor ancho de banda, esta interfaz es la que se conoce como Acceso Primario. La interfaz PRI emplea la portadora digital T1/E1. [Castañeda, 1998].

La recomendación del CCITT para ISDN ha definido varios puntos de interfaz los cuales se muestran en la figura 6.3. y se conocen como R, S, T, y U. Esos puntos de interfaz se encuentran entre grupos funcionales de equipos, éstos también se muestran en la figura 6.3 y

se conocen como LT, NT1, NT2, TE1, TE2, y TA. Las funciones que realizan esos equipos son las siguientes:

TL	Terminador de Línea. Termina la línea en el conmutador ISDN
TR1	Terminador de Red Uno . Proporciona la interfaz de equipo del usuario a ISDN. Maneja los requerimientos de la capa física (Capa 1) [Nota: En Estados Unidos el NT1 se considera como equipo de usuario, pero en otros países normalmente se considera como parte de la red. Así que la interfaz U es de la incumbencia de los usuarios de EU, pero probablemente no lo es de los usuarios de otros países.]
TR2	Terminador de Red Dos. Equipo que proporciona conmutación ó cualquier otra inteligencia que se utiliza por los usuarios para controlar las comunicaciones, p.e. un PBX, una LAN, ó una matriz de conmutación. [Nota: Algunas veces NT1 y NT2 se combinan en un solo equipo y la interfaz T no existe.
AT	Adaptador de Terminal. Permite la conexión de un equipo no compatible con ISDN a la ISDN. En un extremo del adaptador se tiene una interfaz diferente a ISDN tal como RS-232C, ó LAN, mientras que en el otro extremo se tiene la interfaz S.
ET1	Equipo Terminal 1. Es un equipo terminal ISDN como teléfonos, terminales de datos, etc. que se pueden conectar directamente a una línea ISDN.
ET2	Equipo Terminal 2. Equipo no compatible con ISDN como terminales de datos, LANs, Fax, etc. Requieren el TA para conectarse a la ISDN.

Tabla 6.1. Grupos Funcionales ISDN

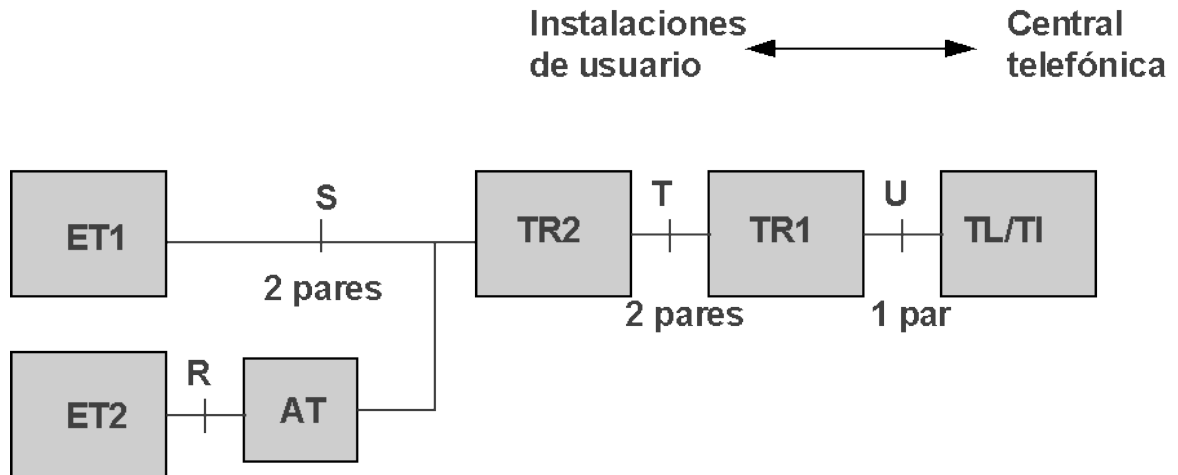


Figura 6.3. Puntos de referencia de Interfaces y agrupamientos funcionales.

El punto de interfaz U es un estándar nacional de E.U.A., mientras que los puntos de referencia S y T son estándares internacionales. El punto de referencia R representa interfaces no-ISDN. Estos puntos de referencia son interfaces lógicas entre los grupos funcionales.

6.3 ATM.

El propósito de ATM es el de proveer un servicio de red de alta velocidad con multicanalización de retardo imperceptible para soportar cualquier tipo de tráfico, tales como vídeo, voz, y datos. [Black, 1995].

ATM es una tecnología que nació cuando el ITU definió el B-ISDN (Broadband-ISDN) para ofrecer servicios de transmisión de hasta 622 Mbps, cuatro canales de 155 Mbps. ATM es la tecnología que implementa B-ISDN [Miller, 1997]. B-ISDN inicio como una extensión de ISDN y tiene muchos conceptos similares con ISDN, por ejemplo los grupos funcionales de B-ISDN, al igual que de ISDN consisten de TE1, TE2, NT1, NT2 y TA. Los puntos de referencia, al igual que en ISDN son R, S y T. ISDN y B-ISDN tienen similitudes sólo en teoría, en la práctica las interfaces de estas tecnologías no son compatibles. No es posible "crecer" de ISDN a B-ISDN migrando los grupos funcionales y puntos de referencia [Black, 1995].

El modelo B-ISDN especifica tres capas: la capa física que es la capa que define las interfaces eléctricas u ópticas y las velocidades de transmisión; la capa ATM que define el formato de las celdas y la capa de adaptación ATM (AAL, ATM Adaptation Layer) que define el proceso de conversión de las aplicaciones a celdas ATM. Ver figura. (6.4).



Figura 6.4. Las Capas del modelo B-ISDN

El modelo B-ISDN no especifica aspectos de implementación en LAN's ni en redes públicas. El forum de ATM se originó con el propósito de desarrollar especificaciones de

interoperabilidad. El foro de ATM (en un inicio fundado por las compañías Nortel, Cisco, Sprint y Adaptive Corp.) define dos tipos de interfaces físicas: 1) La interfaz UNI (User-Network Interfaces) para identificar interfaces entre usuarios y nodos, y 2) la interfaz NNI (Network-Network Interfaces) para identificar interfaces entre nodos. El foro también definió diferencias entre redes públicas y privadas.

6.3.1 Las capas ATM.

ATM es una tecnología que empaqueta el tráfico del usuario en pequeñas unidades de 53 octetos llamadas celdas, 5 octetos están reservados para los encabezados de las celdas y 48 para la carga de información creada por el proceso AAL.

ATM no realiza operaciones de detección de errores en la información contenida en la celda. No provee servicios de retransmisión, y el encabezado realiza operaciones mínimas, la razón está en el objetivo de ATM de implantar una red lo suficientemente veloz para soportar velocidades de transmisión de cientos de Megas. Existen dos tipos de encabezados, uno para UNI y otro ligeramente diferente para NNI. La diferencia está en que NNI no incluye el control de flujo genérico (GFC). La información más importante en el encabezado es el Identificador de trayectorias virtuales (VPI por sus siglas en inglés) y el Identificador de canales virtuales (VCI por sus siglas en inglés). VPI/VCI indican al conmutador ATM que trayectoria o canal seguir. El GFC le permite en muchas estaciones de trabajo utilizar el mismo UNI.

La creación de ATM está encaminada al transporte de los servicios de Voz vídeo y datos utilizando un solo formato, para ello se definieron cuatro tipos de capas de adaptación: AAL1, AAL2, AAL3/4 Y AAL5. A cada capa le corresponde un formato CS-PDU (Convergence Sublayer-Protocol Data Unit) diferente. Cada una de estas capas de adaptación es identificada por dos factores: 1) El tipo de velocidad de transferencia y 2) El modo de conexión. Los AAL's pueden proveer una transferencia de Bits Constantes (CBR por sus siglas en inglés) y una transferencia de Bits variable (VBR por sus siglas en inglés). CBR garantiza velocidades de transferencia constantes por lo que es ideal para voz y vídeo. VBR permite que la velocidad de transferencia cambie según los requerimientos de servicio cambien, ideal para datos.

AAL1 es utilizado cuando el servicio requiere sincronía entre las estaciones de trabajo. Como las señales de vídeo, telefonía y fax.

AAL2 es utilizado cuando las necesidades de sincronía no son tan exigentes y se toleran velocidades de transferencias variables. Como vídeo sobre Ethernet.

AAL3/4 fue creado para datos ya que no se requiere ni sincronía ni ancho de banda constante.

AAL5 fue propuesta por la empresa Sun Microsystems para eficientizar ATM sobre LAN's.

La información de direccionamiento se lleva a cabo por medio de los canales virtuales (Virtual Channels) y las trayectorias virtuales (Virtual Paths). Una trayectoria Virtual es una agrupación de canales virtuales. Se les llama virtuales por que pueden existir simultáneamente muchos canales y trayectorias en el mismo cable.

Cuando muchos canales virtuales en el mismo enlace se dirigen al mismo destino, éstos se pueden agrupar en trayectorias virtuales. Las trayectorias virtuales le permiten a los canales utilizar el mismo VPI minimizando el trabajo a conmutadores ATM intermedios, pues sólo necesitan mantener un VPI en vez de muchos VCI's.

6.4. Voz sobre tecnologías típicas para transmitir datos.

Las dos tecnologías discutidas anteriormente en este capítulo son ideales para la transmisión de los servicios de voz, inclusive de vídeo a la vez que datos, pero la realidad ha demostrado que su implantación es muy costosa y no ha justificado que la mayoría de las empresas e instituciones realicen tal inversión. Sin embargo el requerimiento del servicio de poder integrar los servicios de voz y datos principalmente ha propiciado que se busquen esquemas alternativos de conectividad menos costosa.

6.4.1. TDM.

TDM es el servicio tradicional que se ha implementado, tiene la característica de que asigna anchos de banda permanentes, por ejemplo, segmentando un DS-0 (64 kbps) en canales de 10 kbps, se puede asignar dos de esos canales para el tráfico de voz y el resto para la transmisión de datos. La gran desventaja de TDM es que la segmentación no es dinámica y las ranuras de tiempos reservadas para voz se seguirán transmitiendo aún que no exista en ese momento requerimiento de transmisión de los servicios de voz, la ventaja es que la calidad de la percepción de la voz (QoS, **Quality of Service**) es buena. Ver Figura 6.5.

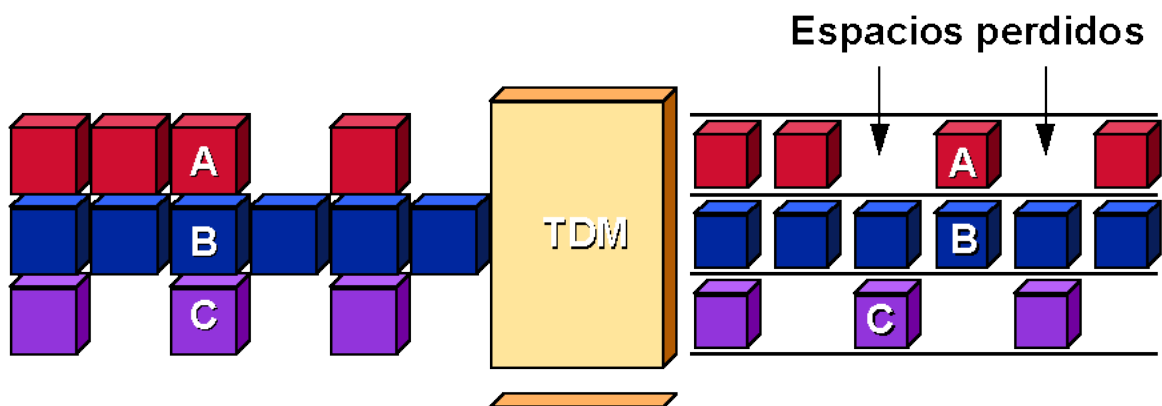


Figura 6.5. Multicanalización TDM

6.4.2. Voz sobre Frame Relay.

El hecho que se asignen permanentemente canales para voz y que estos no puedan ser utilizados para datos cuando no se requiere transmitir voz ocasionó que los fabricantes de equipos buscaran alternativas para aprovechar al máximo los anchos de banda. Frame Relay resulta una buena opción, ya que esta tecnología permite un uso dinámico del ancho de banda. Aunque por Frame Relay típicamente se transmiten protocolos de datos, se han implementado en los multicanalizadores Frame Relay algoritmos que asignan prioridades a los paquetes que reciben; al digitalizarse la voz, ésta es tratada como datos y es enviada empaquetada al igual que los datos. La primer prioridad es asignada a la señal de fax, la segunda prioridad es asignada a la señal de voz y la tercer prioridad es asignada a las señales de datos. [Kocen, 1997]. Es importante señalar que a diferencia de ATM, que define un mismo tamaño de celda para transmitir los diferentes servicios, Frame Relay no asigna el mismo espacio es sus paquetes para los servicios soportados, el tamaño de los paquetes en Frame Relay varía de fabricante en fabricante y de acuerdo al tipo de tráfico, el definido por el Frame Relay Forum asigna para voz 83 octetos por trama para voz, 71 octetos por trama para datos asincronos, 72 octetos por trama para datos síncronos y 58 octetos por trama para fax [Kocen, 1997].

La principal preocupación en la integración de los servicios de voz y datos ha sido el mantener la calidad de la voz. Generalmente entre más se comprima la voz, menor calidad de servicio se va a ofrecer a los usuarios. Por la naturaleza de su diseño Frame Relay trabaja con retardos variables en la recepción de ráfagas de paquetes. El espacio entre los paquetes recibidos se llama "*retardo*". La gran desventaja de Frame Relay para la transmisión de voz es que cuando existe mucho tráfico se ocasiona que los "*retardos*" sean más amplios entre los diferentes servicios provocando que la calidad de la transmisión de la voz disminuya

perceptiblemente por los usuarios escuchando las voces entrecortadas. Los tres elementos más importantes que contribuyen a que se ocasionen los retardos son **1)** la latencia en los conmutadores dentro de la red, **2)** los encolamientos en los puntos de entrada y salida de la red, **3)** la compresión y digitalización de la voz. En la Tabla 6.2 se comparan los retardos en la red de telefonía pública y en una red típica Frame Relay.

SERVICIO	RETARDO
TELEFONÍA PÚBLICA	20-30 MILISEGUNDOS
FRAME RELAY	125-195 MILISEGUNDOS

Tabla 6.2. Comparativo de retardos entre una red Frame Relay y una red de telefonía pública.

La voz es por naturaleza unidireccional con pausas entre palabras, los algoritmos de compresión aprovechan los períodos de silencio para asignar el ancho de banda ahorrado en un canal de voz a otros canales, a esta técnica se le llama interpolación de la voz digitalizada, con ella se puede ahorrar hasta un 50% de ancho de banda [Kocen, 1997].

6.4.3. Voz sobre IP.

El protocolo TCP/IP es orientado a la no-conexión, es decir, no se necesita establecer una sesión antes de transmitir información, por lo que para el caso de la transmisión de los servicios de voz no existe un retardo pre-garantizado como en el caso de Frame Relay (125-195 milisegundos). Debido a lo anterior, el protocolo necesita asegurarse de que los retardos

dentro de la red serán bajos, es por ello que el protocolo TCP no es utilizado para la transmisión de voz debido a que provee de servicios de control de flujo y recuperación de errores, lo que ocasiona retardo significativo. En su lugar, el tráfico de voz es transportado sobre el protocolo UDP (**U**ser **D**atagram **P**rotocol) el cual no usa la revisión de error lo que lo hace más ligero que TCP. El protocolo UDP especifica números de puerto para identificar a las aplicaciones que lo utilizan, éstos y otros datos viajan en el encabezado. [Jiménez, 1995]. Desafortunadamente no existe un parámetro para controlar los tiempos de salida en la recepción, lo que ocasiona retardos que interfieren en la comprensión de los mensajes de voz transmitidos. Para enfrentar este problema se creó el estándar H.323 para transportar voz sobre IP utilizando el protocolo de tiempo real (RTP, **R**eal-**T**ime **P**rotocol) que reside sobre UDP [CISCO Systems, 1998]. RTP, inclusive, permite establecer conexiones de voz punto-multipunto, característica difícil de encontrar en otras opciones de transmisión de voz por paquetes. Los enrutadores y multicanalizadores están incluyendo en sus sistemas de ruteo un protocolo de reservación de recursos (RSVP, **R**esource **R**eser**V**ation **P**rotocol); este es un protocolo que se utiliza para *advertir* a los enrutadores y multicanalizadores que reserven recursos para prevenir retardos de los paquetes UDP.

6.4.4. Internet Phone.

El auge que ha tenido Internet ha propiciado que se busquen, entre otros servicios, alternativas más económicas para la comunicación telefónica. La telefonía por IP ya tiene tiempo de existir, sobretodo en aplicaciones basadas en PC's, pero limitadas en su funcionalidad e incapaces de comunicarse con las redes de telefonía pública.

Hoy ya existen productos que "puentean" las centrales telefónicas con los Proveedores de Servicios de Internet (ISP's por sus siglas en inglés), estos productos son llamados **Webphone Gateway eXchange (GWX)** (aún no está estandarizado el nombre, depende del fabricante, algunos sustituyen la palabra web por Internet o por net, o gateway por bridge, etc.). Con estos productos se pueden desarrollar diferentes combinaciones de conexiones: PC a PC, PC a Teléfono, Teléfono a PC, Teléfono a Teléfono. Las comunicaciones PC a PC permiten obviamente utilizar todos los recursos de multimedia, mientras que de PC a teléfono le permite a los usuarios llamar a un teléfono regular en cualquier parte del mundo a una fracción del costo del servicio normal de larga distancia.

Obviamente existen problemas regulatorios en todos los países para que este servicio se pueda dar, ya que las compañías telefónicas tradicionales están presionando a sus gobiernos para impedir que este servicio compita con la telefonía pública, pero curiosamente sus departamentos de investigación y desarrollo invierten dinero y esfuerzo para desarrollar la mejor solución de telefonía sobre Internet, tales son los casos de France Telecom, AT&T, British Telecomm y Deutsche Telekom [Winton, 1998]. Sobre todo cuando se estima que para el año 2003 el mercado de larga distancia internacional se llevará a cabo en un 36% sobre Internet [Winton, 1998].

CAPÍTULO 7. CASO PRÁCTICO. INTEGRACIÓN DE SERVICIOS PARA GRUPO SEMATUR DE CALIFORNIA, S.A. DE C.V.

7.1 Introducción.

Grupo Sematur es una empresa mexicana con varias oficinas en la república mexicana, su sede está en la Ciudad de México, D.F. y sus principales oficinas comerciales están localizadas en Mazatlán, Sin. La misión de esta empresa es la de proveer servicios de transporte de carga y pasaje entre la masa continental del país con el sur de la península de Baja California. Su principal actividad comercial se desarrolla entre los puertos de Mazatlán, Sin. y La Paz, B.C.S. Adicionalmente cuenta con oficinas y servicios en los puertos de Topolobampo, Sin., Guaymas, Son., Santa Rosalía, B.C.S. y Pichilingue, en la ciudad de La Paz, B.C.S. [Red Uno, 1996] Ver Figura 7.1.



Figura 7.1. Itinerario de Grupo Sematur.

Su itinerario es el siguiente: La ruta Mazatlán-La Paz-Mazatlán se cubre de lunes a domingo, la ruta Topolobampo-La Paz-Topolobampo se cubre de lunes a sábado y la ruta Guaymas-Santa Rosalía-Guaymas se cubre domingo, martes y miércoles. Para el transporte de mercancía se cobra por peso (Kilogramos). Al pasaje Grupo Sematur ofrece los siguientes servicios a bordo: restaurante y cafetería, servicio médico, proyección de películas, *discoteque* con música en vivo, reservación de hoteles en Mazatlán, La Paz y Los Cabos, venta de boletos de autobuses, casilleros de seguridad y cuatro diferentes clases para viajar:

1. Clase Salón, la cual cuenta con asientos numerados.
2. Clase Turista, la cual cuenta con camarote con dos a cuatro literas, lavabo en el interior y servicio completo de sanitarios en los pasillos.

3. Clase Cabina, Camarote con dos literas y servicio completo de baños en el interior.
4. Clase Especial, Amplio Camarote tipo suite con sala, baño completo, recámaras, closet, T.V., videocasetera y servibar.

Como se puede apreciar, la actividad comercial de esta empresa es bastante dinámica y el requerimiento de una comunicación entre sus oficinas es constante. En septiembre de 1996 la empresa buscó otras alternativas de comunicación a los servicios de larga distancia ofrecidos por la compañía Teléfonos de México, la comunicación telefónica entre oficinas se daba por LADA, mientras que las transferencias de datos se daban por Modem, es decir, también ocasionaban un gasto de larga distancia.

7.2. Análisis de Necesidades y Requerimientos.

El cliente manifestó su deseo de formar su red privada de voz, siendo su principal objetivo reducir gastos de operación en la comunicación telefónica entre sus diferentes localidades, así mismo incrementar la productividad de los departamentos de informática y de contabilidad conectando permanentemente, a mayores velocidades que las líneas conmutadas, las redes de datos.

El nodo principal para este caso es el de Mazatlán, Sin., ya que en él se centralizan todas las transacciones comerciales y los procesos administrativos del grupo. El deseo de la empresa era conectar Mazatlán con La Paz con tres canales para voz y uno para datos,

Mazatlán- Pichilingue con dos canales para voz y uno para datos, Mazatlán-Topolobampo con un canal para voz y uno para datos, Mazatlán-Guaymas con un canal para voz y uno para datos, Mazatlán-Santa Rosalía igual y Mazatlán-México, D.F. dos canales para voz y uno para datos.

7.3. Infraestructura de la empresa.

Al momento del análisis Grupo Sematur contaba en todas su localidades con redes de área local con sistema operativo Novell versión 2.2 hasta 3.12, conectadas en topología Ethernet, cableada con UTP en la mayoría de los casos, los servidores estaban estandarizados con computadoras marca ACER con procesador 486 DX2; mientras que para telefonía se contaba con equipos multilíneas marca Panasonic modelo 1232 (12 líneas 32 extensiones) en las oficinas de Mazatlán, Topolobampo, La Paz, y D.F. mientras que en Pichilingue, Guaymas, y Santa Rosalía no existía conmutador o multilíneas alguno, las líneas telefónicas llegaban directamente a los teléfonos.

El cliente estaba satisfecho con su infraestructura en ese momento, pensaba seguir trabajando con Novell, con miras de actualizarlo a la versión 4.x, y si se justificaba, cambiaría el protocolo IPX por TCP/IP. El conmutador Panasonic soporta la señalización tipo E&M por lo que la comunicación podría ser bi-direccional.

7.4. Diseño preliminar de la solución.

Tomando en cuenta los puntos anteriores se contemplaron tres posibles soluciones para interconectar a Grupo Sematur:

1. Red Pública Frame Relay.
2. Red Privada Frame Relay.
3. Red Privada TDM.

La primera opción se descartó inmediatamente ya que los sitios remotos de Grupo Sematur no están ubicados en zonas en donde los prestadores de servicios Frame Relay público tengan nodos de acceso. En la ciudad de México, obviamente, todos los prestadores tienen un nodo, mientras que en Mazatlán sólo Telmex a través de UniNet, la red pública de datos, ofrecía el servicio, en el resto de los puntos se tendría que enviar enlaces de larga distancia a los puntos de acceso Frame Relay más cercanos, perdiendo con esto la posibilidad de todo ahorro por conexión a una red pública.

Dado que Grupo Sematur realizaba la transferencia de datos en horas no pico, es decir en horas en que no hay muchas llamadas telefónicas, por la forma en que opera Grupo Sematur y porque resulta más económico se decidió ofrecer una solución con base en la tecnología Frame Relay para integrar los servicios de voz y datos. Frame Relay permite un uso dinámico del ancho de banda, de tal forma que cuando Grupo Sematur requiere transmitir datos, generalmente no hay tráfico de voz, por lo que se le asignará el total del ancho de banda a la

transmisión de los datos, en caso de entrar llamadas, el ancho de banda se comprime para la transmisión de datos asignándole un canal de 10 Kbps al tráfico de voz. La propuesta inicial fue trabajar con enlaces DS-0 (64 Kbps) con la siguiente configuración:

Para Mazatlán:

I. Un multicanalizador Frame Relay.

- 8 ranuras.
- 6 canales de voz.
- 1 puerto V.35 para alta velocidad
- 5 puertos RS-232 para baja velocidad

II. Un enrutador multiprotocolo.

- Software de enrutamiento IP/IPX.
- 2 puertos seriales de alta velocidad.
- 1 puerto Ethernet.

Para La Paz y las demás oficinas terminales:

I. Un multicanalizador Frame Relay (5 en total).

- 4 ranuras.
- 2 canales de voz.
- 1 puerto V.35 para alta velocidad
- 1 puerto RS-232 para baja velocidad

II. Un enrutador multiprotocolo.

- Software de enrutamiento IP/IPX.
- 1 puerto serial de alta velocidad.
- 1 puerto ethernet.

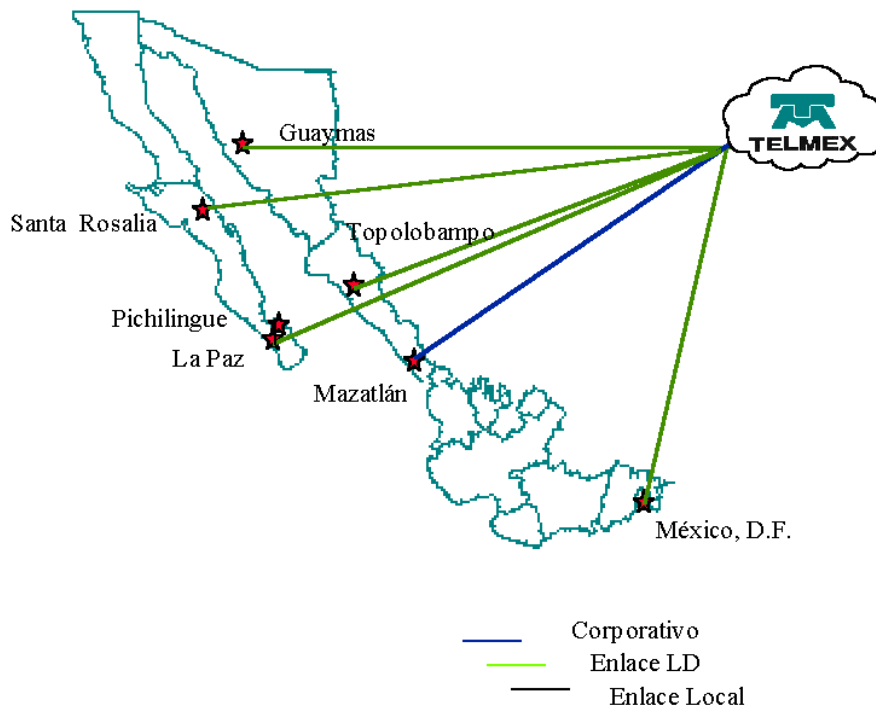


Figura. 7.2. Diagrama general de la red corporativa de Grupo Sematur.

Antes de hacer la presentación se contactó a Telmex para verificar la disponibilidad de los servicios en todas sus centrales, el único problema fue la central de Pichilingue que estaba saturada, pero que ya estaba contemplado su crecimiento. La propuesta preliminar fue aceptada en primera instancia. Ver Figuras 7.2 y 7.3; pero como el monto de la inversión era un desembolso fuerte para las finanzas de Grupo Sematur, se decidió implantar el proyecto por fases.

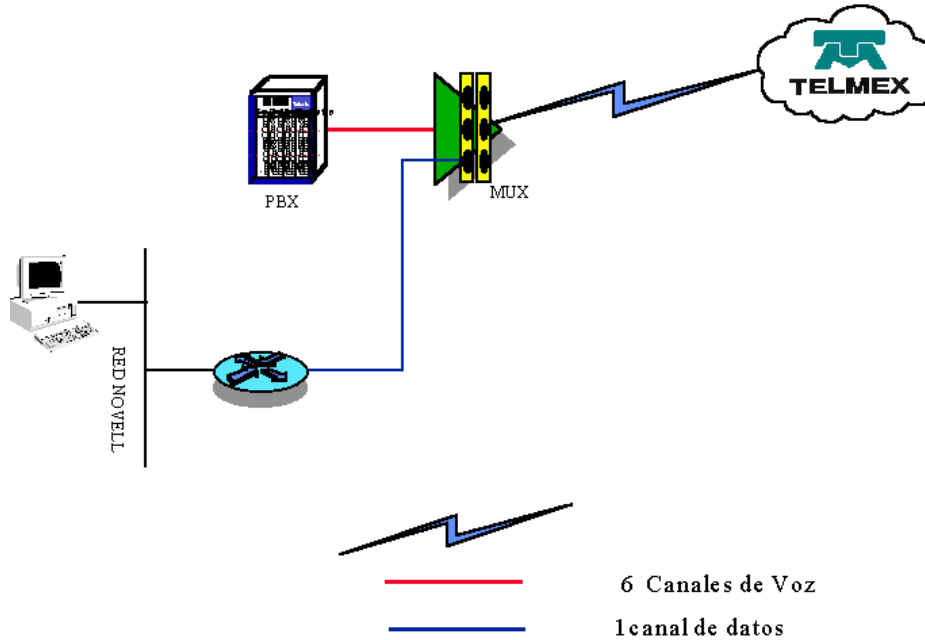


Figura. 7.3. Configuración para el nodo central de Mazatlán

7.5. Implantación del Proyecto por Fases.

El diseño original se mantuvo, sin embargo en la primera fase se instaló en Mazatlán un multicanalizador de menor capacidad al originalmente propuesto, debido a que se dejó el gasto de la inversión para cuando técnicamente fuera necesario, es decir para interconectar el cuarto sitio remoto, reubicando el equipo pequeño de Mazatlán al cuarto sitio e instalando el de mayor capacidad en Mazatlán.

Las fases fueron las siguientes:

Fase I.- Proyecto Piloto, enero de 1997, integrar las oficinas de Mazatlán y La Paz con un enlace DS-0 con la siguiente configuración en el equipo para c/u de los sitios (ver figura 7.5):

I. Un multicanalizador Frame Relay.

- 4 ranuras.
- 3 canales de voz.
- 1 puerto V.35 para alta velocidad
- 1 puerto RS-232 para baja velocidad

II. Un enrutador multiprotocolo.

- Software de enrutamiento IP/IPX.
- 1 puerto serial de alta velocidad.
- 1 puerto Ethernet.

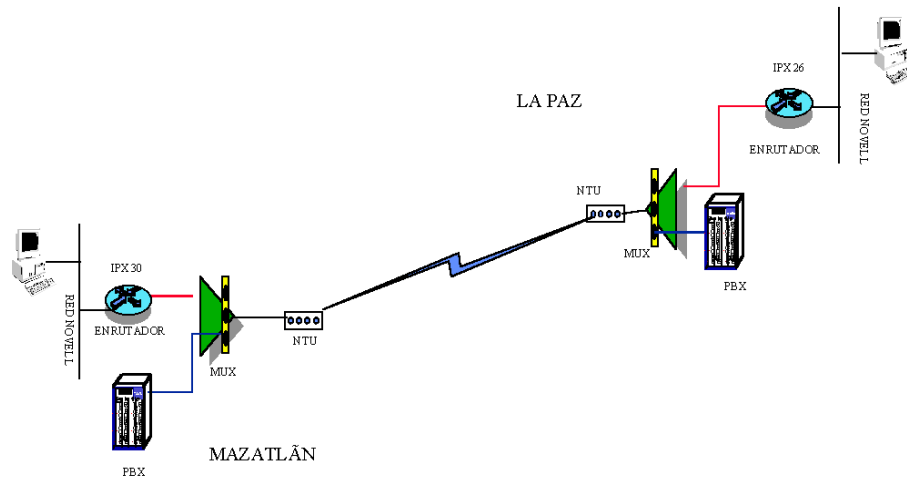


Figura. 7.4. Primera fase: Interconexión entre Mazatlán y La Paz.

Fase II.- Integrar México, D.F., marzo de 1997, Enlace DS-0 con la siguiente configuración en el equipo (ver figura. 7.5):

I. Un multicanalizador Frame Relay.

- 4 ranuras.
- 2 canales de voz.
- 1 puerto V.35 para alta velocidad
- 1 puerto RS-232 para baja velocidad RS-232.

II. Un enrutador multiprotocolo.

- Software de enrutamiento IP/IPX.
- 1 puerto serial de alta velocidad.

- 1 puerto Ethernet.

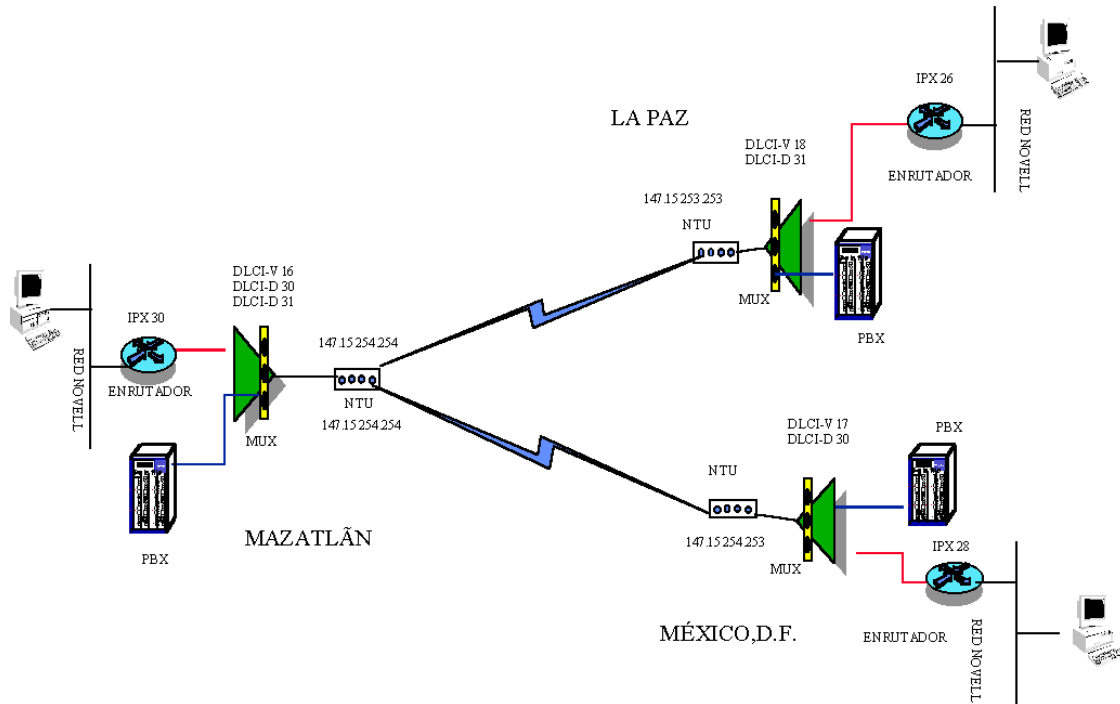


Figura. 7.5. Segunda fase: Integración de México, D.F. a la red.

Fase III.- Integrar Pichilingue, B.C.S., junio de 1997, enlace de 9,600 bps a través de La Paz.

Se propuso esta configuración para Pichilingue debido a dos razones:

- 1.- Teléfonos de México incrementó en un 1,000% los gastos de contratación de los enlaces DS-0.

2.- La llamada telefónica entre Pichilingue y La Paz es local y el multilíneas soporta la tecnología DISA, por lo que para los servicios de voz se propuso acceder en forma remota el conmutador de La Paz y utilizar los servicios de la red de voz. Para datos se propuso un enlace 9.6 kbps, el enrutador de La Paz se sustituyó por uno de mayor capacidad, enviando el anterior a Pichilingue. Configuración del equipo (Ver figura 7.6):

I. Un enrutador multiprotocolo.

- Software de enrutamiento IP/IPX.
- 2 puertos seriales de alta velocidad.
- 1 puerto Ethernet.

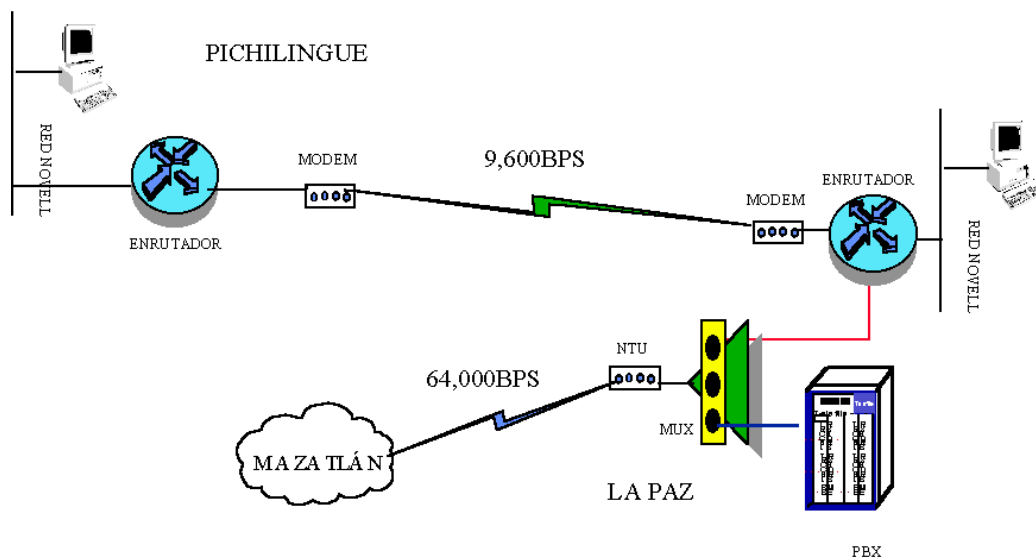


Figura. 7.6. Tercera fase: Integración de Pichilingue a la red.

Fase IV.- Integrar Topolobampo, septiembre de 1997, enlace DS-0.

En este punto fue necesario reubicar el equipo de multicanalización de Mazatlán a Topolobampo e instalar el equipo originalmente propuesto para el nodo central. La configuración para el equipo de Mazatlán es la siguiente:

I. Un multicanalizador Frame Relay.

- 8 ranuras.
- 6 canales de voz.
- 1 puerto V.35 para alta velocidad
- 5 puertos RS-232 para baja velocidad.

II. Un enrutador multiprotocolo.

- Software de enrutamiento IP/IPX.
- 2 puertos seriales de alta velocidad.
- 1 puerto Ethernet.

Fase V. Febrero 1998. En esta fase se consideraba integrar originalmente a Guaymas y Santa Rosalía, de momento está detenido por que por sus operaciones comerciales no se justifica económicamente. No se cuenta con multilíneas o conmutador telefónico ni se justifica la adquisición de los mismos. El Grupo Sematur abrió en la Ciudad de Los Mochis una agencia de viajes la cual se propuso conectarla a la red, originalmente se pensó en un esquema similar al de Pichilingue con La Paz, el cual no fue viable debido a las políticas de cobro de Telmex, la llamada telefónica de Topolobampo hacia Los Mochis se factura como llamada local, sin

embargo la llamada telefónica de Los Mochis hacia Topolobampo se factura como larga distancia, la idea era acceder a la red, desde Los Mochis, por medio del conmutador de Topolobampo, pero al facturarse la llamada como larga distancia pierde sentido esta propuesta. Se propuso seguir con la misma línea. La oficina de Los Mochis cuenta también con una red Novell y con un multilíneas Nortel modelo Norstar 0x32 el cual soporta señalización tipo E&M. La configuración del equipo propuesto es la siguiente (ver la Figura 7.7 con el diseño final):

I. Un multicanalizador Frame Relay.

- 4 ranuras.
- 3 canales de voz.
- 1 puerto V.351 puerto RS-232.

II. Un enrutador multiprotocolo.

- Software de enrutamiento IP/IPX.
- 1 puerto serial de alta velocidad.
- 1 puerto Ethernet.

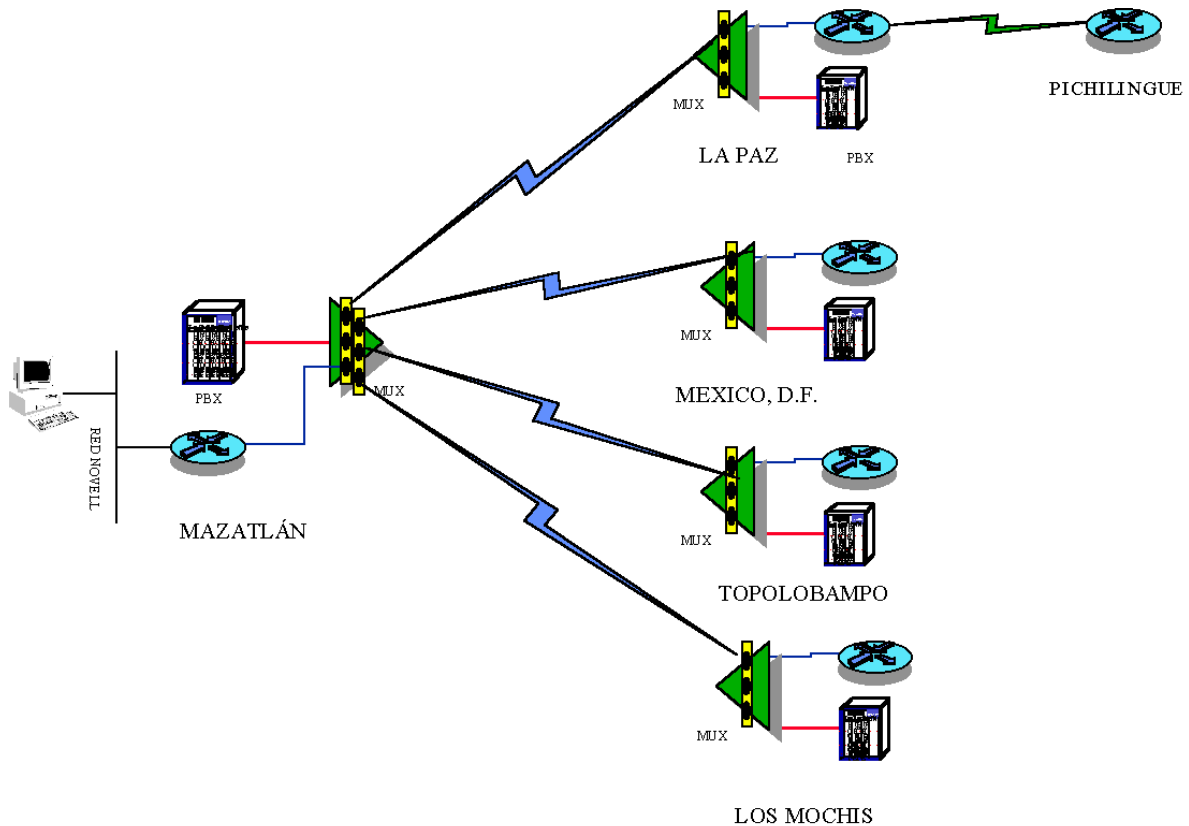


Figura. 7.7. Red integrada de voz y datos de Grupo Sematur de California, S.A. de C.V.

7.6. Resultados y Conclusión.

Las expectativas de Grupo Sematur fueron cubiertas al 100%, el hecho de haber continuado con el proyecto después de la primera fase lo demuestra, su objetivo principal era reducir sus gastos operativos, específicamente en las llamadas telefónicas entre sus oficinas, la tabla 7.1 muestra un comparativo de los gastos que se realizaron por concepto de telefonía en el período mayo-agosto de 1996 con los que se realizaron en 1997 en el mismo período entre el corporativo con las oficinas en La Paz:

COSTOS DE LLAMADAS DE MAZATLÁN A LA PAZ						
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total	Promedio
1996	7,415.46	9,750.85	9,744.18	6,141.00	33,051.49	8,262.87
1997	3,920.00	3,920.00	3,920.00	3,920.00	15,680.00	3,920.00
Diferencia					17,371.49	4,342.87

COSTOS DE LLAMADAS DE LA PAZ A MAZATLÁN						
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total	Promedio
1996	6,385.47	5,011.62	6,703.95	6,215.42	24,316.46	6,079.12
1997	3,920.00	3,920.00	3,920.00	3,920.00	15,680.00	3,920.00
Diferencia					8, 636.46	2,159.12

Tablas 7.1. Comparativo de gastos por los servicios de telefonía antes y después de la red.

Conjugando ambas tablas se observa un ahorro mensual promedio de \$6,501.99 lo que representa una disminución del 54.66% en sus gastos de operación en el concepto de llamadas entre las oficinas de Mazatlán y La Paz. El objetivo principal se logró, además de que se incrementó la productividad ya que las redes están centralizadas en Mazatlán con un solo servidor de datos, además de que todo el personal puede utilizar la red para realizar las llamas telefónicas, sin necesidad de solicitar a la recepcionista que los comunique, pudiendo ésta última realizar otras labores.

Las ofertas tecnológicas en el mercado son muchas, las empresas e instituciones mexicanas enfrentan el gran reto de actualizarse para ser más competitivos, pero esta actualización debe de ser acorde a su propia realidad y su entorno, específicamente las ofertas del mercado mexicano. Por más fantástica que sea una solución ATM, ofrecerla a esta empresa hubiera estado fuera de contexto, como también lo hubiera sido ofrecerle esta misma solución 4 años atrás. Al usuario final en realidad no le interesa que tecnología esta utilizando, ni con que algoritmo sé esta comprimiendo la voz, ni con que protocolo se están enrutando los datos, lo que le interesa es que se le proporcione el servicio al menor costo posible. Las tecnologías de la información para eso son, para integrar a las empresas, para acercar a los individuos a través de las comunicaciones de esta era que nos tocó vivir, la del conocimiento. [Red Uno, 1997].



BIBLIOGRAFÍA.

- **Gary M. Miller**, Modern Electronics Communication. Editorial Prentice-Hall, 1988.
- **Paul R. Timm & Christopher G. James**, Bussiness Communication: Getting Results. Editorial Prentice-Hall, 1987.
- **Consortio Red Uno, S.A. de C.V.**, Redes Telefónicas. 1998.
www.reduno.com.mx/direccion/tecnoweb/telefonía/historia.html.
- **Teléfonos de México**, S.A. de C.V., Historia de la telefonía en México. 1998.
www.telmex.com.mx/origen.html.
- **Uyless Black**, ATM: Foundation For Broadband Networks. Editorial Prentice Hall, 1995.
- **William A. Flanagan**, The Guide to T-1 Networking. Editorial Telecom Library, 1988.
- **Jean Walrand**, Communication Networks. Editorial Aksen Associates, 1991.
- **Héctor Jiménez**, Simulación de Redes de Comunicaciones de Cobertura Amplia Basado en Algoritmo de Enrutamiento Dinámico. Examen Escrito Aprobado, UABC, 1995.
- **Philip Smith**, Frame Relay, Principles and Applications. Editorial Addison-Wesley, 1993.
- **Mark A. Miller**, Analyzing Broadband Networks. Editorial M&T Books, 1997.
- **Sergio J. Castro**, Su Majestad, el TCP/IP. Infosistemas, Octubre de 1996.
- **Smoot Carl-Mitchell & John Quarterman**, Practical Internetworking with TCP/IP and Unix. Editorial Addison-Wesley, 1993.

- **Armando González**, Redes De Conmutación De Paquetes: Frame Relay. Departamento de Consultoría y Diseño, Consorcio Red Uno, S.A. de C.V., 1998.
- **Harris Corporation, Inc.**, The Harris Handbook on Basic Telephony. 1994.
- **Cisco Systems, Inc.**, Packet Voice Primer. 1998.
www.cisco.com/warp/public/779/largeent/multinet/packv_in.html.
- **Rodolfo Castañeda**, Redes Digitales De Servicios Integrados. Comunicaciones Académicas. Serie Electrónica y Comunicaciones, CICESE, 1998.
- **Consorcio Red Uno, S.A. de C.V.**, Propuesta de Integración para Grupo Sematur de California, S.A. de C.V., 1996.
- **Jesús Meza**, Sistema de Comunicación Privada de Voz de Grupo Sematur de California, S.A. de C.V. Presentación ejecutiva, 1998.
- **Grupo Sematur de California, S.A. de C.V.**, Página en Internet,
www.ferrysematur.com.mx.
- **Ross Kocen**, Voice Over Frame Relay. ACT Networks, Inc. White Papers;
www.acti.com/vofr.html. 1997.
- **Mónica Pérez**, Diseño y Especificación de la Red de Comunicaciones de Datos de Cobertura Amplia de la Facultad de Ciencias de la UABC. Facultad de Ciencias, UABC, 1993.
- **Neil Winton**, (neil@jinks.demon.co.uk). Internet Telephone Succes Set To Wound Incumbents, artículo publicado y distribuido en Internet a sus subscriptores por InfoBeat E-mail Services el 16 de junio de 1998.
- **Matthew G. Naugle**, Network Protocol Handbook. Editorial McGraw Hill inc. 1994.
- **Michel Santifaller**, TCP/IP and NFS, Internetworking in a UNIX environment. Editorial Addison-Wesley publishing Co. 1991.