

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

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

**LÓPEZ PIEDRA PABLO IVAN
LOZANO RUIZ MAX RICARDO**

DIRECTOR: Ing. MSc. María Soledad Jiménez

Quito, Noviembre del 2000

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, fuentes constante de apoyo, cariño y estímulo.

A Gabriel.

A Yoli, por todo.

A la adversidad, de la cual se extrae sabiduría.

A la prosperidad, porque se necesita verdadera sabiduría para aprender de

ella.

Pablo

A Dios única y verdadera fuente de amor y sabiduría,

A mis padres y hermanos por su verdadero apoyo y cuidado incondicional.

A Yadirita y a mi mami por llenar de alegría todos los días,

Y a todos mis amigos por su ayuda.

Max

PRESENTACIÓN

CAPÍTULO I

SISTEMAS DE EDUCACIÓN VIRTUAL	1
1.1 Consideraciones generales para la implementación de un sistema de universidad virtual	1
1.2 Antecedentes	3
1.2.1 Antecedentes de la educación a distancia en el Ecuador	5
1.2.1.1 IRFEYAL	6
1.2.1.2 Universidad Técnica Particular de Loja	7
1.3 Estado actual y tendencias	7
1.3.1 Estado actual y tendencias en el Ecuador	8
1.4 Ventajas de los sistemas de educación virtual	10
1.4.1 Ventajas	10
1.4.1.1 Tecnológica	10
1.4.1.2 Económica	11
1.4.1.3 Flexibilidad	11
1.4.1.4 Registro y seguimiento	11
1.4.2 Desventajas	12
1.4.2.1 Inversión inicial	12
1.4.2.2 Desarrollo subyacente	12
1.4.2.3 Impersonalidad	12
1.4.2.4 Mala utilización de los recursos	13
1.5 Tele-aprendizaje	13
1.5.1 Clasificación de las herramientas de tele-aprendizaje por su aplicación	13
1.5.1.1 Herramientas de publicación de información y diseminación	14
1.5.1.2 Herramientas de comunicación personal	14
1.5.1.3 Herramientas de colaboración	14
1.5.1.4 Herramientas de acceso a información y manejo de recursos	15
1.5.1.5 Herramientas específicas para enseñanza y aprendizaje	15

CAPITULO II

ANÁLISIS DE REDES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN 33

2.1 Redes de computadoras	33
2.1.1 Topología de las redes de computadoras	34
2.1.1.1 Topología jerárquica	34
2.1.1.2 Topología horizontal	35
2.1.1.3 Topología en estrella	36
2.1.1.4 Topología en anillo	37
2.1.1.5 Topología en malla	38
2.2 Modelos de referencia	39
2.2.1 Modelo de referencia OSI	39
2.2.1.1 Funciones de las capas del modelo de referencia OSI	41
2.2.1.2 Capas del modelo de referencia OSI	43
2.2.1.3 Arquitectura OSI	48
2.2.2 Modelo de referencia TCP/IP	52
2.2.2.1 Capa de Interfaz de la red	54
2.2.2.2 Capa Internet	55
2.2.2.3 Capa Transporte	58
2.2.2.4 Capa Aplicación	59
2.3 Clasificación de las redes de computadoras	63
2.3.1 De acuerdo a la tecnología de transmisión	63
2.3.2 De acuerdo a la cobertura de las redes	64
2.3.3 Redes de área local	64
2.3.3.1 Componentes de una red de área local	64
2.3.3.2 Estándares 802 para LANs	70
2.3.3.3 Técnicas de acceso al medio	71
2.3.3.4 Redes LAN con estándar IEEE 802.3	73
2.3.3.5 <i>Ethernet</i>	77
2.3.3.6 <i>Ethernet</i> Conmutada	78
2.3.3.7 <i>Fast Ethernet</i>	79

2.4.5 Consideraciones de integración LAN / WAN	126
2.4.6 Determinación de los requerimientos de interconectividad	126
2.4.6.1 Determinación de los requerimientos de usuario	128
2.4.6.2 Determinación de costo	129
2.5 Tecnologías de acceso a redes de comunicaciones	131
2.5.1 <i>Módems</i>	131
2.5.2 FTTx	132
2.5.3 Cable <i>módem</i>	133
2.5.4 DSL	135
2.5.5 DWDM	141
2.5.6 HSSI	142
2.5.7 Sistemas satelitales	143
2.5.7.1 Protocolos de acceso al medio para redes satelitales	144
2.5.7.2 Uso de redes satelitales como soporte de las aplicaciones de Internet de gran ancho de banda	147
2.5.7.3 Distribución de Internet mediante satélites geoestacionarios.	147
2.5.7.4 Uso de satélites de bajas y medianas órbitas	148
2.6 Tecnologías de la información	149
2.6.1 Introducción y antecedentes históricos a los sistemas de información	150
2.6.2 Definiciones previas	151
2.6.3 Características de los sistemas	152
2.6.4 Características de desarrollo de un sistema de información	153
2.6.5 Elementos relacionados en el proceso de diseño de sistemas de información	154
2.6.6 Desarrollo actual, tendencias y definición de tecnologías de la información	155
2.6.7 Sistemas, definiciones y aplicaciones de tecnologías de la información	157
2.6.7.1 Sistemas expertos	157
2.6.7.2 <i>Middleware</i>	158
2.6.7.3 Servidores	159

2.6.7.4 <i>Groupware</i>	162
2.6.7.5 SGML	163
2.6.7.6 HTML	163
2.6.7.7 VRML	163
2.6.7.8 Videoconferencia y vídeo de equipos de escritorio	164
2.6.7.9 Multimedia	166
2.6.7.10 Técnicas de compresión	168
Referencias bibliográficas Capítulo II	177

CAPITULO III

ESTUDIO DEL CASO ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Y PROPUESTA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE LA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

3.1 Análisis de la Escuela Politécnica Nacional	180
3.1.1 Antecedentes históricos	180
3.1.2 Objetivos de la Escuela Politécnica Nacional	182
3.1.3 Estructura organizacional de la E.P.N.	183
3.1.3.1 Nivel Directivo	184
3.1.3.2 Nivel Ejecutivo	185
3.1.3.3 Nivel Asesor	185
3.1.3.4 Nivel de Apoyo Administrativo	186
3.1.3.5 Nivel de Apoyo Académico	186
3.1.3.6 Nivel Operativo	187
3.1.4 Organización Funcional	187
3.1.5 Servicios que presta la Escuela Politécnica Nacional	189
3.1.5.1 Servicios Educativos	189
3.1.5.2 Institutos y Centros de Investigación	192
3.2 Infraestructura física de la Escuela Politécnica Nacional	193
3.2.1 De la conformación física del Campus Rubén Orellana	193
3.2.2 De la infraestructura de comunicaciones	194

3.2.2.1 Constitución de la Polired	194
3.2.2.2 Servicios que presta la Polired	200
3.3 Definición de servicios a prestarse por medio de la Unidad de Universidad Virtual.	201
3.3.1 Servicios de la Universidad Virtual	202
3.3.1.1 Servicios de Universidad Virtual que pueden aplicarse al caso de país	202
3.3.1.2 Servicios de Universidad Virtual que pueden aplicarse a nivel de la ciudad de Quito y sus alrededores	204
3.3.1.3 Servicios de Universidad Virtual dentro de la Escuela Politécnica Nacional.	205
3.3.2 Determinación de servicios a prestarse por medio de la Unidad de Universidad Virtual	206
3.4 Proposición de un esquema organizacional para la Unidad de Universidad Virtual.	206
3.4.1 Bases del esquema organizacional de la Unidad de Universidad Virtual	209
3.4.2 Interacción del sistema con el esquema organizacional de la Escuela Politécnica Nacional	210
3.5 Determinación de las características a cumplir por el sistema de soporte de la Unidad de Universidad Virtual	211
3.5.1 De los servicios basados en Internet	211
3.5.2 De las conexiones a los usuarios	212
3.5.2.1 Accesos a los usuarios grupales	212
3.5.2.2 Accesos de los usuarios individuales	212
3.5.2.3 Recursos de red internos para la Escuela Politécnica Nacional	214
Referencias bibliográficas Capítulo III	216

CAPITULO IV

SISTEMAS DE SOPORTE DE LA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL 217

Introducción	217
4.1 Etapa de producción	219
4.1.1 De la producción de información escrita	219
4.1.1.1 Material escrito como texto guía	219
4.1.1.2 Material escrito para uso <i>in situ</i>	220
4.1.2 Etapa de producción de los recursos de audio	221
4.1.3 Etapa de producción de los recursos de vídeo	222
4.2 Etapa de almacenamiento y difusión	222
4.2.1 Polired	223
4.2.1.1 Aspectos de servicios de red a considerarse en un nuevo esquema de Polired, enfocado a servicios de Universidad Virtual	224
4.2.1.2 Proposición funcional de la Polired	225
4.2.2 Subred de Servicios Educativos Generales	231
4.2.3 Subred de Investigación	233
4.2.4 Subred de Servicios Virtuales	234
4.2.5 Red de Centros de Apoyo	236
4.2.5.1 Sistema de Vídeo Conferencia	238
4.2.5.2 Red LAN tipo para un Centro de Apoyo	240
4.2.6 Acceso remoto a los servicios de Universidad Virtual	241
4.2.6.1 Dimensionamiento primario para el acceso remoto individual a los servicios de Universidad Virtual	244
4.2.6.2 Esquema del sistema de acceso	249
4.2.6.3 Infraestructura	249
4.3 Etapa de Interacción	267
4.3.1 Aplicaciones	267
4.3.2 <i>Software</i> utilizado	267
4.3.3 Equipo terminal de usuario	268

4.3.4 Estructura de red subyacente	269
4.4 De los equipos terminales de usuario	269
4.4.1 De los computadores	269
4.4.1.1 Usuarios a nivel de acceso remoto	269
4.4.1.2 Usuarios de los Centros de Apoyo	270
4.4.1.3 Usuarios de la Polired	271
4.4.2 Sistemas de audio y de vídeo	273
4.4.2.1 Sistema de audio	273
4.4.2.2 Sistema de vídeo	274
4.5 Costos referenciales de los equipos y servicios	275
4.6 Otras alternativas	277
4.6.1 Interconectividad de los centros de apoyo mediante VSAT	277
4.6.2 Sistema alternativo de terminales de usuario	279
Referencias bibliográficas Capítulo IV	280

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A: DIRECCIONES IP

ANEXO B: PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL

ANEXO C: MULTICAST

ANEXO D: IPv6

ANEXO E: CALIDAD DE SERVICIO, QoS

ANEXO F: VOZ SOBRE IP, VoIP

PRESENTACIÓN

A lo largo del tiempo, la capacidad del hombre para adaptarse a entornos cambiantes ha sido un factor fundamental para lograr trabajar en condiciones adversas y sacar el mejor provecho de los recursos para su subsistencia como especie. Conforme la civilización - bajo sus diferentes formas y diferencias - ha ido avanzando a lo largo del tiempo, la capacidad de adquirir, aplicar y utilizar el conocimiento ha marcado la diferencia entre el desarrollo, la mediocridad y el estancamiento de una sociedad o grupo.

Desde la simple transmisión oral del conocimiento, las representaciones, la experiencia y las herramientas y formas de impartir educación a una persona, o a un grupo de personas, han marcado la pauta en el desarrollo cultural, científico y educativo de una nación.

Las telecomunicaciones han determinado, a su vez, la capacidad de ampliar los horizontes del concepto *comunicación* en general. Desde la aparición de la clave Morse, la rapidez de transmisión de la información y la confiabilidad de la misma, se han hecho cada vez más necesarias, al irse ampliando la aplicabilidad de las comunicaciones no sólo en lo relativo a permitir conversaciones entre personas, sino entre sistemas complejos, conformados por usuarios personales, instituciones y máquinas.

Con el apareamiento de las computadoras, la transformación de la sociedad en general se ha acelerado, desde mediados de los años 1940, con el descubrimiento del transistor y las aplicaciones de la industria de los semiconductores, hasta llegar a ser parte común de la vida de todo individuo. La miniaturización y la experiencia en la implantación de productos de consumo masivo, han permitido una conectividad a los entornos mundiales, desde la introducción de la radio y la televisión a los mercados globales, hasta llegar a los teléfonos móviles, los sistemas portátiles, las redes de computadoras y de comunicaciones en general.

Una tendencia general se ha dado desde un tiempo a esta parte: el uso de computadoras se amplió hasta el uso de sistemas compuestos por éstas, denominados redes de computadores, encargándose de transmitir datos entre ellas. El mismo mercado de la miniaturización y el consumo masivo, permitió la incursión del uso de dichos sistemas incluso en el hogar, permitiendo el trabajo a diversos niveles de complejidad, y llegando inclusive a usuarios sin un mayor nivel de preparación en el uso de los sistemas. A su vez, las aplicaciones desarrolladas, cada vez fueron incrementando sus prestaciones: voz, gráficos, vídeo, etc., y se fueron volviendo parte común en los sistemas de trabajo, instrucción y entretenimiento, ya sea a nivel de hogar, empresa o educación en general.

Surge, entonces, la inquietud relativa a cuánto se ha desarrollado la tecnología relativa a los computadores. En este sentido, conviene distinguir en qué forma se usa el acceso a redes de computadores. Si se emplea sólo para entretenimiento, se hablaría de una categoría. Si se usa como medio comercial, ya se está tomando en cuenta a la sociedad como mercado de consumo. Pero el nivel más significativo a distinguir, radica en la capacidad de brindar educación y la adecuada utilización de recursos con dicho fin, teniendo como herramienta los sistemas de comunicación, las redes computacionales y las aplicaciones necesarias para lograr el cometido de educar. Si las capacidades lo permiten, se deben y se pueden usar los recursos actuales en el mercado, y los posibles que se sucedieren, para prestar servicios educativos a distancia, y en campus, usando las redes de computadores para tal fin, teniendo en cuenta siempre el derecho a la educación y desarrollo de los individuos, de la sociedad, y por ende de la nación.

En el caso de los sistemas relativos a la telemática (la rama del conocimiento que trata de los sistemas compuestos por sistemas informáticos y de telecomunicaciones), se amerita un estudio y desarrollo relativos a la mezcla de dos aspectos tratados generalmente por separado: las aplicaciones de usuario final y los sistemas inherentes a la transmisión de información. Si bien el usuario final puede desconocer y no importarle los aspectos subyacentes del sistema, dicho usuario debe ser considerado, junto con las aplicaciones relativas a él, para el establecimiento y desarrollo de un medio (un sistema) que permita la prestación de servicios y el adecuado desempeño de los mismos a través de dicho medio.

Es, haciendo estas consideraciones, que se propone la presente tesis. La misma no se limita a sólo un recuento de las herramientas que se pueden usar a nivel de aplicaciones, sino que intenta llegar a un punto más alto: el trabajo de aplicabilidad en el contexto nacional. Si bien es una forma de educación que recién empieza, y puede ser malentendida o distorsionada, caben anotar las ventajas que presenta el acceso a recursos de redes para un estudiante y un profesor, inclusive, ya sea desde el centro de estudios, como desde su hogar o un centro remoto de estudios. La Escuela Politécnica Nacional no puede estar alejada de esta tendencia, no por moda o por un sentido comercial, sino por un sentido de prestar servicios educativos para el bien de la sociedad del país, especialmente, y pudiendo llegar a internacionalizar los servicios por medio de los mismos sistemas.

No obstante, el desarrollo de la tesis trata de llegar a dar una visión de las pautas a seguirse dentro de la implantación real de un sistema, de hacer consideraciones de la situación de los posibles usuarios en el contexto nacional, y lo que se puede hacer con ellos y con los recursos disponibles en la Escuela Politécnica Nacional.

La presente tesis, a la final, intenta sentar las bases para los posteriores desarrollos de los sistemas y subsistemas involucrados con la Unidad de Universidad Virtual, los cuales deben ser diseñados con un nivel de precisión mayor, en base de datos reales de mercado, orientación científico-tecnológica de la Escuela, y en base de las regulaciones para con la educación a distancia y virtual.

En esta tesis se desarrolla:

- El capítulo I enfoca introducción a los sistemas de educación virtual, por medio de sus antecedentes históricos, desarrollos y herramientas tanto a nivel mundial como en el contexto local.
- El capítulo II trata con las bases teóricas que permiten el sustento y desarrollo de las redes de telecomunicaciones, los sistemas de información y las tecnologías de la información usadas como facilidades para los propósitos educativos.

- El capítulo III hace un estudio de la Escuela Politécnica Nacional, desde el punto de vista orgánico-funcional, y propone un esquema de desarrollo de la Unidad de Universidad Virtual y los servicios inherentes a ofrecer.
- El último capítulo (capítulo IV), plantea el esquema propuesto para la unidad: los subsistemas y las tecnologías a usarse, en base de las condiciones de usuarios e infraestructura de la universidad.
- En las Conclusiones y Recomendaciones, en base de la experiencia y el desarrollo logrado, se realizan las principales observaciones y se sugieren desarrollos futuros de la unidad y proyecto propuestos.
- 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.

SISTEMAS DE EDUCACION VIRTUAL

Dentro del desarrollo de aplicaciones tecnológicas, principalmente las computacionales, el uso de redes de computadores como parte de sistemas empresariales, y posteriormente de sistemas de usuarios domésticos, al mundo actual ha llegado a denominarse de la *era de la información*. El uso de Internet, se ha diseminado a lo largo de todo el orbe de un modo espectacular: se hacen compras por medio de enlaces comunes, se visita páginas de entretenimientos, se envían mensajes a conocidos y desconocidos, y se llega inclusive a conversar y ver situaciones en vivo. Dentro de un nivel más formal, Internet es una red de cobertura mundial, y esto ha extendido las capacidades y habilidades necesarias tanto de empresas como de organizaciones hacia usuarios no comunes, o hacia los usuarios comunes, manejados bajo otra óptica. El uso de términos como *on-line*, distancia, virtualidad, conexión, tiempo real son cada vez más y más frecuentes.

Se define un *sistema de educación virtual* como aquel sistema de educación que mejora y/o amplía las capacidades o la experiencia de aprendizaje mediante el uso de sistemas computacionales y de telecomunicaciones. Una *clase virtual* es vista como un sitio de encuentro electrónico de estudiantes y/o lectores con el propósito de enseñar y/o aprender; en sí, una experiencia educacional, de gente real, en una dimensión virtual^[A].

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

Como todo sistema, un sistema de educación virtual debe diseñarse partiendo de objetivos y metas a lograrse con la implantación del mismo, considerando las diversas implicaciones que tienen relación con el establecimiento y desempeño del sistema en su totalidad, no sólo desde el punto de vista tecnológico. Un sistema de educación (virtual o no), implica relaciones personales, culturales,

sociales, procesos de enseñanza-aprendizaje, evaluación, etc. Dentro del proceso del diseño estructural orgánico-funcional de los sistemas de educación virtual, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos generales:

- La comunicación es un medio, no sólo de aplicación de tecnología, sino usualmente de trabajo de equipo. El sistema de educación requerirá de un equipo de apoyo técnico-pedagógico y un diseño de gran versatilidad.
- El uso de distintas tecnologías puede influenciar en los modos de expresión personal, debiendo tomarse en cuenta este aspecto para los requerimientos de evaluación y de interacción entre los diversos participantes del proceso.
- Las limitaciones y los problemas técnicos requieren de flexibilidad, necesitándose del desarrollo de alternativas estratégicas y sistemas de apoyo inmediatos.
- Algunas tecnologías a usarse, como la videoconferencia, pueden necesitar una preparación avanzada adicional para el normal desenvolvimiento del usuario, si se consideran los sistemas interactivos y el uso de herramientas especializadas de *software* asociadas a sistemas de trabajo grupal y de tiempo real.
- Los estudiantes reaccionan de diferente manera al medio usado para la comunicación: el comportamiento a las interfaces de interacción humana puede ser muy variante, desde motivante hasta frustrante. La relación a obtenerse del proceso de enseñanza-aprendizaje-medio de interfaz¹ humana puede ser factor radical en el éxito de los procesos educativos.
- La realimentación debida del proceso, como un seguimiento del mismo.

¹ Se denomina interfaz al dispositivo (*hardware*) y/o sistema (*software*) que permite la comunicación entre dos entidades disímiles, pudiendo la comunicación realizarse como relación hombre-máquina ó máquina-máquina.

Todos los aspectos mencionados a tomarse en cuenta, dependerán a su vez, del nivel de preparación y disponibilidad de los profesores y su relación con los medios y metodologías a usarse, combinados con los distintos modos de trabajo curricular, técnico, científico e inclusive administrativo.

Hay que tomar muy en cuenta, que las posibilidades del uso de telecomunicaciones en el aprendizaje pueden perderse al considerárselas como un simple medio de enlazar personas o de enviar documentos. La tecnología computacional puede soportar de gran manera el aprendizaje colaborativo, ampliar las relaciones personales y direccionar mutuas concertaciones en el aprendizaje. La utilización de tecnología educacional está basada en las ideas de que los computadores pueden llegar a ser partícipes del aprendizaje, al tomar ciertas fases del proceso de adquisición de conocimientos de los estudiantes, mientras soportan otras fases de las demandas o necesidades de los mismos.

Si bien el estudio de los sistemas de educación se enfoca a un nivel muy reciente desde el punto de vista tecnológico, vale la pena analizar los antecedentes y las tendencias en este campo de trabajo.

1.2 ANTECEDENTES^[B]

Se analizarán brevemente los antecedentes históricos de los sistemas de educación a distancia, ya que el uso de la tecnología en la educación tuvo su origen en las necesidades educacionales y formativas a satisfacerse para personas impedidas física, ocupacional o geográficamente de asistir a centros de estudio.

La educación a distancia, como tal, fue establecida legalmente en los EEUU en 1870. Para el año 1882, se dá la primera incursión universitaria a dicho nivel: la Universidad de Chicago establece la división de estudio en el hogar.

En 1923, se nota ya la importancia que empieza a darse en los sistemas de tele-educación: alrededor del 10% de las emisoras de radiodifusión fueron propiedad

de instituciones educativas, las cuales trataban con programas radiales diseñados con propósitos educativos. Las primeras regulaciones legales en el área de la educación a distancia se dieron en 1926, al establecerse el *Consejo Nacional de Estudios en el Hogar (National Home Study Council)*. A partir de 1934, año en el que se establece la *Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, Federal Communications Commission)*, se presiona a la *Asociación de Estaciones de Difusión de Colegios y Universidades (Association of Colleges and Universities Broadcasting Stations)* y otras asociaciones afines, para que guarden frecuencias abiertas para usos educativos. Se llega, en la década de los años 1940 y 1950, a solicitar la licencia para estaciones de televisión con los mismos propósitos. En 1950, los primeros programas de televisión educativos fueron creados para la difusión. La primera estación con fines educativos no experimentales, WOI-TV², de la Universidad Estatal de Iowa, salió al aire en dicho año.

Los primeros programas televisivos (hasta alrededor de los años 1960), tendieron a usar el medio de imágenes como un pizarrón electrónico para profesores de instrucción básica y secundaria, y lecturas televisadas a nivel de colegio; se enfocó al uso de la televisión como una ampliación del aula de clase. La principal limitación de la televisión como un medio para la educación, radica en el hecho de que la producción debe involucrar el cuidado en cuanto al diseño, libretos, y tender a una alta calidad instruccional, que a la final, nunca puede ser replicada como en una presentación de clase regular.

El desarrollo tecnológico, permitió la expansión de los productos de consumo masivo, mejorando las facilidades y la capacidad de almacenamiento de programas educativos, con el uso del *videotape* y recursos incipientes de vídeo (filmes). Para la década de 1960, la destinación de aulas adecuadas para la difusión de programas previamente grabados y difundidos por medios televisivos, llega a ser amplia en algunas universidades.

² WOI-TV: Identificación dada por la FCC a la mencionada estación, para su registro.

En 1963, el *Servicio Permanente de Televisión Instruccional (ITFS, Instructional Television Fixed Service)*, fue adoptado por la FCC, determinando los canales dentro del rango de las microondas a ser usados para propósitos educacionales. Un mayor avance en la televisión instruccional y los telecursos, está dado por la experiencia británica, al establecerse en 1969 la *Universidad Abierta Británica*, diseñada para ofrecer a los estudiantes oportunidades no tradicionales para la educación, con énfasis en la instrucción por medio de televisión, abarcando tres marcos de desempeño: educación para adultos, difusión educacional, y extensiones educativas, llegando a usarse algunos telecursos de su autoría en universidades norteamericanas.

El uso de elementos para reforzar el aprendizaje vía televisión se da en base al resurgimiento del uso de dichos sistemas como método educacional a partir de 1980, principalmente, aún cuando en 1970 el *Centro Maryland para la Difusión Pública* y el *Consortio para el Colegio Comunitario del Sur de California* ofrecieron telecursos a nivel regional e incluso nacional. El destino de inversiones a nivel estatal para enseñanza vía radio y televisión (mediante el *Sistema de Difusión Pública, PBS, Public Broadcasting System*), el surgimiento del *Consortio Nacional Universitario (National University Consortium)* y de la *Universidad de Mid-América*, facilitan la unión de diversas instituciones para fines de abaratar costos de producción y licenciamiento, así como el establecimiento de sistemas multi-campus.

1.2.1 ANTECEDENTES DE LA EDUCACIÓN A DISTANCIA EN EL ECUADOR

La educación a distancia en el Ecuador, se ha desarrollado a partir de los medios escritos: no existe un registro o antecedente histórico debidamente documentado, pero con el nacimiento de la educación a distancia (material escrito enviado por correo común) con fines comerciales y su introducción al mercado mundial, surgió el inicio de la educación por correo en el país. Principalmente en las ramas técnicas no superiores, existieron desde mediados de siglo algunas escuelas internacionales, con origen principalmente en los Estados Unidos, que enviaban el material escrito, y en algunos casos en cintas de audio a sus alumnos en

cualquier localidad latinoamericana. Estos sistemas llevaban su control de estudio casi en forma de autoevaluación: el estudiante debía llenar los cuestionarios propuestos que le llegaban el momento de entrega de material, y remitirlo, una vez lleno, a la sede de la institución; una vez cumplidos los requisitos de finalización del curso, la entidad otorgaba un título de técnico en una determinada rama enfocada al aspecto práctico y de reparación, principalmente. Es así como se formaron un buen grupo de técnicos en mantenimiento de radioreceptores, televisión, técnicos en dibujo, etc.

A nivel de educación formal, y debidamente registrada y certificada por las autoridades del país, existen dos grandes sistemas que se han venido desarrollando en el país, a partir de cuya experiencia se puede establecer el punto de partida de otros sistemas de estudio a distancia, los cuales serán notados en el literal 1.3, en lo relativo al estado actual y tendencias.

1.2.1.1 IRFEYAL^[C]

El Instituto Radiofónico Fe y Alegría (IRFEYAL), fue creado por el Padre José María Vélaz en 1964, bajo el nombre de "Fe y Alegría Ecuador" en base de una experiencia previa en Venezuela, y siendo, primeramente, un sistema de escuelas fiscomisionales y particulares con el apoyo de la Compañía de Jesús. El Instituto Radiofónico Fe y Alegría comienza sus programas de educación a distancia en el año de 1974; los niveles educacionales ofrecidos cubren cursos a nivel pre-primario; primario y secundario para adultos, educación adicional, diplomados y certificados de nivel medio, educación continua, educación comunitaria, sastrería, electricidad. Los estudiantes deben tener una edad mínima de 14 años, pudiendo requerirse, de acuerdo a los cursos, el haber culminado la educación primaria o secundaria básica. El sistema de estudios comprende la entrega de material previamente desarrollado por el instituto, textos adicionales o compilados, lecciones impartidas via radiodifusión de AM de lunes a viernes, y el uso de tutorías y consejerías personales. Adicionalmente, se usan centros de estudio y servicios regionales, para trabajos prácticos y clases de fines de semana.

1.2.1.2 Universidad Técnica Particular de Loja^[D]

La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) fue fundada por la Comunidad Marista Ecuatoriana (AME) el 3 de mayo de 1971, y administrada por la misma hasta octubre de 1997. Actualmente se encuentra regentada por la Comunidad de Misioneros y Misioneras Identitas.

La Modalidad Abierta o de Estudios a Distancia fue creada en 1976. Se rige, así mismo, por el Estatuto vigente aprobado por el Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas en sesiones del 27 y 28 de agosto de 1987, en el que consta que la Universidad imparte estudios a través de las dos modalidades: Tradicional o Convencional y Abierta o a Distancia. Los programas educativos desarrollados por esta universidad, son a nivel de pregrado y posgrado, en los cuales los estudiantes reciben material escrito para su estudio, desarrollado por la universidad, contando con el uso de centros de apoyo, en los cuales pueden disponer de tutorías, uso de recursos bibliográficos, rendir sus exámenes o asistir a conferencias. La presencia de esta universidad y su modalidad de estudios a distancia ha sido muy grande en el ámbito nacional, contando con centros de apoyo o de recursos en prácticamente todas las provincias del país.

1.3 ESTADO ACTUAL Y TENDENCIAS

La tendencia de la educación a distancia a partir de fines de los años 1980, con la introducción de multimedia y la gran expansión del uso de computadores, ha permitido la ampliación de telecursos en el ámbito mundial, ofrecidos por distintas instituciones, ya sean basados en sistemas de difusión o en sistemas de Internet, sobre los cuales se desarrollará el análisis correspondiente.

El campo de acción de la educación se ha extendido más allá del entorno universitario, ante todo por los requerimientos de capacitación continua a nivel empresarial, que gracias a la expansión de las redes de computadores, abaratamiento de los sistemas de telecomunicaciones, y de los costos

relacionados a sus servicios, permiten ahora el uso de dichos sistemas para capacitación, con un menor período de diseño y planeación, y con un mayor énfasis en aspectos metodológicos relacionados al aprendizaje.

Las tendencias tecnológicas en este campo se encaminan al uso de redes de computadores, Internet, sistemas satelitales y la interconexión de dichos sistemas, procurando una mayor versatilidad del proceso enseñanza-aprendizaje. Los avances en las metodologías y sistemas de educación no pudieron haber sido posibles sin los rápidos avances tecnológicos dentro de las áreas de computadores y de redes de computadores.

1.3.1 ESTADO ACTUAL Y TENDENCIAS EN EL ECUADOR

Como se mencionó en el literal 1.2.1, la educación a distancia en el Ecuador surgió con la introducción de los medios comerciales dedicados para este tipo de enseñanza. Las primeras experiencias formales son las desarrolladas por IRFEYAL y la UTPL. A partir de dichas implementaciones, y partiendo generalmente de experiencias externas, los distintos niveles de educación formal han tenido una gran expansión de oferta en cuanto a modalidades a distancia. El Ministerio de Educación y Cultura, el cual tiene injerencia de control a nivel básico y medio, permite la acreditación de títulos de bachillerato a distancia por medios tradicionales de materiales de estudio por correspondencia. Así mismo, la educación a distancia a nivel superior y de postgrado ha sido contemplada en los métodos tradicionales mencionados anteriormente por un gran número de universidades, tanto estatales como particulares.

Dentro de las universidades y escuelas politécnicas registradas y acreditadas legalmente en el país, existen 10 instituciones estatales y 17 particulares que ofrecen modalidad de estudios a distancia "tradicional"; 1 institución que brinda además educación "virtual" (Escuela Politécnica Javeriana del Ecuador, ESPOJ), y 1 que brinda teleeducación (Universidad Regional Autónoma de los Andes), dentro de las concepciones del CONESUP (Consejo Nacional de Educación Superior)^[E].

Dentro de los sistemas mencionados, el uso de recursos de Internet y WWW han sido los más empleados como nuevos medios de educación a distancia. En la actualidad, algunas universidades están desarrollando sistemas de educación a distancia con apoyo de recursos de red y de Internet, citándose por ejemplo la Universidad San Francisco de Quito (un sistema de universidad virtual, con uso de sistemas de Internet con vídeo, *chat*, grupos de discusión y otras herramientas de red); la UTPL, la cual ha desarrollado, con el apoyo tecnológico de la empresa Globatel S.A. un sistema de videoconferencia para educación presencial a distancia, como recurso adicional a su sistema de educación, contando inclusive con centros de apoyo regionales en España y Estados Unidos.

A nivel de empresas que brindan apoyo tecnológico a soluciones de educación vía videoconferencia, tanto a nivel empresarial como universitario, destacan dos principales: Globatel S.A., la cual brinda sistemas de videoconferencia interactiva y recursos de red especiales para teleeducación (*software* especializado para aplicaciones usando Internet); e Impsat (con su producto Telecampus), el cual es en sí un sistema de videoconferencia interactiva. Los sistemas de videoconferencia interactiva son limitados en recursos, debido a que la interactividad se limita a un teclado de teléfono o teclados especiales como canal de retorno del estudiante hacia el profesor o el expositor, limitando la capacidad de respuesta del individuo. Los sistemas que usan *software* especializado, como por ejemplo *Trainnet*, el cual es la base del sistema de Globatel, y es desarrollado por la empresa Gilat, requieren de amplios recursos de red y su costo es elevado^[F].

Además, existen universidades e instituciones no legalizadas que brindan teleeducación basada en videoconferencias, con costos elevados para el alumno, pero contando con amplios recursos de apoyo a los mismos por medio de acreditaciones internacionales y programas de intercambio, como son la Universidad Santo Tomás (videoconferencias con fuente en universidades chilenas) y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Quito (parte de un sistema de universidad virtual desarrollado por dicha

entidad, con sede en México, la cual cuenta con un sistema de apoyo tecnológico tanto a nivel de sistemas de comunicación satelitales y de desarrollo de programas de amplia fama internacional, que abarca un gran número de países de latinoamérica^[6]).

1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE EDUCACIÓN VIRTUAL

Como toda actividad o conjunto de actividades humanas, los sistemas de educación virtual presentan tanto ventajas como desventajas.

1.4.1 VENTAJAS

Dependiendo del marco de análisis, por las características de los sistemas objetivo de este capítulo, las ventajas, que presenta un sistema de educación virtual frente a un sistema tradicional de enseñanza *in situ* son:

- Tecnológica
- Económica
- Flexibilidad
- Registro y seguimiento de los estudiantes

1.4.1.1 Tecnológica

El aparecimiento de potentes computadores de escritorio y portátiles, máquinas de fax, módems, redes de computadores (con anchos de banda incrementales) hacen de las telecomunicaciones no sólo posibles sino confortables para el uso de los clientes, cada vez más personales e individuales, en sus diversas aplicaciones, pudiéndose de esta manera desarrollar aplicaciones sincrónicas y asincrónicas³.

³ Este tipo de aplicaciones serán desarrolladas más adelante en este mismo capítulo.

1.4.1.2 Económica

Desde el punto de la relación costo-beneficio, los sistemas de educación virtual son muy convenientes porque:

- Reducen los costos de infraestructura física (ejemplo: aulas, edificios, sitios de parqueo, etc.).
- Reducen los costos operativos (agua potable, energía eléctrica).
- Reducen costos de equipamientos (computadores, proyectores, etc.).
- Reducen costos de personal (comida, uniformes, sueldos).
- Reducen costos de movilización (combustibles, mantenimiento, tarifas de movilización urbanas y/o rurales).

1.4.1.3 Flexibilidad

Uno de los factores más atractivos para el apareamiento de los sistemas de educación virtual, es el incremento de la flexibilidad. La flexibilidad es prácticamente el beneficio más importante para los estudiantes y empleados, porque estos sistemas crean un balance deseable entre la carga de trabajo (carga horaria) y la vida privada. Además que los estudiantes pueden ajustar sus horarios con sus necesidades, eliminando las pérdidas de tiempo indirectas (movilización, puntualidad de estudiantes y/o empleados).

1.4.1.4 Registro y seguimiento

El registro y seguimiento es un factor muy importante tanto para empleados como para estudiantes, ya que este tipo de sistemas puede crear grandes oportunidades de trabajo para los empleados, sin la necesidad inmediata de una relocalización; para los estudiantes, podrían tomar cursos y obtener sus títulos

estando físicamente fuera de los centros académicos (claro que para la selección de estudiantes y empleados será necesario un estudio más minucioso y basándose en diversos criterios).

1.4.2 DESVENTAJAS

Dentro de los sistemas de educación virtual las principales desventajas que se presentan son:

1.4.2.1 Inversión inicial

La inversión para implementar un sistema de educación virtual, en lo referente a la adquisición de equipos, sistemas expertos, personal e infraestructura inicial puede ser un impedimento para su desarrollo.

1.4.2.2 Desarrollo subyacente

El proceso involucrado para el desarrollo adecuado del sistema de educación virtual, tanto en lo relacionado a personal, y a los subsistemas involucrados funcional y orgánicamente, requiere de un tiempo dedicado, el cual puede ser de algunos años, así como la ampliación de la concepción de la educación virtual tanto a profesores, desarrolladores, e inclusive estudiantes, pudiendo llevar a efecto procesos que involucran cambios de esquemas mentales y costumbristas para con el entorno educativo.

1.4.2.3 Impersonalidad

Al poseer la universidad virtual cursos no presenciales, la interacción persona-persona se debilita dando mayor importancia a la relación hombre-máquina, lo que podría resultar contra productivo, al crear profesionales que no cumplan con la misión de la universidad y/o la institución, que es la de formar y capacitar un profesional que solucione los problemas de la sociedad y contribuya con su desarrollo.

1.4.2.4 Mala utilización de los recursos

La mala utilización de los recursos, podría conducir a problemas tales como subutilización de los sistemas y equipos, o aún peor a la mala utilización de ellos, lo que iría en total perjuicio del estudiante y su formación profesional, por lo que se debe dar gran énfasis en el seguimiento y evolución de cada uno de los estudiantes participantes en un curso, y relacionar los procesos de enseñanza/aprendizaje adecuados a los medios, y no sólo adaptándolos a los mismos.

1.5 TELE-APRENDIZAJE

Este término es usado en general para describir el uso de sistemas computacionales y sistemas de telecomunicaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La intencionalidad de este proceso es remover los obstáculos de tiempo y/o lugar en el entorno de enseñanza-aprendizaje, siendo ésta la principal diferencia para con los sistemas de educación virtual propiamente dichos, en los cuales no necesariamente existen los obstáculos de tiempo y espacio. Se usarán los términos tele-educación y tele-aprendizaje como sinónimos, indistintamente.

1.5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE TELE-APRENDIZAJE POR SU APLICACIÓN^[H]

De acuerdo con las necesidades del usuario, se destacan cinco grupos o categorías de aplicaciones de tele-aprendizaje. En la clasificación se citan las herramientas y aplicaciones posibles a usarse, haciéndose una revisión explícita de las mismas en el siguiente capítulo, al analizarlas bajo el marco de las *Tecnologías de la Información*.

1.5.1.1 Herramientas de publicación de información y disseminación

Aplicaciones: editores de HTML⁴; Sitios WEB⁵ y navegadores para su acceso; sitios WEB asociados con entornos de base de datos; *software* para facilitar la transferencia de archivos FTP⁶ y documentos ligados al *e-mail*; herramientas para retención de formatos de aplicaciones cruzadas (por ejemplo, el formato denominado PDF).

1.5.1.2 Herramientas de comunicación personal

Aplicaciones: sistemas de correo electrónico, herramientas de conferencia, incluyendo foros basados en WEB y herramientas basadas en conferencias WEB; sitios WEB ofreciendo opciones de comunicaciones, incluyendo *mail-to*; enviar *e-mail* directo a una pasarela común, formando estructuras de comunicación; *software* de telefonía para Internet⁷; entornos de *software* para conferencias de audio y vídeo, para correo electrónico de voz, anexos de vídeo para *e-mail*; sistemas de *software* para *chat*⁸ basados en texto.

1.5.1.3 Herramientas de colaboración

Destacan: *Groupware*⁹, incluyendo aplicaciones con compartición de *software* y compartición de áreas de trabajo; bases de datos WEB para áreas de trabajo compartidas; bases de datos para aplicaciones compartidas; agrupación de conferencias por computadores; sitios WEB diseñados para soporte de colaboración; herramientas para colaboración de escritos sobre documentos que son comúnmente utilizados por un grupo.

⁴ HTML : Lenguaje de Marcación de Hiper-Texto (*Hiper-Text Markup Language*).

⁵ WEB : término usado como sinónimo de WWW (*World Wide Web*), red de documentos vinculados.

⁶ FTP : Protocolo de Transferencia de Archivos (*File Transfer Protocol*).

⁷ Internet : la denominación Internet (con mayúscula al inicio de la palabra), hace referencia a la red de redes usada para interconectar universidades, oficinas, y usuarios en general; internet (con minúscula al inicio de la palabra), hace referencia a una colección de redes interconectadas, de modo genérico.

⁸ Chat: aplicación de *software* para intercambio de texto sobre una base de Internet, afin a una conversación.

⁹ Groupware: *software* especial para trabajo en grupos.

1.5.1.4 Herramientas de acceso a información y manejo de recursos

Bases de datos compartidas; sistemas de bases de datos distribuidas; sitios WEB diseñados para la organización de información; accesos y algunas veces creación de los mismos; herramientas para traer y mostrar recursos almacenados de multimedia distribuida, como audio y vídeo digitalizado (incluyendo audio y vídeo corriente).

1.5.1.5 Herramientas específicas para enseñanza y aprendizaje

Aplicaciones para software interactivo (tales como tutoriales, evaluaciones, simulaciones), accesibles por medio de sitios WEB; sistemas de evaluación vía sitios WEB; herramientas para captura de vídeo para lectura o captura de presentaciones; videoconferencia (punto a punto y multipunto) para participación de lecturas; vídeo por demanda y corriente de vídeo para captura y re-uso de lectura; bases de datos WEB en ambientes de soporte de curso; generación de bases de datos para sistemas de soporte de curso, integrando muchas o todas las aplicaciones mencionadas anteriormente solamente con herramientas de administración.

1.5.2 CLASIFICACIÓN DEL TELE-APRENDIZAJE^[1]

El tratamiento del tele-aprendizaje cae dentro de dos categorías, sincrónica y asincrónica. Las definiciones relativas a sincronismo y asincronismo, en este capítulo, tienen relación con la capacidad de interacción en tiempo de los usuarios (o sea, hace referencia o no a las participaciones simultáneas en los procesos), mas no hacen referencia al sincronismo o asincronismo de los procesos de transmisión y procesamiento de datos.

1.5.2.1 La categoría sincrónica

Se usa cuando se requiere participación simultánea de todos los estudiantes e instructores. Esta categoría tiene la ventaja de utilizar tiempo real, *real time*

(participación de dos o más usuarios al mismo tiempo pero no necesariamente en el mismo lugar), y puede incluir conferencias computacionales, entornos virtuales colaborativos (*CVE, Collaborative Virtual Environments*), tales como los entornos multi-usuario orientados a objetos (*MOOs, Multi-user Object Oriented Environments*) y el *Internet Relay Chat (IRC)*.

1.5.2.2 Categoría asincrónica

En esta categoría, no se requiere la participación simultánea de los estudiantes y los instructores, por lo que no se necesita que todos los estudiantes estén juntos en un mismo lugar y al mismo tiempo. Esto permite a los estudiantes escoger su propio tiempo para la capacitación y reunir materiales de enseñanza acordes a su horario, convirtiendo este tipo de categoría en la más flexible. Ejemplos de esta categoría son los *e-mail*, y cursos basados en WWW.

1.5.3 APLICACIONES Y TECNOLOGÍAS DEL TELE-APRENDIZAJE

1.5.3.1 *Groupware*

El *groupware* es una categoría de *software* computacional, el cual permite a un número de usuarios trabajar en un mismo documento al mismo tiempo. Se lo conoce también como *sistemas de encuentro electrónico (electronic-meeting systems)*, *sistemas de soporte de grupo, colaboración soportada por computadores, y tecnología colaborativa*. Las salas de encuentros computacionales tienen usualmente una estación de trabajo por cada miembro del equipo y el facilitador, una gran pantalla de vídeo al frente de la sala y otros equipos audiovisuales. El sistema funciona de la siguiente manera: los miembros del equipo, en cada uno de sus computadores, tienen desplegadas dos ventanas, la una desplegando información y preguntas, y la otra proveyendo espacio para escribir comentarios o soluciones, las cuales pueden ser enviadas al facilitador, al presionarse una tecla de función. Usando otras teclas de función, el facilitador organiza la información de tal modo que puedan ser leídas por todos los miembros del equipo. El proceso ha llegado a denominarse como paralelo al

humano, ya que todos pueden expresarse al mismo tiempo. Conferencias de audio, correo electrónico y videoconferencia de escritorio se han utilizado como parte de la solución al trabajo en grupo.

1.5.3.2 Multimedia

La finalidad de multimedia es mover más información de manera más fácil por medios electrónicos y proveer más recursos a todos. Multimedia, en sí, implica el uso de múltiples servicios bajo una misma aplicación: audio, vídeo, texto. Los sistemas multimedia demandan una alta capacidad de almacenamiento de datos para lograr imágenes de color de alta calidad, animación, audio, vídeo, y la necesidad de disponer un formato digital para mantener la interactividad. A un nivel más básico, multimedia involucra los sentidos humanos y usa un control interactivo sobre el computador. Los programas incluyen gráficos “reales”, animación, movimiento, música, sonido, imágenes, texto, y voz digitalizada. A un nivel más sofisticado, se comienza ya con el uso de la *realidad virtual*, un tipo de tecnología interactiva que crea la ilusión de estar inmerso completamente en un mundo artificial generado por el computador.

1.5.3.3 Hypermedia

Hypermedia se refiere al *software* que puede aceptar información en una variedad de formatos de texto, imágenes, sonidos, gráficos y vídeo, y enlazarlos juntamente a aplicaciones interactivas para crear una simple presentación multimedia. *Hypermedia* fue el método utilizado para crear el WWW, usando un lenguaje llamado HTML y Java (otro lenguaje de programación).

1.5.3.4 Realidad virtual (VR, *Virtual reality*)

En sí, se puede entender a la realidad virtual como una colección de tecnologías que permiten o facilitan el modo de actuar con sistemas computacionales, dando al usuario la sensación de interactuar con un mundo o ambiente real. Los niveles de aplicabilidad de la realidad virtual, abarcan desde el manejo de entornos de

tres dimensiones hasta modelado asistido por computador. Algunas aplicaciones proveen modos de visualizar procesos o hechos desde perspectivas no posibles en un mundo real. Más que nada, son herramientas *software/hardware* que facilitan la interfaz de usuario.

1.5.3.5 Entornos virtuales colaborativos (*CVE, Collaborative Virtual Environments*)

Los entornos virtuales colaborativos, involucran el uso de la tecnología de realidad virtual para soportar trabajo de grupos. Una condición deseable para tales aplicaciones es la provisión de acceso simultáneo multiusuario a un sistema de realidad virtual que pueda soportar las necesidades de los usuarios para trabajar en conjunto. La esencia de los CVE es que los usuarios son explícitamente representados en el sistema de los otros miembros dentro de un espacio dividido, pudiendo dichas representaciones ser capaces de moverse dentro de dicho espacio, encontrándose con las otras representaciones y también permitiendo el manejo de objetos e información de interés común. La interactividad se da a nivel de miembros, objetos e información.

1.5.3.6 Telepresencia

La telepresencia en un entorno virtual, es un entorno tecnológico que tiende a permitir que el usuario adquiera el suficiente estado de sensibilidad y conocimiento del entorno de trabajo, de tal modo que el operador sienta físicamente la presencia en el entorno virtual. La tecnología enlaza sensores remotos en el mundo real con los sentidos de un operador humano. Puede a menudo mezclarse como una aplicación de realidad virtual.

1.5.3.7 Lenguaje de modelado de realidad virtual (*VRML, Virtual Reality Modeling Language*)^[7]

Es un estándar de facto para modelación de 3D (tres dimensiones) en Internet. La versión 1 del estándar (VRML1.0), permitió la creación de mundos estáticos con

instruccional. Las frecuencias y los servicios son abarcados bajo el esquema de servicios distribuidos multi-canal multi-punto.

1.5.3.10 Servicio Permanente de Televisión Instruccional. (*ITFS, Instructional Television Fixed Service*)^[K]

Es una banda de 20 canales de televisión disponibles para ser licenciados por la FCC, para otorgarlos a modo local para uso de instituciones educativas^[L]. Los canales pueden ser destinados únicamente para educación o en compartición con canales de cable inalámbrico. Ya que los canales asignados son de relativamente corto alcance, su uso es planeado para comunidades de tamaño medio, universidades y sistemas escolares. Las frecuencias para este servicio son localizadas en la región de las microondas, a un espaciamiento de 6 [MHz], y su servicio está en la misma base de la televisión de difusión. Para recibir dichas frecuencias, se usan antenas especiales de bajo costo de tres pies de largo. En un terreno plano, el servicio puede abarcar distancias de 20 hasta 25 millas, considerando que las frecuencias utilizadas requieren de línea de vista entre las antenas del transmisor y el receptor, y una adecuada altura de las torres. La potencia de transmisión es mucho más baja que la de la televisión abierta, variando entre 10 [W] y 100 [W], pero se debe tener mucho cuidado con el uso de canales adyacentes en una misma zona geográfica, dado que de acuerdo a la potencia de transmisión de emisoras con bandas de frecuencias ubicadas en canales adyacentes, se pueden llegar a tener interferencias, solucionándose esto con el uso de receptores de mayor selectividad, incrementando el costo del sistema para el usuario final.

1.5.3.11 Redes interactivas

Las redes interactivas hacen uso de una combinación de sistemas de voz y vídeo por separado, para una misma aplicación. Se usan sistemas de vídeo grupales para llegar a los participantes; éstos reciben en un aparato receptor FM adecuado para el propósito, por medio de transmisiones de radio, el texto necesario, el cual es desplegado en una pantalla de cristal líquido, y, mediante un teclado de dicho

equipo, se pueden ejecutar respuestas o requerimientos, cuyas señales son enviadas por medio de conexión telefónica a los sistemas centrales. Se lo puede usar como un sistema de evaluación, principalmente.

1.5.3.12 Teleconferencia

La teleconferencia significa un encuentro a través de un medio de telecomunicaciones. Es, en sí, un medio genérico para enlazar gente entre dos o más locaciones por medios electrónicos. Las características principales de la teleconferencia son el uso de un canal de telecomunicaciones, enlazar personas ubicadas en múltiples lugares, interactividad al proveer comunicaciones *full-duplex*, y dinamismo al requerir participación activa del usuario. Dentro de la teleconferencia, destacan los siguientes tipos:

- *Teleconferencia de audio*. Se encarga de transportar audio solamente; se la llama a menudo conferencia por llamada, y enlaza interactivamente a personas en locaciones remotas por medio de líneas telefónicas. El aprendizaje a distancia puede ser llevado por este medio, pero es el menos utilizado, con relación a los otros tipos de teleconferencia utilizados con fines educativos.
- *Teleconferencia audio-gráfica*. Emplea reuso de canales de banda estrecha para transmitir información visual, tal como gráficos, caracteres alfanuméricos, documentos e imágenes de vídeo como adjuntos a la comunicación de voz. Otras denominaciones para este tipo de teleconferencia son conferencia computacional de *desktop*¹⁰, y audio mejorado. Los dispositivos usados en esta aplicación incluyen mesas electrónicas, terminales de vídeo de trama congelada, sistemas de gráficos integrados, fax, microfichas de acceso remoto, proyectores de *slides*, *scanners* gráfico-ópticos, y terminales de voz y datos.

¹⁰ Desktop: término que hace referencia al computador personal o de escritorio.

- *Teleconferencia computacional.* Usa líneas telefónicas para conectar dos o más computadores y módems, permitiendo que cualquier aplicación que pueda ser hecha en un computador pueda ser enviada por las líneas. La conferencia de estas características puede tener un carácter tanto sincrónico como asincrónico. Dentro de esta aplicación se puede usar el correo electrónico, enlaces a redes, transferir archivos, acceder a bases de datos y librerías electrónicas, etc. Los sistemas de videoconferencia de escritorio permiten la visualización de las personas que se comunican en la pantalla del computador, mientras otras aplicaciones pueden estar corriendo. Aparte del *software* necesario, el sistema trabaja con cámaras pequeñas de fácil instalación. El sistema puede verse limitado por la velocidad de transferencia de información que se logre de acuerdo al medio de transmisión, la tecnología de almacenamiento digital y las técnicas de compresión que se usen.
- *Teleconferencia de vídeo.* Combina audio y vídeo permitiendo comunicaciones de voz e imágenes de vídeo. Pueden ser de dos modos: vídeo *half-dúplex*/audio *full-dúplex*, o de modo tanto de vídeo como de audio a *full-dúplex*. Esta aplicación puede desplegar cualquier imagen que puede ser capturada por medio de una cámara de TV, siendo su principal ventaja la capacidad de desplegar imágenes en movimiento. El sistema de estas características presenta tres versiones básicas: trama congelada, trama comprimida y vídeo de movimiento total.

1.5.3.13 *Chat-rooms*

Chat es un término que se refiere al intercambio de mensajes escritos por medio de sistemas de red, en tiempo real. Haciendo un símil, el uso de *chat* permite el tener una "conversación" escrita en ambiente de red. Un *chat room* es el entorno asociado al uso del *chat*, permitiendo la conversación entre varias personas o grupos de personas, pudiendo individualizarse ciertos tipos de mensajes o conversaciones. El *aula de conferencias* es una aplicación de la misma índole: permite una conversación entre el instructor y los estudiantes, o entre estudiantes solamente, mediante el envío de mensajes.

1.5.3.14 Sistemas de difusión directa (*DBS, Direct Broadcast Systems*)

Este sistema consiste de difusión de programación de televisión a satélites de alta potencia. La potencia del satélite le da a la señal la capacidad de ser recibida por antenas pequeñas de fácil instalación, llegando inclusive a ser montadas en unidades móviles. La ventaja de dichos sistemas radica en los bajos costos de los receptores con respecto de otros sistemas satelitales, y la alta capacidad de cobertura geográfica.

1.5.3.15 Dominio de Múltiples Usuarios (*MUD, Multiple-User Domain*)^[M]

Los MUDs, o *dominios multi-usuarios*, evolucionaron de juegos de aventura multiparticipes (en sí, el nombre original del juego fue *calabozo de múltiple usuario, Multiple-User Dungeon*) de los años 1980. El modo de juego es remotamente parecido a la conversación en los *chats*, llegando a tener lenguajes internos para cada juego, y acceso por medio de Telnet¹¹. Un MUD es una aplicación sincrónica (tiempo real) de realidad virtual basada en texto, en la cual se puede interactuar. Un MUD fue un programa el cual se ejecutaba en un computador que permitía a un número de participantes ingresar al mismo tiempo e interactuar entre ellos y con el entorno. La evolución de la programación y los entornos desarrollados no sólo en base de juegos, se ha llamado *entornos simulados multi-usuarios (MUSE, Multi-User Simulated Environments)* en algunos casos.

1.5.3.16 Entornos multiusuario orientados a objetos (*MOOs, Multi-user Object Oriented Environments*)^[M]

Un MOO es un MUD orientado a objetos, el cual sirve de soporte para trabajo colaborativo, debido a la facilidad de modificar el entorno para soportar división de información y conocimiento. Un MOO es una dimensión multi-usuario que permite a los participantes la construcción y la manipulación de objetos, y moverlos en

¹¹ Telnet: aplicación del grupo de protocolos TCP/IP, que permite el trabajo de terminales remotos.

forma de descripción textual de una sala¹² a otra; en sí, los MOOs son una forma de realidad virtual basada en texto. En general, mediante el uso de comandos, se pueden lograr las siguientes acciones:

- Desplazamiento entre distintos sitios.
- Manipulación de objetos.
- Interacción con gente localizada en sitios distantes.
- Creación de nuevas localidades virtuales.
- Descripción de las características de los lugares creados y los objetos dentro de los mismos.
- Transmisión de mensajes electrónicos.
- Conducción de clases electrónicamente por medio de Internet o de una Intranet privada.

Dado que un MOO puede tener una arquitectura de "salas" conectadas por varios pasajes, se los puede hacer corresponder a la arquitectura de nodos conectados por enlaces (*links*), con lo que un MOO puede llegar a trabajar basado en hipertexto. Dado que HTML es generado dinámicamente para bases de datos relacionados, se han añadido las siguientes capacidades:

- Permitir al usuario la negociación del contenido y del ancho de banda.
- Proveer el medio de ancho de banda necesario para accesos simultáneos múltiples a los entornos visuales virtuales.

El modelo usado en algunos sistemas consiste de una base de datos central, la cual contiene el texto de cada nodo, más información adicional que especifica el tipo de proyecto, la información del mismo y el lenguaje de otro tipo de información multimedia. Esta información multimedia de gran ancho de banda es típicamente almacenada en servidores distribuidos basados en el proyecto. Por tanto, la base de datos centralizada contiene información de bajo ancho de banda

¹² Sala, en el contexto de realidad virtual, hace referencia a un entorno gráfico creado como una escena específica.

(texto y contenido codificado) siendo dichos datos difíciles de cambiar, mientras los servidores de multimedia distribuidos contienen datos de gran ancho de banda (información de audio y vídeo), cuya información será modificada menos frecuentemente.

1.5.3.17 *Internet Relay Chat (IRC)*^[N]

IRC es un sistema basado en Internet que permite a la gente tener "conversaciones" textuales en vivo. El IRC está basado en servidores interconectados, a los cuales se enlazan los participantes mediante un programa IRC de modo cliente. Cada usuario en una red IRC debe tener un único alias (nombre de identificación para las conversaciones) y puede participar en uno o más canales; también puede enviar y recibir mensajes privados y a veces transferir archivos. El IRC es administrado por su operador de servidor el cual asigna tiempo y recursos para mantener a la red en funcionamiento. IRC fue desarrollado en 1988, en Finlandia, por Jarkko Oikarinen, siendo utilizada actualmente la versión llamada IRC II. Se usa un programa cliente que actúa como interfaz. El cliente se conecta con un servidor de IRC, el cual está conectado a otros servidores IRC; manejando el concepto de canales, se asignan mesas de discusión o de conversación.

1.5.3.18 *Gopher*

Gopher es un sistema cliente/servidor. El uso de esta aplicación se ejecuta en un programa llamado *cliente Gopher* el cual está conectado a un *servidor de Gopher*, y también puede conectarse a sesiones Telnet, transferencia de archivos, etc. *Gopher*, en sí, permite el acceso de modo más fácil a los recursos de Internet. *Gopher* es anterior a la WEB y se trata de un esquema de recuperación de información, conceptualmente parecido al WEB, pero sólo se encarga de manejar texto, y no imágenes. El usuario de *Gopher* se conecta a otros suministradores de servicios *Gopher* mediante una simple elección de menús de archivos y directorios.

1.5.3.19 Telnet

Telnet es una aplicación de las redes TCP/IP¹³, que provee un modo de acceder a aplicaciones de terminal sobre una red de una variedad de sistemas *host*, por medio de emular un terminal propietario particular de tipo DEC VT-100 o VT-220¹⁴. Telnet ha definido un "terminal virtual de red", esto es, un grupo estándar de formatos de carácter y funciones de teclas. Los formatos de carácter propietario son mapeados en el terminal virtual de red y las funciones de teclado del mismo. Cada *host* traduce el flujo de terminal virtual de red, que es transmitido a lo largo de una internet en su propio formato local. Una parte importante de Telnet es la interfaz de usuario. Los usuarios deben comunicarse con el cliente Telnet en razón de identificar el sistema al que se desea llegar y configurar opciones tales como eco local, *half-duplex*, etc. Hay que notar que existe tanto el *software* Telnet como el protocolo Telnet. El *software* Telnet hace uso del protocolo Telnet para poder comunicarse entre computadores.

1.5.3.20 World Wide Web (WWW)

Es una herramienta basada en hipertexto que permite recuperar y mostrar información basada en búsquedas por palabras clave (localizador uniforme de recursos, *URL, Uniform Resource Locator*); un sistema de hipermedios basado en Internet. Se lo puede catalogar como un depósito de información en línea, en el que los usuarios pueden efectuar búsquedas de recursos mediante una aplicación interactiva denominada visualizador. La gran versatilidad de uso radica en el hipertexto: datos enlazados a otros datos.

1.5.3.21 Aprendizaje colaborativo^(O)

El aprendizaje colaborativo es en sí una concepción de trabajo, antes que una aplicación: una técnica de clase. Se trabaja mediante el envío de mensajes y la

¹³ Redes TCP/IP : Redes de computadores, que operan basadas en los protocolos TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*), Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet.

¹⁴ DEC VT-100 o VT-220: terminales muy usados en la década de 1980 para el tipo de aplicación Telnet.

réplica de los mismos, dentro de cualquier discusión del grupo, en ambientes de trabajo no localizados en un mismo sitio. Este tipo de trabajo permite compartición de recursos, asignación de equipo de trabajo, flexibilización de horarios. Se distinguen tres modos o tipos de trabajo a este respecto:

- a) **Cyber-equipos (CT, Cyber-Teams)**.- Grupos de trabajo que usan medios electrónicos para llevar a cabo sus tareas, con el propósito de efectivizar el uso del tiempo y recursos que se consumen habitualmente en los encuentros reales persona a persona.
- b) **Equipos geográficamente dispersos (GDT, Geographically Dispersed Teams)**.- Aquellos equipos que no están co-localizados en un mismo sitio, pero deben trabajar entre ellos para producir o elaborar trabajos.
- c) **Equipos virtuales (VT, Virtual Teams)**.- Estos grupos de trabajo pueden estar o no geográficamente dispersos, pero el carácter de su trabajo es meramente ocasional.

Dependiendo del tipo de trabajo a realizarse, se hará uso de teleconferencia, videoconferencia, e-mail, fax, correo de voz y aplicaciones *groupware*. Dentro de todas las herramientas, se distinguirán, para la aplicación requerida, las que permitan un mayor o menor grado de interactividad entre los participantes. La capacidad de los mismos a ejercer un cierto control sobre el proceso es significativa.

En los procesos de aprendizaje colaborativo, en cuanto al trabajo, se distinguen los modos de lectura y los modos de colaboración, siendo sus principales características las siguientes:

Modo lectura

- **Interacción de uno a varios participantes:** se tienen roles distintos y desiguales para los participantes.

- El lector o guía ejerce control sobre la interacción: reproduce la interacción de los estudiantes en la forma de las preguntas o de la discusión. El instructor atiende los requerimientos de acuerdo al deseo de los estudiantes de participar, y a la disponibilidad del mismo.
- Aprendizaje pasivo; la autoridad de la información yace con el profesor.

Modo de colaboración

- Interacción entre todos: los participantes son iguales, participan equitativamente.
- El profesor actúa más como un mentor, facilitador o moderador. Los estudiantes están más comprometidos con la actividad de aprendizaje.
- El nivel de participación de los estudiantes es mayor, por lo que el profesor se ve exigido en su preparación. La evaluación es más equitativa, al ser claramente disminuídas las diferenciaciones personales que no tengan que ver con el aspecto netamente académico.

1.5.4 CLASIFICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS COLABORATIVAS DE ESCRITURA^[1]

Las herramientas colaborativas de escritura se las puede agrupar en niveles, de acuerdo al grado de elaboración de las aplicaciones a utilizarse para los propósitos de trabajo. Los niveles determinados para estas herramientas son:

1.5.4.1 Herramientas de nivel 1

Correo electrónico y herramientas de mensajes retrasados: permiten a los usuarios enviar mensajes o archivos directamente de un computador a otro, usando transferencia punto a punto o a un servidor centralizado, con un

mecanismo de almacenamiento y remisión (*store-and-forward*); los mensajes y archivos pueden ser enviados hacia el destino, al ingresar el usuario al sistema por medio de claves, sin peligro de perder los mensajes durante la transferencia. Son herramientas muy usadas para mensajería, organización de usuarios y proveer realimentación documentada.

1.5.4.2 Herramientas de nivel 2

Herramientas de escritura colaborativa retrasada con acceso remoto: permiten a los usuarios acceso remoto, actualización y control de archivos almacenados en otros computadores o almacenados en un *main-frame*; el acceso remoto requiere a menudo filtración de seguridad. Estas herramientas son muy usadas para revisión de documentos.

1.5.4.3 Herramientas de nivel 3

Herramientas de generación de ideas y diálogo en tiempo real: permiten simultáneamente a múltiples usuarios el participar de la generación de ideas acerca de un tópico por medio del envío de mensajes a otros participantes del evento. Las aplicaciones de *software* de este tipo de herramientas muestran al usuario dos ventanas desplegadas simultáneamente en la pantalla del computador: una ventana de transcripción, que muestra indicadores y estados de diálogo (la cual es la misma para todos los participantes), y otra pantalla privada para crear y editar diálogo. Este tipo de herramientas son muy usadas para pre-escritura, generación de ideas y fases de post-escritura en medios de escritura colaborativa.

1.5.4.4 Herramientas de nivel 4

Herramientas de escritura colaborativa en tiempo real, al nivel de texto solamente: permiten a más de una persona trabajar sobre un texto de modo corriente; los cambios hechos a un documento son visualizados inmediatamente por todos los participantes. El uso de dispositivos especiales permite a los usuarios dividir los

documentos, o enfocar la atención sobre una parte importante de los mismos, mientras en salas privadas de *chats* permiten la conversación y comentarios en tiempo real. Muy usadas en la creación de texto y revisión del mismo.

1.5.4.5 Herramientas de nivel 5

Herramientas de hipermedia cooperativa: trabajan mayormente en un entorno de nivel 4, pero extendidas a otras presentaciones como hipertexto, gráficos, imágenes de vídeo, música, lenguaje, o animación. Requieren de un *hardware* sofisticado y se usan de acuerdo al nivel de presentación.

REFERENCIAS

- [A] **PORTER, L.R.** " *Creating the virtual classroom: Distance learning with the Internet.*" John Wiley & Sons. E.U.A., 1997.
- [B] Varios: " *A technical guide to teleconferencing and distance learning.*" Tercera edición.; LANE, Carla: " *The distance learning technology resource guide.*" E.U.A., 1992.
- [C] *International Centre for Distance Learning, The Open University.*
<http://www-icdl.open.ac.uk/icdl/>
- [D] Universidad Técnica Particular de Loja.
<http://www.utpl.edu.ec>
- [E] Consejo Nacional de Educación Superior, CONESUP: "Universidades y escuelas politécnicas que imparten educación a distancia, virtual y teleeducación en el Ecuador." CONESUP, Sección de Coordinación Académica, mayo del 2000.
- [F] Gilat Communications.
<http://www.gilat.net>
- [G] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
<http://www.itesm.mx>
Diario El Financiero. México, 22 de febrero del 2000.
<http://www.elfinanciero.com.mx>
- [H] **COLLIS, Betty:** " *Applications of Computer Communications in Education: an overview.*" IEEE Communications Magazine, Marzo de 1999.
- [I] **JÄRVELA, Janna & KUNELIUS, Esa** (editores): " *Learning and technology - dimensions to learning processes in different learning environments.*" Universidad de Oulu, Finlandia, 1998.
<http://herkules oulu.fi/>
- [J] **LAMBERT, Dave.** " *VRML tutorial.*" FX Laboratories. E.U.A., 1995.
- [K] Varios: " *What is ITFS?*" National ITFS Association. E.U.A., 1997
- [L] **GREGOIRE, Reginald; BROCEWELL, Robert y LAFERRIERE, Therese:** " *The contribution of New Technologies to learning and teaching in elementary and secondary schools.*" E.U.A., 1995.

- [M] **BERGE, Zane, COLLINS, Mauri & DAY, Michael:** *"Computer mediated communication in the on-line classroom."* Volúmen 2, Hampton Press. E.U.A., 1995.
- [N] Varios: *"Internet Relay Chat."* BoTree Consulting and training. E.U.A., 1999.
- [O] Varios: *"Developing virtual and geographically dispersed teams in cyberspace."* Millpond Group.
<http://www.millpondgroup.com>

ANÁLISIS DE REDES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Debido a la amplia difusión del uso de los computadores y de los recursos ligados a ellos, es conveniente el analizar las *redes de computadores* como punto de partida para el diseño de un sistema de soporte para una Universidad Virtual, desde el punto de vista de ingeniería. Las *técnicas y tecnologías de la información*, que son en sí los procesos por medio de los cuales llegan a nosotros la mayoría de aplicaciones y utilidades a nivel de usuario, merecen especial atención, debido al amplio entorno de técnicas, estándares y métodos relacionados interdisciplinariamente (sistemas de procesamiento, compresión, lenguajes de programación, técnicas de transmisión, servicios añadidos). De su estudio, se lograrán sentar las bases y criterios necesarios para el diseño a desarrollarse en los capítulos posteriores.

2.1 REDES DE COMPUTADORES

Se define una *red de computadores* como un "*conjunto de computadores autónomos interconectados por medio de una subred de comunicaciones*"^[A]. Si bien el tratamiento de los sistemas de procesamiento de datos se basa en los sistemas computacionales, la red, como tal, trata con dispositivos que no sólo son computadores, de ahí, que una definición más genérica es "*una configuración de software y dispositivos de procesamiento de datos, conectados para intercambio de información*"^[B].

Un *sistema distribuido* es un sistema de *software* desarrollado sobre una red de computadores, siendo el *software* el encargado de dar a todo el conjunto su cohesión y transparencia. En una red de computadores, el usuario es quien realiza la invocación o llamado a los procesos, conociéndose el computador que realiza el proceso.

2.1.1 TOPOLOGÍA DE LAS REDES DE COMPUTADORES

La topología o configuración identifica la disposición de los elementos o dispositivos que conforman la red. Cabe indicar que existe una topología física que identifica la disposición física o geométrica de los elementos de la red y una topología lógica que indica el modo de acceso de los dispositivos a la red o la forma en que circula la información dentro de ésta. En la implementación de una red de computadores, la topología física no necesariamente coincide con el método de acceso lógico o la topología lógica de dicha red. Dependiendo del tipo de red, su uso y estandarización, se usa la topología más adecuada a las necesidades a satisfacerse.

Las topologías de redes más comúnmente usadas son:

- Jerárquica
- Horizontal
- Anillo
- Malla

A continuación se tratarán con mayor detalle cada una de las topologías físicas que se pueden encontrar en las redes de computadores.

2.1.1.1 Topología jerárquica

La topología jerárquica, conocida también como topología tipo árbol, es una de las más extendidas en la actualidad, teniendo un *software* de control relativamente simple. Además, esta topología proporciona un punto de concentración de tareas y de resolución de errores, pero puede presentar ciertos problemas con el apareamiento de cuellos de botella por saturación de datos en un mismo canal (congestión). La figura 2.1 ilustra una topología de red jerárquica o tipo árbol.

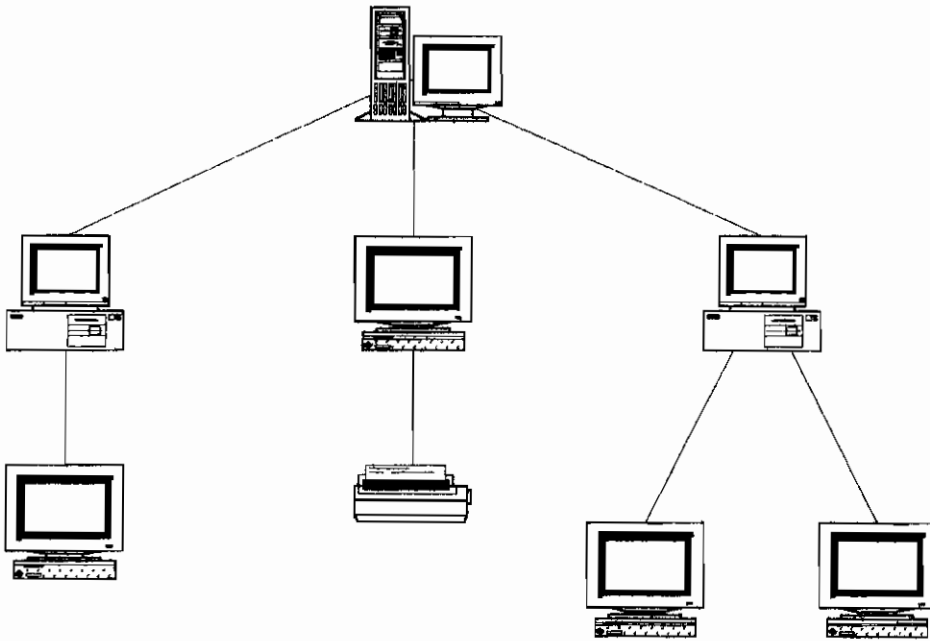


Figura 2.1. Topología jerárquica o tipo árbol.

2.1.1.2 Topología horizontal

La topología horizontal es también llamada topología tipo bus. Su principal característica es poseer un único canal común (o bus) para la comunicación de todos los dispositivos que conforman la red; esto permite un control fácil del tráfico entre los distintos equipos, ya que las máquinas difunden la información en el canal y dicha información llega a todas las máquinas, sin excepción.

Los principales problemas en esta topología se presentan cuando falla el canal de comunicaciones. Además, la falta de puntos de concentración dificulta aislar las averías que se pueden presentar en los componentes individuales. La figura 2.2 muestra una representación de la topología tipo bus.

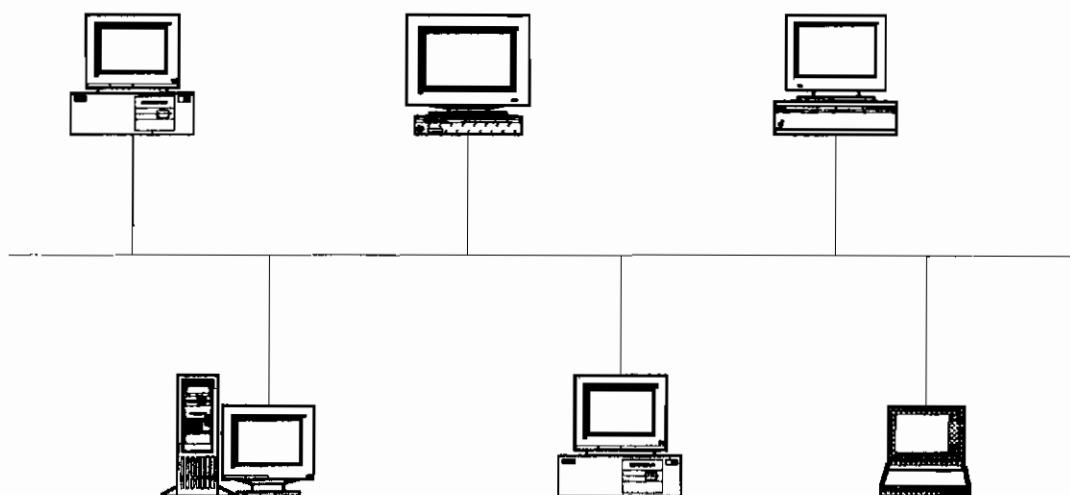


Figura 2.2 Topología horizontal o tipo bus.

2.1.1.3 Topología en estrella

Este tipo de topología es una de las más empleadas en los sistemas de comunicación de datos. Posee una estructura similar a una red en árbol, aunque su capacidad de procesamiento distribuido es limitada. El equipo central es el encargado de encaminar la información hacia el resto de componentes de la red; la posibilidad de aislar una línea individual cuando presenta problemas sin detener el funcionamiento de la red es una de las principales ventajas de la topología, pero al ser centralizada puede presentar problemas de saturación de datos en los canales de comunicación. Otro problema es su falta de fiabilidad cuando falla el equipo central. Un esquema de la topología en estrella se presenta en la figura 2.3.

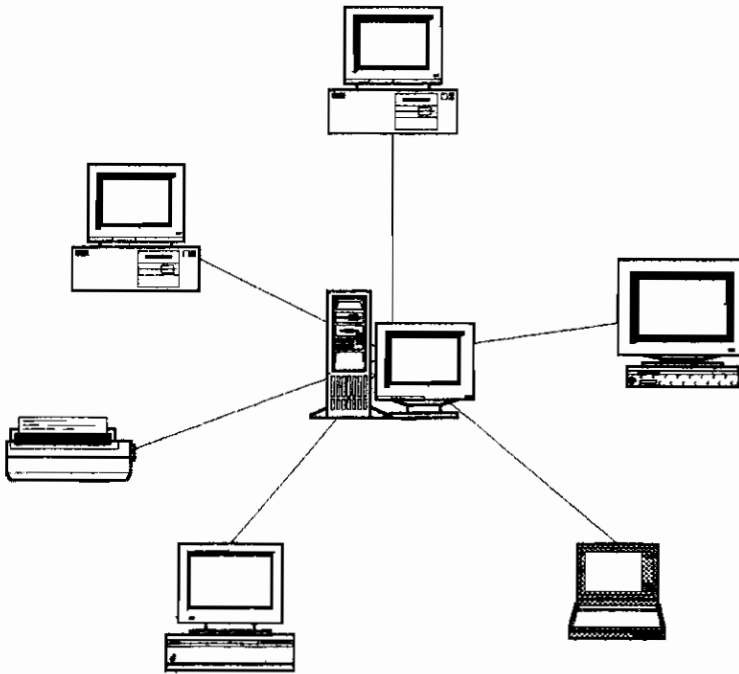


Figura 2.3 Topología en estrella.

2.1.1.4 Topología en anillo

Este tipo de topología recibe su nombre por la trayectoria del flujo de la información dentro de la red. Usualmente la información viaja en un solo sentido, llegando sucesivamente a todas las máquinas: de esta manera un equipo recibe los datos del canal y los vuelve a retransmitir al anillo¹. Por su organización, la principal ventaja de esta topología es la eliminación de los cuellos de botella dentro del anillo, pero su mayor problema radica en que al estar todos los elementos unidos por el mismo canal, una falla de éste producirá una interrupción total en la comunicación dentro de la red. Una representación de la topología en anillo se muestra en la figura 2.4.

¹ Un anillo consiste de un número de repetidores (en una red de computadores, cada computador hace también la función de un repetidor), cada uno conectado a otros dos por medio de enlaces de transmisión unidireccionales, de modo que se forme un único camino cerrado.

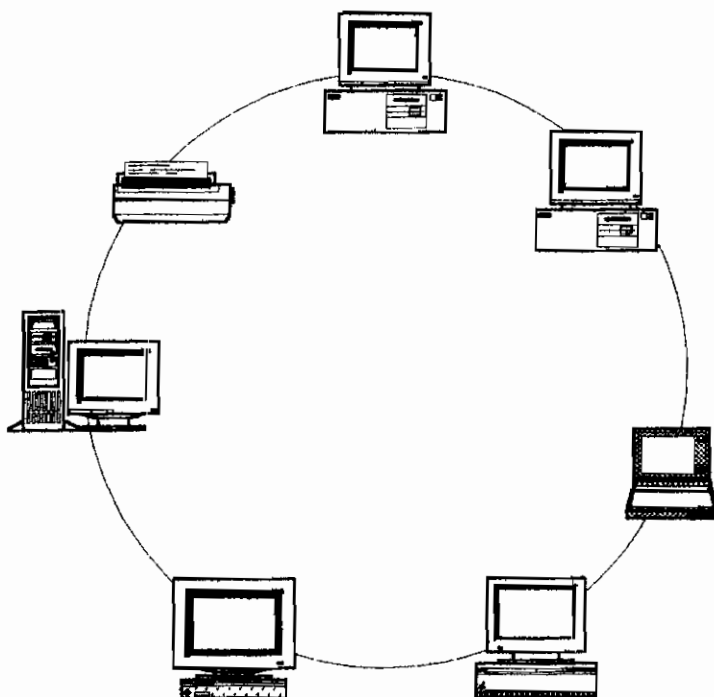


Figura 2.4 Topología en anillo.

2.1.1.5 Topología en malla

La mayor ventaja de esta topología es el proporcionar multiplicidad de caminos para la transmisión de datos entre dos equipos, de ahí su alta inmunidad a los problemas de saturación y embotellamiento de los canales de comunicación. Estos múltiples caminos pueden o no contener dispositivos intermedios. Sus principales desventajas radican en la necesidad de un *software* de administración más complicado y el costo asociado con la construcción de múltiples caminos. Cuando todas las estaciones se encuentran unidas (todas contra todas) por medio de canales de comunicación, se suele llamar a este tipo de arreglo una topología de malla completa o simplemente completa. La figura 2.5 ilustra este tipo de topología.

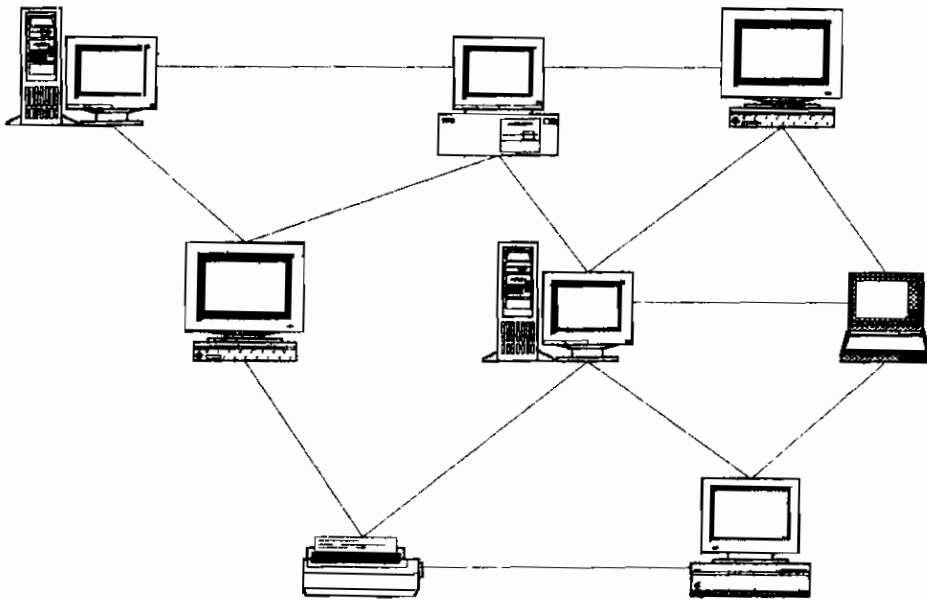


Figura 2.5 Topología en malla.

2.2 MODELOS DE REFERENCIA

El propósito principal de los modelos de referencia es el tratar de dar una base común lo suficientemente amplia para el estudio de las redes de computadores, como medio para la creación de una arquitectura de red. Un modelo de referencia, en sí, no define protocolos, y una arquitectura en la práctica, no llega a implementar exactamente a un modelo en su totalidad. Es así como se definen dos principales modelos de referencia que a continuación se detallan:

2.2.1 MODELO DE REFERENCIA OSI

El modelo de referencia de *Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, Open Systems Interconnection)*, fue un modelo desarrollado por la Organización Internacional para Estandarización (*ISO, International Standards Organization*). Su modelo describe la comunicación entre sistemas abiertos. Los sistemas abiertos son aquellos que se comunican con otros, pudiendo ser estos sistemas heterogéneos. OSI describe los mecanismos que deben ser implementados para lograr el intercambio de información entre sistemas computacionales.

El modelo de referencia OSI posee siete capas², y cada capa individualmente ofrece servicios a su capa inmediata superior. Los principios que guiaron el diseño de estas capas son:

- No crear tantas capas, de modo que la tarea de describir, trabajar e integrar éstas, no sea más dificultosa que lo necesario.
- Crear límites de capa en un punto donde la descripción de los servicios que presenta sea pequeña y el número de interacciones a través de la frontera sea la mínima.
- Crear capas separadas, para encargarse de funciones diferentes en el desempeño del proceso o en la tecnología involucrada.
- Reunir funciones similares dentro de una misma capa.
- Seleccionar los límites de las capas en el punto en el cual la experiencia obtenida ha demostrado ser exitosa.
- Crear una capa que posea funciones fácilmente localizables; permitiendo que puedan ser cambiadas tanto las funciones como los protocolos³ de la capa, sin interferir en el trabajo o en el desempeño de las otras capas, aprovechando de esta forma las nuevas tecnologías de *hardware* y/o *software* que surgieron, sin cambiar los servicios esperados.
- Crear una capa donde se necesite un nivel diferente de abstracción para la manipulación de datos; por ejemplo morfología, sintaxis, semántica.

² **Capa:** Agrupación de servicios, funciones y protocolos que es completa, y forma parte del proceso de comunicación entre sistemas computacionales.

³ **Protocolo:** Descripción formal de reglas, procedimientos y formatos, que dos o más máquinas deben seguir para intercambiar información.

- Crear además subgrupos y organizaciones de funciones para formar subcapas dentro de las capas, donde se requieran distintos servicios de comunicación.
- Permitir el paso por alto (salto) de subcapas no necesarias en el proceso, dependiendo del tipo de datos utilizados por el sistema y/o usuario.

Cada capa del modelo de referencia OSI aumenta un encabezado o cabecera (*header*) a la unidad de información. El *header* es una secuencia de bits utilizada para anunciar, sincronizar e identificar los datos del mensaje. Algunas capas aumentan también una cola (*trailer*) que puede ser usada para llevar información diferente a la contenida en la cabecera, códigos para control de errores y delimitadores de fin de mensaje.

Existen algunas ventajas en usar una arquitectura basada en una pila de capas, ya que las diferentes capas permiten que diversos computadores puedan comunicarse en diferentes niveles. Además, conforme ocurren cambios tecnológicos, es fácil modificar el protocolo de la capa sin modificar o alterar las otras capas. Pero la principal desventaja de la arquitectura de siete capas del modelo de referencia OSI es la gran cantidad de sobrecarga al agregar encabezados conforme la información va circulando por las distintas capas; es así que *"si se activan las siete capas, menos del 15% del mensaje transmitido será información de la fuente; el resto será sobrecarga."*^[C]

La comunicación entre dos capas similares no es directa, excepto la comunicación a nivel de la capa más baja del modelo OSI (capa física). La principal motivación para desarrollar el modelo de referencia OSI fue el proveer un marco genérico para el desarrollo de protocolos estándares.

2.2.1.1 Funciones de las capas del modelo de referencia OSI

El modelo de referencia OSI define el nombre y las funciones que cada capa debe desempeñar. Para estandarizar una capa se necesitan conocer tres aspectos principales que la definen, y que son:

a) Especificación del Protocolo

Dos entidades⁴ en una misma capa, pero en diferentes sistemas cooperan e interactúan por medio de un protocolo, ya que en dos sistemas abiertos (similares o diferentes), se necesita de un protocolo para especificar claramente el formato de las unidades de datos a ser intercambiadas, la semántica de campo (cabecera, información y/o cola) y las secuencias lícitas de las unidades de datos de protocolo (*PDU, Protocol Data Unit*).

b) Definición del servicio

Un servicio es una descripción funcional que define qué operaciones (primitivas) van a ser implementadas para satisfacer requerimientos de una capa superior, pero dicha descripción no define cómo van a ser implementados los servicios. Para definir un servicio se necesita:

- Un conjunto de parámetros para llevar información de control y datos.
- Un grupo de operaciones llamadas primitivas, las cuales especifican la función a ser implementada, y son puestas a disposición de las entidades para acceder al servicio.

Existen cuatro tipos de primitivas que son:

Solicitud (*Request*): Primitiva generada por el usuario, para invocar algún servicio. Además pasa los parámetros necesarios para la completa especificación del servicio requerido.

Indicación (*Indication*): Primitiva generada por el suministrador de servicios y puede indicar:

⁴ **Entidad:** *Hardware y/o software* encargado de realizar una función específica en una capa.

- Qué procedimientos han sido involucrados por una entidad; provee una asociación de parámetros entre el solicitante y el proveedor del servicio.
- Notificación a una entidad acerca de una acción.

Respuesta (*Response*): Primitiva generada por el usuario del servicio, que proporciona un acuse de recibo o completa algún procedimiento previamente pedido por una primitiva de indicación.

Confirmación (*Confirm*): Primitiva generada por el suministrador de servicios, que proporciona un acuse de recibo o completa algún procedimiento previo pedido por una primitiva de solicitud.

c) Direccionamiento

Cada capa provee servicios a entidades que se encuentran en la capa inmediatamente superior. Estos servicios están disponibles en los puntos de acceso al servicio (*SAP, Service Access Point*). Los SAP de una capa, como principal característica tienen una dirección única que los identifica.

2.1.1.2 Capas del modelo de referencia OSI

Los nombres de cada capa y los servicios básicos que proporcionan, descritos por el modelo de referencia OSI, son:

a.- Capa física

La capa física es el nivel más bajo de la jerarquía OSI y constituye el interfaz⁵ físico entre dispositivos de comunicación; establece las reglas con las que los

⁵ En general, en redes de computadores, un *interfaz* define cuáles operaciones y servicios primitivos ofrece la capa inferior a la superior. Un interfaz, en el sentido físico, es un dispositivo (*hardware, software* o ambos), que permite la comunicación o la operabilidad entre dos sistemas.

bits son pasados de una máquina a otra. Las principales características que especifica esta capa son:

- **Mecánica:** Relativa a las propiedades físicas del interfaz que será utilizado para enviar datos por un medio de transmisión; típicamente son especificaciones de tamaño y tipo de conector.
- **Eléctrica:** Relativa a la presentación de los bits (niveles de voltaje, impedancias de entrada y salida del interfaz), y a la velocidad de transmisión.
- **Funcional:** Indica las funciones desempeñadas por un circuito individual del interfaz físico entre el sistema y el medio de transmisión.
- **Procedural:** Especifica la secuencia de eventos por los cuales una corriente de bits es intercambiada a través del medio físico.

La unidad de información a nivel de capa física es el bit.

b.- Capa enlace de datos

La capa de enlace de datos es responsable de proveer una conexión lógica entre nodos o equipos adyacentes dentro de la red. La capa de enlace de datos proporciona un mecanismo para activar, mantener y desactivar la comunicación. Su unidad de información es la trama (*frame*). El principal servicio que ofrece esta capa a las capas superiores es la detección y corrección de errores; además permite un control de flujo mediante mecanismos de regulación de tráfico. Esta capa resuelve problemas tales como pérdidas, daños y duplicación de tramas.

c.- Capa red

La capa red proporciona un medio para transferir la información entre los nodos (o equipo de comunicación de terminales); por esta razón se dice que esta capa es la encargada de controlar el funcionamiento de la subred. Su unidad de

información es el paquete (*packet*). Realiza funciones de enrutamiento (búsqueda de la ruta), conmutación, control de flujo y recuperación de fallas. Esta capa debe resolver los problemas a presentarse para lograr que se interconecten redes heterogéneas.

La capa red, para establecer la ruta del origen al destino, puede crear dos tipos de circuitos⁶, los cuales son:

- Circuitos Virtuales Conmutados (*SVC, Switched Virtual Circuit*): En los cuales la red establece la ruta que cause menor retardo a la transferencia de paquetes. Durante toda la llamada se mantiene el circuito lógico, y cualquiera de las dos partes que se comunican puede liberar la llamada.
- Circuitos Virtuales Permanentes (*PVC, Permanent Virtual Circuit*): La conexión tiene siempre un único camino dedicado, el cual se mantiene durante toda la transmisión. La red dispone de una asociación fija entre dos estaciones mediante la asignación de un PVC.

d.- Capa transporte

La capa transporte controla la integridad de los datos de un extremo al otro de la red entre equipos terminales. Cumple funciones tales como segmentación de datos, reensamblaje y recuperación de errores que la capa inferior (la capa red) no pudo lograr. Su unidad de información es la unidad de datos del protocolo transporte (*TPDU, Transport Protocol Data Unit*). La capa transporte es la capa más alta en términos de comunicaciones, por lo que se encarga de establecer y liberar las conexiones en la red. Esta capa puede dar dos tipos de servicios:

- Servicio Orientado a Conexión: En el cual es necesario establecer una conexión, transferir unidades TPDU y liberar la conexión. Este servicio

⁶ Definiéndose como un *circuito* a la asignación de líneas (físicas o lógicas), las cuales permiten la comunicación entre los dos nodos, origen y destino.

proporciona un canal libre de errores tanto en secuencia como con respecto a duplicidad de unidades TPDU.

- **Servicio No Orientado a Conexión:** Cada mensaje es encaminado a través de la red de comunicaciones de manera independiente, por lo que existe un direccionamiento en cada unidad TPDU; por esta razón pueden existir errores en la secuencia de llegada de las unidades, y errores de duplicidad de las mismas.

Esta capa tiene la ventaja de multiplexar varias conexiones transporte en una misma conexión red, mejorando de este modo la utilización del canal. Pero también puede dividir una misma unidad TPDU para que pueda viajar por varias conexiones de red, asegurando de esta manera que unidades TPDU muy grandes puedan viajar a grandes velocidades comparadas con las que se tendrían si se utilizara una sola conexión red.

e.- Capa sesión

La capa sesión es responsable de la disponibilidad de la red, es decir, almacenamiento de la información en *buffers*⁷ y capacidad de procesamiento. Además provee procedimientos para el ingreso y el abandono de la red, así como verificación de la autenticidad del usuario. Su unidad de información es la unidad de datos del protocolo sesión (*SPDU, Session Protocol Data Unit*). Una sesión es una condición temporal que existe cuando los datos están en el proceso de ser transferidos. La capa sesión provee tres tipos de servicios, los cuales son:

- **Disciplina de diálogo:** Mecanismos para control del tipo de diálogo (*simplex*⁸, *duplex*⁹, o *full-duplex*¹⁰) entre aplicaciones en sistemas finales (comunicación de extremo a extremo).

⁷ *Buffer:* espacio de memoria temporal destinado a fines específicos.

⁸ *Simplex:* Tipo de comunicación que se da en un solo sentido.

⁹ *Dúplex:* Tipo de comunicación que se da en ambos sentidos pero no simultáneamente.

¹⁰ *Full Dúplex:* Tipo de comunicación que se da simultáneamente en ambos sentidos.

- Agrupamiento: un flujo de datos puede ser marcado y agrupado, definiendo de esta manera grupos de datos; este proceso es muy utilizado por el ahorro de tiempo debido al procesamiento más rápido de las unidades SPDU en la red.
- Recuperación: La capa sesión puede proveer puntos de chequeo; así, si ocurre una falla entre dichos puntos, una entidad en la capa sesión puede retransmitir otra vez las unidades SPDU.

f.- Capa presentación

La capa presentación es la encargada de cualquier conversión necesaria de código o sintaxis para presentar los datos a la red en un formato común para las comunicaciones. Su unidad de información es la unidad de datos del protocolo de presentación (*PPDU, Presentation Protocol Data Unit*); las funciones de presentación incluyen el formato de archivos de datos, codificación, encriptación y desencriptación de mensajes, procedimientos de diálogo, compresión de datos, sincronización, interrupción y terminación. La capa de presentación realiza una traslación del conjunto de códigos a caracteres y determina el mecanismo para el despliegado de los mensajes. Esta capa maneja estructuras abstractas, convierte datos del formato de presentación que se usan dentro del computador a la representación estándar de la red, y viceversa.

g.- Capa aplicación

Esta capa es la más alta de la jerarquía OSI. Su unidad de información es la unidad de datos del protocolo de aplicación (*APDU, Application Protocol Data Unit*). La capa aplicación controla la secuencia de actividades dentro de una aplicación y también la secuencia de eventos a darse entre la aplicación y el usuario de otra aplicación. La capa de aplicación se comunica directamente con el programa de aplicación del usuario.

2.1.1.3 Arquitectura OSI

Se denomina *arquitectura* al conjunto de capas y protocolos. Ya que el modelo de referencia no especifica el uso de protocolos particulares para cada capa, la ISO estableció un subcomité para desarrollar sus protocolos y obtener de esta manera una arquitectura completa; es así que el estándar final (ISO 7498) no fue publicado hasta el año de 1984. Estos estándares son parte de un programa internacional para desarrollar protocolos para redes de datos y otros estándares que facilitan la interoperabilidad de equipos de diferentes fabricantes. Una versión técnicamente compatible fue editada por el CCITT¹¹ por medio de la recomendación X.200.

a.- Protocolos para capa física y de enlace de datos

La arquitectura OSI soporta una gran cantidad de protocolos estándares de acceso a los medios de transmisión y de enlace de datos. Entre los principales se tiene IEEE¹² 802.2, IEEE 802.3, Token Ring, FDDI, y el X.25. Estos protocolos serán revisados posteriormente en el estudio detallado de los tipos de redes.

b.- Protocolos para capa red

Los protocolos más utilizados en esta capa son:

- ISO 8648: Este estándar define la organización interna de la capa red (*IONL, Internal Organization Network Layer*), la cual divide a la capa red en tres subcapas distintas para soportar diferentes tipos de subred.
- ISO 8348: Este estándar define el direccionamiento de la capa red y describe los servicios de PVC y SVC que ofrece la capa red de OSI.

¹¹ CCITT: Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía, ahora conocido como UIT, Unión Internacional de Telecomunicaciones.

¹² IEEE (*Institute of Electrical and Electronical Engineering*): el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, entidad colegiada de los Estados Unidos.

- ISO TR 9575: Este estándar describe la estructura, conceptos y terminología que se utilizan en relación con los protocolos de enrutamiento OSI.
- ISO 8473: Este estándar implementa el protocolo de red sin conexión (*CLNP, Connection-Less Network Protocol*). Este protocolo transporta datos e indicaciones de error de las capas superiores a través de enlaces sin conexión.
- ISO 8208: El protocolo de red orientado a conexión es implementado con este estándar (*CONP, Connection-Oriented Network Protocol*), y transporta datos e indicaciones de errores de las capas superiores a través de los enlaces orientados a conexión.

c.- Protocolos para capa transporte

La arquitectura OSI implementa dos tipos de servicios en la capa transporte: servicio de transporte orientado a conexión y servicio de transporte no orientado a conexión. Existen protocolos de la capa transporte orientados a conexión que van desde el protocolo de clase 0 hasta el protocolo de clase 4. El servicio no orientado a conexión está soportado por el protocolo de transporte de clase 4, funcionando este protocolo con un servicio de red tanto orientado como no orientado a la conexión [D].

- El protocolo de transporte clase 0 (*TPO, Transport Protocol 0*): Es el más sencillo de todos los protocolos de transporte, y desempeña las funciones de segmentación y reensamblado. Solo soporta servicio de red orientado a conexión.

El protocolo de transporte clase 1 (*TP1, Transport Protocol 1*): Lleva a cabo funciones tales como segmentación y reensamblaje, y ofrece recuperación básica de errores.

- El protocolo de transporte clase 2 (*TP2, Transport Protocol 2*): Desempeña funciones de segmentación y reensamblaje, así como el multiplexaje y demultiplexaje de las ráfagas de datos a través de un solo circuito.
- El protocolo de transporte clase 3 (*TP3, Transport Protocol 3*): Ofrece la función de recuperación básica de errores y lleva a cabo la segmentación y el reensamblaje; además multiplexa y demultiplexa ráfagas de datos a través de un solo circuito. El TP3 determina también la secuencia de unidades TPDU y las retransmite o reinicia la conexión si un número excesivo de éstas está sin confirmar.
- El protocolo de transporte clase 4 (*TP4, Transport Protocol 4*): Brinda la función de recuperación básica de errores, lleva a cabo la segmentación y el reensamblado, ofrece el multiplexaje y demultiplexaje de ráfagas de datos a través de un solo circuito. El TP4 da secuenciamiento de unidades TPDU y las retransmite o reinicia la conexión si un número excesivo de éstos no se confirma; al igual que TP3, TP4 ofrece servicio de transporte confiable y funciona como servicio de red orientado a conexión o no orientado a conexión, como se mencionó anteriormente. Está basado en el protocolo de control de transmisión (*TCP, Transmission Control Protocol*), del conjunto de protocolos TCP/IP [D].

d.- Protocolo de capa sesión

La implementación de la arquitectura OSI en la capa sesión consiste en un protocolo (ISO 8327) y un servicio de sesión (ISO 8326). El protocolo de sesión permite a los usuarios comunicarse con el servicio de sesión. ISO 8326 ofrece cuatro servicios básicos que son:

- Establecimiento y terminación de las conexiones entre usuarios; además, sincroniza el intercambio de datos entre ellos.

- Realización de diferentes negociaciones para el uso de claves que el usuario debe poseer para comenzar la comunicación.
- Inserción de puntos de sincronización en los datos transmitidos, que permiten que las sesiones sean recuperadas en el caso de que se presenten errores o interrupciones.
- Interrupción de una sesión en caso de que el usuario lo requiera, tal que éste continúe posteriormente a partir de un punto específico.

e.- Protocolos de capa presentación

La implementación de la arquitectura OSI en la capa presentación consiste en un protocolo de presentación (ISO 8823) y un servicio de presentación (ISO 8822). El protocolo de presentación permite a los usuarios comunicarse con el servicio de presentación. El servicio de presentación negocia la sintaxis de transferencia para llegar a un acuerdo y de esta manera traduce datos hacia y desde los usuarios; estos usuarios pueden manejar datos con sintaxis diferentes.

f.- Protocolos de capa aplicación

La arquitectura OSI para esta capa, consta de varias aplicaciones. Entre las principales se pueden mencionar:

- Protocolo común de administración de la información (*CMIP, Common Management Information Protocol*). Lleva a cabo funciones de administración de red; permite el intercambio de información de administración entre usuarios y las estaciones administradoras.
- Servidor de directorio (*DS, Directory Server*). Sirve como un directorio distribuido que se utiliza para la identificación y direccionamiento de nodos en las redes OSI.

- Transferencia de archivos, acceso y administración (*FTAM, File Transfer Access and Management*). Proporciona un servicio de transferencia de archivos y facilidades de acceso a archivos distribuidos¹³.
- Sistema de manejo de mensajes (*MMS, Management Messages System*). Representa un mecanismo de transporte para aplicaciones de mensajería electrónica y otras aplicaciones; funciona por medio de servicios de almacenamiento y reenvío.
- Protocolo de terminal virtual (*VTP, Virtual Terminal Protocol*). Proporciona una emulación de terminal que permite que el sistema de computación sea visto por un usuario remoto, como si fuera un terminal conectado directamente.

2.1.2 MODELO DE REFERENCIA TCP / IP

Su nombre proviene por la utilización del protocolo de control de transmisión (*TCP, Transmission Control Protocol*), y el protocolo de internet (*IP, Internet Protocol*).

Alrededor de 1980 y los años siguientes, muchos técnicos e investigadores afirmaban que el modelo OSI se impondría en el mercado, pero esta predicción nunca se realizó, ya que en la década a partir de 1990 el modelo TCP/IP llegó a ser el modelo estándar que dominó y domina hasta hoy las comunicaciones entre computadores.

Al igual que OSI, el modelo de referencia TCP/IP se basa también en una pila de capas, pero, a diferencia de OSI, el modelo TCP/IP sólo posee cuatro capas. Las principales razones por las que TCP/IP llegó a ser dominante con respecto a OSI son:

¹³ Un archivo distribuido es un archivo que se encuentra repartido en distintas máquinas, a fin de facilitar ciertas operaciones con él. De esta manera se garantiza rapidez en los procesos y respaldos de estos archivos.

- Los protocolos TCP/IP fueron específicos, y tuvieron un uso extensivo, previo al desarrollo de los protocolos estandarizados de la arquitectura OSI. Si bien la funcionalidad propuesta para los protocolos ISO/OSI es más amplia, los protocolos de TCP/IP tuvieron una mayor difusión gratuita principalmente en Internet, llegando inclusive a usarse en la actualidad en ambientes de redes aisladas (*intranets*). Por esta razón, la migración a la arquitectura OSI era muy costosa, ya que existían dispositivos que trabajaban con protocolos TCP/IP en toda la red.
- Los protocolos TCP/IP fueron inicialmente desarrollados como una investigación militar, esfuerzo financiado por el departamento de defensa (*DOD, Department Of Defense*) de los Estados Unidos; además, como el DOD era uno de los principales consumidores de *software* mundiales, su trabajo en conjunto con otras instituciones de investigación abrió un gran mercado, ayudando al desarrollo de productos basados en protocolos de la arquitectura TCP/IP.
- El crecimiento exponencial de la Internet y principalmente de la *World Wide Web*, la cual está basada en los protocolos TCP/IP.
- El modelo TCP/IP y por ende las redes de computadores que manejan estos protocolos fueron concebidas con la idea de sobrevivir a la pérdida de *hardware* sin que las comunicaciones existentes se perdieran; además, se necesitaba una arquitectura más flexible ya que las necesidades de las aplicaciones iban desde transferencia de archivos hasta transmisión en tiempo real.

Las capas del modelo TCP/IP son:

2.2.2.1 Capa de Interfaz de la red

El nivel inferior del modelo TCP/IP consta de un interfaz responsable de aceptar los datagramas¹⁴ enviados de la capa superior (capa inter-red o capa IP) y transmitirlos hacia una red específica. El interfaz puede consistir de un dispositivo controlador que se encargue de adaptar y transmitir los bits por el medio físico, o un subsistema de *software* y *hardware* muy complejo que utilice un protocolo específico de enlace de datos propio. Entre los principales protocolos que se manejan en esta capa están:

- Protocolo de resolución de direcciones, (*ARP, Address Resolution Protocol*). Es un protocolo de bajo nivel que posee dos funciones, la primera es transformar una dirección IP¹⁵ en una dirección física cuando se envía un datagrama y la segunda es responder a solicitudes de otras máquinas .
- Protocolo de resolución de direcciones reverso, (*RARP, Reverse Address Resolution Protocol*). En el arranque del sistema, una máquina que no posea disco permanente debe contactar a un servidor¹⁶ para encontrar su dirección IP, antes de que pueda comunicarse por medio de la pila de protocolos TCP/IP. La máquina envía mediante el protocolo RARP su identificación única del procesador y *hardware* físico, transmitiéndola hacia el servidor. Éste, al recibir el mensaje con esa información, busca la correspondencia en una tabla y responde a la máquina devolviéndole el mensaje con una dirección IP; la máquina guarda el mensaje y no vuelve a utilizar este protocolo hasta que se reinicializa todo el proceso

¹⁴ **Datagrama:** Es un paquete independiente de otros paquetes, que lleva información suficiente para ser direccionado de la máquina origen a una máquina destino sin el establecimiento previo de un servicio orientado a conexión entre las dos.

¹⁵ **Direcciones IP:** Referirse al Anexo A.

¹⁶ **Servidor:** Máquina o dispositivo que proporciona funciones esenciales para ofrecer servicios a los usuarios de la red y permite funciones de gestión a los administradores de la misma red. Se explica más adelante en el numeral 2.6.

- Protocolo de internet para línea en serie (*SLIP, Serial Line Internet Protocol*). Es uno de los protocolos más antiguos (1984). Su objetivo es el permitir enlazar estaciones de trabajo a Internet a través de una línea serial (estaciones asincrónicas¹⁷), usando un *modem*.
- Protocolo punto a punto (*PPP, Point to Point Protocol*). Este protocolo provee un método estándar para transportar datagramas multiprotocolo sobre enlaces punto a punto. Comprende tres componentes principales:
 - Un método para encapsular tramas multiprotocolo.
 - Un protocolo de control del enlace para configurar, establecer y probar la conexión de dicho enlace.
 - Una familia de protocolos de control de red para establecer y configurar diferentes protocolos de la capa inter-red.

Por sus características principales como son simplicidad, transparencia, eficiente uso del ancho de banda, y detección de errores, este protocolo es uno de los más utilizados en la actualidad.

2.2.2.2 Capa Internet

Esta capa es también llamada inter-red, y es la columna vertebral que mantiene toda la arquitectura TCP/IP junta. La capa *internet* define un formato de datagrama y protocolo específico llamado protocolo de internet (*IP, Internet Protocol*)¹⁸. Esta capa ofrece un servicio no orientado a conexión, por lo que cada datagrama es enrutado independientemente. Además, el protocolo IP no garantiza la entrega y/o la secuencia de llegada de los datagramas. La principal

¹⁷ Las estaciones asincrónicas y la transmisión involucrada con las mismas, implica que las estaciones puedan transmitir a cualquier tiempo y finalizar del mismo modo. En los aspectos de comunicación, hay que notar que existe sincronismo entre el receptor y el emisor una vez iniciada la transmisión.

¹⁸ Actualmente se utiliza la versión 4 del protocolo IP (IPv4), pero se ha desarrollado una versión superior (IPv6, IP versión 6), cuyo detalle se muestra en el Anexo D.

misión de esta capa es permitir que los nodos inyecten datagramas a cualquier red y lo hagan en forma independiente a su destino; de esta forma el destino puede ser alcanzado directamente o puede estar en una red diferente a la de llegada, con el propósito de ser alcanzada utilizando un algoritmo de enrutamiento.

En esta capa además de manejarse el protocolo IP, se usan otros protocolos como son:

- Protocolo de control de mensajes de *internet* (*ICMP, Internet Control Message Protocol*); este protocolo informa de algunos sucesos tales como cuando el destino no puede ser alcanzado, errores en la cabecera del datagrama, tiempo de vida del datagrama excedido. Además existen otros mecanismos para probar la *internet* y su direccionamiento.
- Protocolo de Información de Enrutamiento^[E] (*RIP, Routing Information Protocol*) describe cómo los ruteadores intercambiarán la información, basados en los datos de las tablas de ruteo, usando un algoritmo de vector distancia¹⁹. Con el protocolo RIP los ruteadores vecinos intercambian periódicamente sus tablas enteras de ruteo cada 30 [s] y declara una ruta como inválida a un ruteador vecino, si éste no ha enviado mensajes de actualización de su tabla durante 90 [s]. RIP utiliza una métrica basada en saltos, con un límite de 16. Desafortunadamente, RIP es ineficiente en Internet debido a su rápido crecimiento lo que hace que el límite de 16 saltos sea pequeño en comparación a la posible cantidad de saltos a darse en una comunicación en Internet.
- El protocolo de enrutamiento de pasarela interior (*IGRP, Interior Gateway Routing Protocol*) está basado en el algoritmo de vector distancia. IGRP para la creación de las tablas de ruteo utiliza como criterio de decisión la

¹⁹ **Algoritmo vector distancia.** Algoritmo en el cual cada ruteador mantiene la información de ruteo en su tabla de enrutamiento, la cual asocia a cada posible destino en la red de comunicaciones una línea de salida y una distancia hacia ese destino. La distancia es la métrica a usarse y se la mide típicamente en saltos o en retardos de un punto a otro dentro de la red.

combinación de métricas: retardo de propagación, ancho de banda, confiabilidad, carga del enlace. IGRP permite asignar múltiples rutas hacia un mismo destino, de esta manera si la primera ruta (ruta principal) no está disponible, se usará una de las alternativas. Cada 90[s] los ruteadores intercambian sus tablas de ruteo, y el tiempo de espera de un ruteador para declarar una ruta como inválida es 270 [s]^[E].

- Protocolo abierto de la primera ruta más corta (*OSPF, Open Shortest Path First*) es un protocolo de enrutamiento encargado de distribuir información dentro de cada área, basado en el algoritmo de estados enlace²⁰. OSPF es un protocolo que asegura una convergencia más rápida que RIP, requiere menos ancho de banda y trabaja con redes más grandes. Cada ruteador dentro de un área, periódicamente, envía en forma de *broadcast* el estado de sus enlaces. El estado de los enlaces es también enviado cuando surgen cambios imprevistos en un enlace. OSPF describe mecanismos para descubrir nuevos ruteadores e intercambiar información del estado de sus enlaces.
- El Protocolo de pasarela de contorno (*BGP, Border Gateway Protocol*), es un protocolo que surgió a partir de las limitaciones de OSPF, ya que dicho protocolo sólo permite intercambiar información de ruteo en su área, el protocolo de pasarela de contorno puede intercambiar información de ruteo entre ruteadores que se encuentran en áreas distintas. BGP utiliza el algoritmo de vector distancia, almacenando rutas completas hacia los destinos; es decir, contiene todos los ruteadores por los cuales deben circular los paquetes y no únicamente el ruteador del siguiente salto. BGP soporta ruteo basado en políticas tales como: asuntos políticos, legales, económicos, de seguridad, etc.

²⁰ **Algoritmo de estado de enlace.** Algoritmo en el cual un conjunto de redes físicas es dividido en un cierto número de áreas. Dentro de cada área un ruteador aprende cuáles son sus vecinos y estima el costo del enlace con cada uno de ellos. El costo de un enlace puede utilizar diferentes métricas (tipo de servicio, distancia física, ancho de banda), así, este ruteador crea un paquete y lo envía a todos sus vecinos; de esta manera cada ruteador conoce la topología de la red dentro de su área y puede encaminar los paquetes que le llegan de mejor manera, dependiendo del tipo de métrica que se utilice.

2.2.2.3 Capa Transporte

Permite que entidades de niveles iguales en máquinas de origen y destino lleven a cabo el proceso de comunicación. Para este proceso, la capa transporte define dos protocolos que son:

- Protocolo de control de transmisión (*TCP, Transmission Control Protocol*). Este protocolo ofrece servicios orientados a conexión (conociéndose a este proceso como entrega de flujo confiable), por lo que posee mecanismos para garantizar que los datos que viajen desde la máquina origen a la máquina destino, estén libres de error, completos y en secuencia. TCP proporciona una conexión tipo *full duplex* entre dos máquinas, lo que le permite intercambiar grandes cantidades de datos de manera eficaz. Además, por poseer un control de flujo, permite al sistema contar con una amplia variedad de velocidades para la comunicación. Maneja unidades de información llamadas segmentos, las cuales son utilizadas para transferir datos o información de control. Este formato de segmentos permite incorporar un acuse de recibo para datos que fluyan en una dirección, incluyéndolos en el encabezado del segmento de datos o control de la información que viaje en el sentido opuesto. Aunque parecería que el protocolo TCP es una parte del grupo de protocolos TCP/IP no es así: TCP es un protocolo independiente de propósitos generales, que se puede adaptar para utilizarlo con otros sistemas de entrega.
- Protocolo de datagrama de usuario, (*UDP, User Datagram Protocol*). El protocolo de datagramas de usuario proporciona un servicio de entrega sin conexión y no confiable, por lo cual los datagramas se pueden perder, duplicar retrasar, y/o entregar en desorden, utilizando el protocolo de *internet* (IP) para transportar mensajes entre máquinas. Emplea el protocolo IP para llevar mensajes, pero agrega la capacidad para distinguir o discriminar la dirección IP de destino. Aunque conceptualmente la capa transporte debería ser independiente de la capa de *internet*, en la práctica interactúan estrechamente, por lo que el *software* del protocolo UDP debe

interactuar con el *software* del protocolo IP para encontrar direcciones IP antes de enviar los datagramas.

2.2.2.4 Capa Aplicación

Esta capa es la que presta servicios reales al usuario, ya que todas las capas anteriores cumplen con la función de proporcionar un transporte rápido y/o confiable de la información. Además de protocolos comúnmente utilizados, esta capa proporciona apoyo a las aplicaciones reales implementadas. Entre los principales sistemas de apoyo se tiene:

- Sistema de nombres de dominio (*DNS, Domain Name System*). En esencia, el DNS es un esquema jerárquico de nombres conocido como *nombre de dominio*²¹. Además, el DNS determina dos aspectos: el primero especifica la sintaxis del nombre y las reglas para delegar la autoridad respecto a los nombres; y el segundo especifica la implementación de un sistema de computación distribuido que transforma eficientemente los nombres en direcciones. La manera que trabaja el DNS es la siguiente: para relacionar un nombre de dominio con una dirección IP, el dispositivo invoca a un *software* de aplicación o procedimiento conocido como *resolver* o *name resolver* (solucionador o solucionador de nombres); el *resolver* utiliza el nombre como parámetro y envía un datagrama a un servidor DNS local, el cual busca el nombre en su tabla de datos y devuelve la dirección IP de la máquina poseedora de ese nombre de dominio. Si el servidor DNS local no posee en su tabla de datos el nombre de dominio, este servidor local envía el datagrama a un servidor DNS de nivel superior, ya que los servidores DNS forman una topología de árbol centralizada, que asegura que si el nombre de dominio es válido, algún servidor DNS posee en su tabla la traducción de nombre de dominio a dirección IP. Con la dirección IP

²¹ **Nombre de dominio:** Una secuencia de nombres separados por un caracter delimitador (el punto). A cada nombre se lo conoce como etiqueta, y cada etiqueta no puede superar los 63 caracteres y en total, el nombre no puede superar los 255 caracteres.

finalmente obtenida, el programa puede ya establecer una conexión TCP o UDP.

- Protocolo sencillo de administración de redes (*SNMP, Simple Network Management Protocol*). Para el proceso de administración, es necesario tomar en cuenta cuatro componentes indispensables que conforman una red. Estos elementos son los siguientes:
 - a) Estaciones a ser administradas. Son dispositivos capaces de comunicar información de su estado. Estos pueden ser servidores, enrutadores, impresoras, estaciones de trabajo. Es necesario mencionar que para que estos dispositivos puedan ser administrados deben ser capaces de ejecutar un proceso de administración, el cual es llamado agente SNMP²².
 - b) Estaciones administradoras. Son estaciones que cumplen la función de administrar la red: son computadores de propósito general que ejecutan un *software* de administración. Una estación administradora envía comandos a las estaciones a ser administradas activando el agente SNMP y recibe respuestas de la base de datos del agente SNMP.
 - c) Información de administración. El conjunto total de todas las posibles variables que pueden ser administradas dentro de una red se conoce como base de información de administración (*MIB, Management Information Base*); en ella consta toda la información pertinente, como por ejemplo: estado de los dispositivos, volumen de paquetes procesados, cuenta de errores, tablas de enrutamiento, etc.
 - d) Protocolo de administración. Para que la estación administradora interactúe con el agente SNMP a través de la red se necesita del

²² **Agente SNMP:** *Software* para administración de dispositivos residente en las estaciones de trabajo, el cual mantiene una base de datos local de objetos (variables que pueden ser administradas) que describen el estado del dispositivo.

protocolo SNMP, el cual es el encargado de manejar la sintaxis, normas y los estándares para hacer el intercambio de información posible entre dos dispositivos que manejan la pila de protocolos TCP/IP.

- Seguridad en redes mediante el sistema Kerberos²³, para autenticación de usuarios de la red y autorización para el acceso. De esta manera desempeña funciones de control para usuarios que manejan aplicaciones que necesitan el protocolo UDP y verifica datos para aplicaciones de TCP. Kerberos es un sistema de seguridad que se basa en la encriptación²⁴.

Entre las principales aplicaciones que presenta TCP/IP para el usuario se tiene:

- Acceso Remoto (*TELNET, Terminal Access*). TELNET permite el acceso a una máquina remota y el establecimiento de una comunicación entre las máquinas como si éstas estuvieran conectadas directamente, haciendo uso del protocolo TCP. Además, TELNET, al simular una comunicación directa, permite transportar la información de salida de la máquina remota a la máquina del usuario de manera transparente. Esta aplicación ofrece tres servicios: el primero se define como un terminal virtual de red, el cual proporciona un interfaz estándar para los caracteres y funciones de las teclas para los sistemas remotos. El segundo servicio es un mecanismo que permite al usuario y al servidor negociar opciones como velocidad de transmisión y tipo de conexión, y el tercer servicio maneja ambos extremos de la conexión de manera simétrica con respecto al procesamiento de opciones: de esta manera se permite a los usuarios y servidores reconfigurar parámetros que controlan su interacción.
- Protocolo trivial de transferencia de archivos (*TFTP, Trivial File Transfer Protocol*), diseñado para interacción de poca complejidad entre el cliente y el servidor. No requiere autenticación, esto es, no se le "exige" al cliente

²³ **Kerberos:** Sistema de seguridad basado en el protocolo de validación de identificación del mismo nombre.

²⁴ **Encriptación:** Proceso por el cual la información se traslada a otra forma de expresión mediante el uso de códigos especiales, los cuales hacen ininteligible el mensaje a quien no posea la equivalencia entre los códigos. Se usa como sinónimo el término encriptación.

enviar información de código y palabra clave del usuario. Utiliza los servicios provistos por UDP, usando mecanismos de retransmisión para asegurar la llegada de los datos.

- Protocolo de transferencia de archivos (*FTP, File Transfer Protocol*). Este protocolo es usado para mover archivos entre dispositivos. El protocolo provee algunos servicios para trabajar con sistemas de archivos remotos tales como transferencia completa de los archivos, administración remota de archivos para poder copiar, borrar, modificar, cambiar de directorios o enlistar los contenidos de los mismos. Pero para poder establecer una conexión FTP es necesario que el usuario dé algunos datos como su nombre, clave (*password*) y nombre de los archivos a ser transmitidos; con estos datos el *software* del sistema verifica si el usuario posee acceso para manipular los archivos y transmitirlos.

- Protocolo simple de transferencia de correo (*SMTP, Simple Mail Transfer Protocol*). Este protocolo establece un estándar (especifica el formato exacto de los mensajes) para el intercambio de correo entre máquinas. El protocolo SMTP no especifica el interfaz final de usuario, la forma de almacenamiento o frecuencia con que el sistema trata de enviar mensajes. El intercambio de correo comienza con un comando *mail* que proporciona la identificación del emisor, luego el emisor emite una serie de comandos que identifican los lugares donde almacenar el correo. Los receptores deben enviar un acuse de recibo por cada comando enviado. Después de que todos los comandos han sido reconocidos, el emisor emite un comando *data*, el cual informa al receptor que el emisor está listo para transferir un mensaje de correo completo. El receptor contesta y envía una secuencia de cinco caracteres utilizada para finalizar el mensaje de correo.

- *BOOTP*. Corresponde a una alternativa al protocolo RARP, y permite solicitar la dirección IP en otras redes. Puesto que se utiliza UDP y no se conocen las direcciones IP del cliente y tampoco del servidor, en su reemplazo se coloca una dirección de *broadcast*, para que todos los *hosts*

de la red estén en capacidad de recibir el requerimiento y la respuesta. Los enrutadores pueden ser programados para que permitan el paso de este tipo de paquetes.

- *World Wide Web (WWW)*. Es una de las aplicaciones más utilizadas por los usuarios de la Internet, permitiendo acceder a documentos vinculados o enlazados, distribuidos en miles de servidores de la red de redes. Su enorme popularidad se debe a que posee una interfaz gráfica fácil de usar. Las páginas siguen básicamente un sistema cliente-servidor y utiliza un lenguaje especial de programación que es el HTML, el cual corre sobre una interfaz gráfica y de esta forma brinda gran comodidad tanto al usuario como al programador, para desarrollar sus aplicaciones.

2. 3 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES DE COMPUTADORES

Dado que las redes de computadores implican el uso de distintas tecnologías, medios de transmisión, etc. para lograr la comunicación y/o compartición de recursos entre diversas máquinas, áreas de trabajo y usuarios en general, se han detallado dos grandes esquemas de clasificación:

2. 3. 1 DE ACUERDO A LA TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN

De acuerdo a la tecnología de transmisión, se tienen dos tipos de redes:

- **Redes de difusión.**- En este tipo de redes, todas las máquinas miembros de la red comparten un solo canal de comunicación, enviándose la información a una máquina específica por medio de un campo de dirección incluido en el mensaje, proceso conocido como *unicast*. Direcciones especiales en el campo de dirección del mensaje, pueden permitir que éste sea leído por todos los computadores de la red, denominándose a este proceso difusión (*broadcasting*); o permitir la transmisión del mensaje a un subconjunto de máquinas, proceso conocido como multidifusión (*multicasting*).

- **Redes punto a punto.**- En una red punto a punto las máquinas están conectadas en pares individuales por medio de múltiples conexiones. Esto implica que las rutas a seguir para el establecimiento de la comunicación y transferencia de información entre dos máquinas, no serán las mismas, debido a la existencia de máquinas intermedias.

2.3.2 DE ACUERDO A LA COBERTURA DE LAS REDES

De acuerdo a la cobertura (número de equipos, cobertura geográfica, distancias máximas entre los equipos), se clasifican en redes de área local (*LAN, Local Area Networks*), redes de área metropolitana (*MAN, Metropolitan Area Networks*), y redes de área extendida (*WAN, Wide Area Networks*). Dado que esta clasificación incluye muchas consideraciones y sub-clasificaciones para su análisis, se ampliará a continuación el estudio de dichas redes.

2.3.3 REDES DE ÁREA LOCAL (*LAN - Local Area Networks*)

Las principales características que describen una red de área local son:

- Las conexiones entre estaciones de trabajo suelen tener longitudes de algunos metros y de esta manera toda la red posee algunos kilómetros.
- Poseen una alta capacidad de transmisión de datos; estas velocidades están comprendidas entre algunos megabits por segundo hasta gigabits por segundo.
- Alta confiabilidad. La tasa de error en una red de área local suele ser considerablemente menor a las tasas de error de otras redes, tanto en servicio conmutado como dedicado.

2.3.3.1 Componentes de una red de área local

Los componentes principales de una red de área local son:

- a) Servidores: Computadores de gran capacidad de procesamiento de datos y almacenamiento de información; en éstos se encuentran los programas, bases de datos, datos a ser compartidos etc.
- b) Columna vertebral (*Backbone*). Segmento de la red donde están conectados los principales computadores y servidores; este medio debe garantizar un ancho de banda mínimo para lograr la comunicación. Dependiendo del medio físico (alámbrico o inalámbrico) que se utilice y los diversos dispositivos asociados con él, se dispondrán de distintos anchos de banda en la red o en segmentos de la misma. A nivel físico, entre los principales tipos de cables utilizados como medio alámbrico para lograr este propósito, se tienen los siguientes²⁵:

- Cable coaxial de banda base^[A]

Este 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 [Ω] de impedancia característica²⁶ 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 repetidores²⁷. Con distancias menores se puede aumentar la velocidad de transmisión.

²⁵ Al referirse al cableado de *backbone*, se consideran principalmente medios alámbricos. Los medios inalámbricos, son tratados en la sección correspondiente a las redes LAN inalámbricas.

²⁶ **Impedancia característica:** se define como la impedancia que se ve desde el largo finito de una línea cuya carga es una impedancia tal que se produzca la máxima transferencia de potencia. También es afín la definición ideal como la impedancia que se ve en una línea infinitamente larga.

²⁷ Las distancias de alcance máximo de transmisión se establecen en general para los casos que no se hace uso de repetidores. Salvo donde se especifique lo contrario, las distancias máximas de transmisión se tomarán en dicho sentido.

- Cable coaxial de banda ancha^[A]

Posee una impedancia característica de 75 [Ω] 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 los 100 [km]. Normalmente los sistemas de banda ancha se dividen en varios canales; cada uno de éstos se emplea para el envío y recepción de señales. Existen dos tipos de sistemas de banda ancha, los de cable sencillo y los de cable dual (dos cables idénticos llamados núcleos que van uno junto al otro con una sola cubierta).

- Par trenzado

Es el medio de transmisión 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 como una antena. Su aplicación principal es en el sistema telefónico; los pares trenzados se pueden utilizar tanto para transmisión analógica como digital, y su ancho de banda depende del calibre del conductor, 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 delicada. Cuatro de estos pares se agrupan, con una cubierta de plástico o de un material de fluoropolímero (material que no produce humo y no 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]^[F].

El par trenzado UTP categoría 4, tiene un ancho de banda de 20 [MHz], y posee también cuatro pares por cable.

Alrededor de 1988, se introdujeron pares trenzados más avanzados, como es el caso del cable UTP categoría 5, que posee más vueltas por centímetro y cubierta de teflón y permite señales de mejor calidad a más largas distancias. Este cable se utiliza para aplicaciones que necesitan 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.

Otra variación de los pares trenzados es el denominado par trenzado blindado (*STP, Shielded Twisted Pair*); su diferencia con el UTP consiste en que sólo existen dos pares trenzados con aislamiento independiente entre pares, lo que mejora su desempeño y se pueden alcanzar mayores velocidades y distancias más largas.

- Fibra óptica^[A]

Un sistema de transmisión óptica, envía la información mediante pulsos de luz. Este sistema posee tres componentes: el primero es el medio de transmisión, que es una fibra ultra delgada de vidrio o silicio fundido. El segundo es una fuente de luz que puede ser un diodo emisor de luz (*LED, Light Emitting Diode*) o un diodo láser; éstos tienen la propiedad de emitir pulsos de luz cuando se le aplica corriente eléctrica. El tercer elemento es un fotodiodo detector, que posee la propiedad de emitir un pulso eléctrico al recibir un haz de luz.

El ancho de banda asequible para fibras excede los 50 000 [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 1[Gbps]; aunque estas velocidades están aumentando rápidamente. Es así como AT&T

pudo transmitir datos a una velocidad de 3.5 [Gbps] a una distancia de 318 [km] sin repetidores^[F].

La luz puede propagarse de dos maneras: la primera es que por el interior de la fibra, la luz viaje 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 la que la luz viaja en línea recta, sin rebotar en las paredes; a este tipo de fibra se la conoce como monomodo.

c) Concentradores

Cuando en la red de computadores se utiliza cable UTP o STP, se necesitan elementos concentradores del cableado, los cuales sirven para la interconexión de los dispositivos; ayudan a una mejor administración de las conexiones y facilitan la incorporación de nuevos usuarios, así como también la identificación de fallas.

d) Estaciones de trabajo

Son computadores que hacen uso de los servicios y facilidades que presenta la red, como son las aplicaciones en general.

e) Tarjetas adaptadoras de red

Independientemente del tipo de cable que se utilice en la red, los computadores se conectan por medio de una tarjeta de red (*NIC, Network Interface Card*), la cual realiza fundamentalmente dos funciones: la primera es convertir las señales binarias que maneja el computador en señales que puedan ser transmitidas por el cable y la segunda, es ejecutar el *software* para indicar al computador (capas superiores) cómo hacer uso del cable (capa física).

f) Cableado estructurado

Un sistema de cableado estructurado se define como el cableado de un edificio o grupo de edificios, que ofrece mayores niveles de rendimiento y dá a su vez amplias facilidades de supervisión de la red, diagnóstico, detección de fallas del sistema en general, ampliación de la capacidad instalada y toda una serie de actividades necesarias para el control y mejor utilización de sistemas integrados, manejando una misma infraestructura que integre datos, voz, vídeo, audio y control²⁸.

g) *Hardware* a ser compartido

Se refiere a los equipos que van a ser compartidos por los usuarios de la red. Dentro de los más comunes se tienen las impresoras, *plotters*, *scanners*, entre otros; los cuales pueden estar a disposición directa del usuario por medio de una tarjeta adaptadora de red, o conectados a un servidor.

h) Elementos de *software*

Los elementos principales de *software* existentes en una red de computadores son tres. El primero es el sistema operativo de red, ejecutado tanto por servidores como por equipos terminales, controlando todos los recursos del sistema, así como el procesamiento de los datos en toda la red. El segundo es el *redirector* o *shell*, sistema que opera en las estaciones de trabajo, administra los requerimientos de los computadores y dirige las solicitudes a los servidores respectivos. El tercero son los manejadores (*drivers*) de las tarjetas, que son los archivos de *software* que hacen posible la configuración y uso eficiente de los dispositivos de la red.

²⁸ Si bien un sistema de cableado estructurado permite las facilidades para la transmisión de los servicios mencionados, el cableado puede llevarlos ya sea en una misma subred (si el cableado es para soporte de una red de computadores con múltiples aplicaciones), o en diferentes (teniendo subredes independientes para entregar servicios individualmente).

2.3.3.2 Estándares 802 para LANs

El IEEE expresa: " *La IEEE LAN es una red de comunicaciones punto a punto con compartición del medio, que difunde la información por todas las estaciones unidas a dicho medio. Las redes LAN habilitan estaciones para comunicarse directamente usando un medio físico común en un enlace punto a punto sin necesidad de un nodo de enrutamiento intermedio.*"^[9] El estándar IEEE 802 normaliza funciones correspondientes a la capa física del modelo OSI de la ISO, incluyendo entre otras, a funciones como:

- Codificación y decodificación de señales.
- Generación de un preámbulo para sincronización en el emisor, y su correspondiente retiro en el receptor.
- Transmisión y recepción de bits.
- Especificaciones de medio y topología.

Al incluir estas funciones adicionales se nota que no corresponden totalmente a la capa física del modelo OSI; además el modelo OSI por estar orientado a conexión, es incompatible o limita el alcance y la potencialidad de las redes locales que son mayormente redes de difusión; por esta razón los esfuerzos del IEEE han puesto énfasis en conseguir, dentro de lo posible, la compatibilidad con los estándares y el modelo OSI. De esta manera la capa de enlace de datos se ha subdividido en dos: una subcapa encargada del control de acceso al medio (*MAC, Medium Access Control*) y otra que se encarga de control lógico del enlace (*LLC, Logical Link Control*). Esta subdivisión de la capa de enlace de datos tiene algunas características como controlar el acceso a un canal compartido por varios dispositivos autónomos, ofreciendo además un esquema descentralizado que disminuye la susceptibilidad a errores de la red.

El cuadro 2.1 muestra la relación entre el modelo OSI y los estándares 802.

Capa de enlace de Datos	LLC	IEEE 802.2				
		<ul style="list-style-type: none"> - Interfaz común entre capas superiores y subcapa MAC. -Direccionamiento lógico. - Control de errores. - Control de flujo. 				
Capa Física	MAC		CSMA/CD		Token Bus	
	IEEE 802.3	<ul style="list-style-type: none"> • Coaxial de banda base. • UTP cat. 3 y 5. • STP. • Coaxial de banda ancha, 10 Mbps. • Fibra óptica, 10 Mbps. 	IEEE 802.4	<ul style="list-style-type: none"> • Coaxial banda ancha: 1, 5, 10 Mbps. • Coaxial de banda portadora 1, 5, 10 Mbps.²⁹ • Fibra Optica 5, 10, 20 Mbps. 	IEEE 802.5	<ul style="list-style-type: none"> • STP 4, 16 Mbps. • UTP 4 Mbps.

Cuadro 2.1 Relación entre el modelo OSI y los estándares 802.2^[F]

2.3.3.3 Técnicas de acceso al medio

Las técnicas o métodos de acceso al medio son reglas definidas que determinan cómo accede cada estación al medio de transmisión dentro de un tipo específico de red; es decir, define los métodos de acceso de los terminales hacia los recursos de red, por medio del acceso al medio físico de comunicación.

²⁹ Se define a un cable de banda portadora como aquel cable en el que el ancho de banda entero del mismo es dedicado a un único camino de transmisión para señales análogas, no siendo posible la multiplexación por división de frecuencia.

a) CSMA/CD

La técnica para acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones (*CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*), es una de las técnicas más utilizadas para el control de acceso a una red de área local que tiene topología tipo bus, y puede ser clasificada como un sistema sin prioridad y con escucha de portadora. Cuando una estación requiere transmitir, censa el estado del medio (cable). Si el medio está ocupado (contiene una portadora), la estación espera hasta que éste se desocupe; de otra manera transmite de inmediato. Si dos o más estaciones comienzan a transmitir simultáneamente por un cable inactivo, se dirá entonces que ocurre una colisión. Todas las estaciones cuyos mensajes colisionaron, terminan su transmisión en ese momento, y esperan un tiempo aleatorio (el cual es diferente para cada estación), luego del cual repiten de nuevo el proceso para poder comunicarse.

b) *Token passing*

Esta técnica de acceso al medio es utilizada principalmente por redes con topología en anillo, en las cuales se elimina el problema de las colisiones. *Token passing*, o paso de testigo es una técnica en la cual una estación de trabajo debe estar en posesión del testigo³⁰. Dicho testigo es pasado de nodo a nodo dentro de la red, en un solo sentido de circulación. El testigo se pasa alrededor de la red y lo adquiere la estación que lo necesite para la transmisión; si un nodo necesita transmitir, adquiere el *token* e inserta información en él. Cada nodo puede poseer el testigo un cierto tiempo antes de ponerlo de vuelta en la red y hacerlo circular, en caso de que no desee transmitir información alguna. Este tipo de acceso es determinístico, permitiendo el cálculo del máximo retraso o intervalo de tiempo entre las transmisiones de los nodos.

³⁰ **Testigo:** Trama especial que da derecho de transmisión por el medio físico al computador que la posee.

c) *Polling selecting*

La técnica de *polling selecting* o demanda por prioridad es un método de acceso relativamente nuevo, en el cual se cede la gestión de la red a un nodo o concentrador central, en lugar de confiar en que cada estación de trabajo individual intente acceder a la red con la espera del paso de un testigo o algún sistema similar. Las estaciones de trabajo piden permiso para transmitir los datos, y el nodo central permite, en función de las prioridades, la transmisión de los datos con más alta prioridad.

2.3.3.4 Redes LAN con estándar IEEE 802.3

El estándar IEEE 802.3 define un conjunto de capas físicas utilizables^[F]. Cada tipo de red dentro de este estándar posee su propio nombre, el cual resume sus principales características. La notación utilizada para nominar a las distintas redes del estándar es la siguiente:

<velocidad de transmisión en Mbps> <método de señalización (codificación en banda base o con modulación)> <longitud máxima del segmento en múltiplos de cien metros>

a) 10 Base 5^[F]

- Velocidad de 10 [Mbps].
- Utiliza un cable coaxial grueso de banda base con un diámetro de 10 [mm], y de 50 [Ω] de impedancia característica, con marcas cada 2.5 metros para indicar los puntos de las derivaciones.
- Presenta una topología tipo bus.

- La señal se transmite en banda base con codificación tipo Manchester³¹.
- La longitud máxima del cable por segmento es de 500 [m].
- Utiliza *transceivers*³² para acoplar la señal digital al medio de transmisión.
- Distancia mínima entre *transceivers* 2.5 [m].
- Número máximo de *transceivers* por segmento es 100.
- Número máximo de segmentos sin enlaces inter-repetidores³³ es 2. Con enlaces inter-repetidores: 5.
- Longitud efectiva de la red 2.5 [km].

b) 10 Base 2^[F]

Se lo conoce también como *Ethernet* delgado, y sus características son:

- Velocidad de transmisión 10 [Mbps].
- Utiliza un cable coaxial delgado de banda base con un diámetro de 6.35 [mm] y de 50 [Ω] de impedancia característica.
- Presenta una topología tipo bus.
- La señal se transmite en banda base con un codificación tipo Manchester.

³¹ **Codificación Manchester:** Código de línea donde cada período de bit se divide en dos intervalos iguales, un 1 bit se transmite con un voltaje alto durante el primer intervalo y bajo durante el segundo intervalo y el 0 bit con el primer intervalo en bajo y el segundo en alto. El nivel alto es +0.85 [V] y el nivel bajo es -0.85 [V].

³² **Transceiver:** Elemento que se utiliza para detección de portadora y detección de colisiones.

³³ **Enlace inter-repetidor:** un segmento de cable (dependiendo del tipo de red, este cable es de las mismas características que especifica su estándar) sin estaciones de trabajo conectadas.

- La longitud máxima del cable por segmento es de 185 [m].
- Utiliza conectores BNC estándar para crear uniones en forma de T.
- Distancia mínima entre *transceivers* 0.5 [m].
- Número máximo de nodos por segmento 30.
- Número máximo de segmentos sin enlaces inter-repetidores 2. Con enlaces inter-repetidores 5.
- Longitud efectiva de la red 925 [m].

Ya que las redes 10 Base 5 y 10 Base 2 poseen la misma velocidad, es posible combinar segmentos de 10 Base 5 con segmentos de 10 Base 2 en la misma red, con un repetidor que posee una entrada para 10 base 5 a un lado y 10 Base 2 al otro. La única restricción es que un segmento de 10 base 2 no debe ser usado como puente o enlace inter-repetidor de 10 base 5, porque se presentarían problemas de atenuación y ruido.

c) 10 Base T^[F]

- Velocidad de transmisión 10 [Mbps].
- Utiliza cable UTP con un diámetro de 0.4 - 0.6 [mm] por hilo.
- Presenta una topología tipo estrella.
- La señal se transmite en banda base con codificación tipo Manchester.
- Las estaciones de trabajo se unen a un concentrador de cableado (*HUB*) por medio de conectores RJ45.

- La distancia máxima entre estación de trabajo y *HUB* es de 100 [m].
- Distancia mínima entre *HUB* y estación de trabajo es 0.6 [m].
- El número de estaciones de trabajo dependerá de los puertos del *HUB*, pero se puede tener un máximo de 1024 estaciones a través de conexiones de *HUB* en cascada.
- Entre 2 estaciones no pueden existir más de 5 *HUBs*.

d) 10 Broad 36^[F]

- Velocidad de transmisión 10 [Mbps].
- Utiliza un cable coaxial dual de 75 [Ω] (cable coaxial que posee dos núcleos).
- Se transmite la señal de banda ancha con modulación por desplazamiento de fase diferencial (*DBPSK*³⁴, *Differential Binary Phase Shift Keying*).
- Longitud máxima del segmento individual es 1800 [m], con una longitud total de 3600 [m].
- Topología en bus o en árbol.
- Se pueden llevar señales con un ancho de banda de 14 [MHz].

e) 10 Base F^[F]

- Velocidad de transmisión 10 [Mbps].

³⁴ **Modulación DBPSK:** Forma alterna de modulación digital donde la información de entrada binaria está contenida en la diferencia de fase, entre dos elementos sucesivos. Si la segunda señal posee la misma fase que la primera es un 1 bit, pero si la fase de la segunda señal es de diferente fase que la primera, es un 0 bit; de esta manera no se necesita recuperar una portadora en fase, la diferencia de fase es 180 grados.

- Topología en estrella mediante concentración en un *HUB* de fibra óptica.
- Transmisión con codificación tipo Manchester.
- Existe una subdivisión de este estándar, con los siguientes subtipos de red:
 - 10 Base FP: es una topología en estrella para interconectar hasta 33 estaciones a un repetidor con una distancia máxima de 1 [km].
 - 10 Base FL: definida para enlaces punto a punto. Usada para conectar estaciones con una distancia máxima de 2 [km].
 - 10 Base FB: define enlaces punto a punto utilizados como *backbone* para conectar repetidores hasta una distancia máxima de 2 [km].

2.3.3.5 Ethernet ^[F]

- Velocidad de transmisión 10 [Mbps].
- Utiliza un cable coaxial grueso con un diámetro de 10 [mm].
- El cable coaxial posee 50 [Ω] de impedancia característica.
- Topología tipo bus.
- La señal se transmite en banda base con codificación tipo Manchester.
- La longitud máxima del cable por segmento es de 500 [m].

2.3.3.6 Ethernet conmutada^[F]

La *Ethernet* Conmutada o *Switched Ethernet* utiliza un *switch*³⁵ y no un *HUB*, por lo que mantiene el ancho de banda del canal de comunicación. Algunas características son:

- Es posible realizar al mismo tiempo más de una transferencia de tramas a través de un mismo concentrador, si las transmisiones se dan entre estaciones diferentes.
- Cada línea de entrada de un puerto tiene un *buffer* con una lógica de "primero en entrar primero en salir" (*FIFO, First Input First Output*), a través de la cual pasan todas las tramas entrantes; el uso de este *buffer* permite retener una trama si se está enviando otra trama a la misma estación de trabajo. Además, se poseen *buffers* de salida, los cuales son importantes cuando hay estaciones que operan a diferentes velocidades.

Existen dos métodos para realizar el proceso de conmutación de tramas^[H], los cuales son:

- Almacenamiento-reenvío (*store-forward*): Consiste en que toda trama se recibe y almacena en un *buffer* de entrada antes de enviarse al puerto destino. De esta manera puede verificarse la ausencia de errores en la trama antes de reenviarla. Las tramas con errores se desechan; pero su desventaja es que el almacenamiento, revisión y reenvío causa retardo en el proceso de conmutación, que podría llegar a ser considerable.
- Conmutación de paso continuo (*cut-through*): consiste en que la dirección de destino de la trama se compara con la tabla de enrutamiento interna que

³⁵ **Switch:** o *hubswitch* es un dispositivo que puede conocer las direcciones MAC de cada estación conectada a su puerto; además lee de la cabecera de la trama entrante y enruta la trama por el correspondiente puerto o puertos de salida, eliminando esta manera el tráfico innecesario en la red, generalmente cada puerto posee un *buffer*.

posee el *switch* mientras la trama se está recibiendo; de esta manera la trama pasa de inmediato al puerto de salida. Este proceso es muy rápido y los retardos introducidos son mínimos en el proceso de conmutación.

Para el caso de tramas pequeñas, el desempeño comparativo entre los métodos de conmutación de almacenamiento-reenvío y de paso continuo, no presenta mayores diferencias.

2.3.3.7 *Fast Ethernet*^[F]

Ethernet rápida o *Fast Ethernet*, se refiere a un conjunto de especificaciones desarrolladas por el comité de trabajo IEEE 802.3u para aumentar la velocidad de una red 10 Base T a una velocidad de 100 [Mbps] conservando la subcapa MAC sin cambios, el mismo sistema de cableado y los mismos formatos de trama; para lo que se necesitó reducir la distancia máxima del cable. El comité define alternativas para diferentes medios de transmisión, así:

a) 100 Base TX

- Velocidad de transmisión 100 [Mbps].
- Medio de transmisión: dos pares de par trenzado UTP categoría 5, o STP.
- Codificación de línea MLT-3.³⁶
- Longitud máxima del segmento individual 100 [m].
- Longitud máxima de la red 200 [m].

³⁶ **MLT-3:** Codificación de línea de tres niveles (+V, -V, 0). El 0 bit mantiene el nivel anterior. El 1 bit, si el nivel anterior es cero cambia a +V o -V de manera alternada; si el estado anterior es +V o -V cambia a cero.

b) 100 Base FX

- Velocidad de transmisión 100 [Mbps].
- Se utilizan dos fibras ópticas, una para transmisión y otra para recepción.
- Longitud máxima del segmento individual 100 [m].
- Codificación de línea 4B/5B NRZI³⁷.
- Longitud máxima de la red 400 [m].

c) 100 Base T4

- Velocidad de transmisión 100 [Mbps].
- Medio de transmisión: cable UTP categoría 3. Opcionalmente puede utilizarse UTP categoría 5.
- 100 Base T4 especifica que los datos para ser transmitidos deben ser separados en tres flujos, con una velocidad efectiva de $33 \frac{1}{3}$ [Mbps]. Se utilizan los cuatro pares del cable UTP categoría 3; los datos transmitidos son enviados utilizando tres pares y los datos son recibidos utilizando tres pares, por lo que dos pares deben ser configurados para transmisión bi-direccional.
- Codificación de línea 8B6T³⁸.
- Longitud máxima del segmento individual 100 [m].

³⁷ **4B / 5B NRZI:** Es una doble codificación binaria. Primero se codifica un grupo de 4 bits de entrada en 5 bits de salida y luego, a esta secuencia se codifica de forma que el bit "1" produce cambio del estado anterior y el bit "0" mantiene el estado anterior.

³⁸ **8B6T:** Una técnica de codificación de tres niveles (+V,-V, 0). Un bloque de 8 bits es representado por 6 términos ternarios por medio del uso de una tabla de equivalencias

- Longitud máxima de la red 200 [m].

2.3.3.8 100VG-AnyLAN. (100 Voice Grade Any LAN)^[F1]

Como ya se dijo, la idea de *Fast Ethernet* era conservar tanto la subcapa MAC, cableado, formatos de trama, iguales a los de la antigua 10 Base T, pero surgió otra alternativa como es *100VG-AnyLAN*.

Con este nombre se trata de indicar que este tipo de red da un soporte para múltiples tipos de tramas LAN. Realizada por el comité IEEE 802.12, *100 VG-AnyLAN* implica las siguientes características:

- El cambio de la subcapa MAC por un nuevo protocolo.
- Velocidad de transmisión 100 [Mbps].
- Medio de transmisión cable UTP categoría 3, UTP categoría 5 o fibra óptica.
- Admite tramas *Ethernet* o *Token Ring*.
- Posee una topología en estrella jerárquica.

Utiliza la técnica de acceso al medio de prioridad por demanda, que es una combinación del uso de un protocolo de prioridad y una operación de turno circular. Se compone de un concentrador central que sondea todos los puertos en un orden fijo y circular; cuando se producen peticiones simultáneas, el concentrador otorga derechos de transmisión al equipo con más alta prioridad. Los concentradores pueden conectarse en cascada para formar niveles. La especificación IEEE 802.12 permite hasta tres niveles de concentradores en cascada.

2.3.3.9 Gigabit *Ethernet*^[A]

Gigabit Ethernet es la última versión de *Ethernet*, su estándar es el IEEE 802.3z y posee las siguientes características:

- Ofrece una velocidad de 1 [Gbps].
- Compatible con las *Ethernet* antiguas y *Fast Ethernet*.
- Utiliza la técnica de acceso al medio CSMA/CD.

El comité IEEE 802.3z establece distintos tipos de medios a ser utilizados, y de esta manera describe:

a) 1000 Base X

Utiliza como medio de transmisión un canal de fibra óptica o cable de cobre.

Dentro de 1000 Base X se establecen tres sub-tipos de uso:

- 1000 Base-SX: Utiliza diodos láser, con luz de longitud de onda de 850 [nm] sobre fibra óptica multimodo, con alcance de 550[m].
- 1000 Base-LX: Utiliza diodos láser, longitud de onda de 1300 [nm] sobre fibra óptica monomodo y multimodo con los siguientes alcances máximos:
 - Con fibra monomodo 3000 [m].
 - Con fibra multimodo 550 [m].
- 1000 Base-CX: cable de cobre de corto alcance, cable STP con alcance de 25 [m].

b) 1000Base T

- Estándar desarrollado por el comité IEEE 802.3ab.
- Utiliza como medio de transmisión cable UTP categoría 5.
- Permite de 25 a 100 [m] de alcance, utilizando los cuatro pares del cable UTP.

2.3.3.10 Token Bus

Esta red LAN está definida por el estándar IEEE 802.4. Físicamente *Token Bus* posee una topología en bus o en árbol. La técnica de acceso al medio es *Token passing* o paso de testigo, particularizado para esta red y siendo conocido como *token bus*.

Esta técnica consiste en que el testigo en línea pasa de una estación a otra en orden descendente según el valor numérico de las direcciones. Cuando una estación capta el testigo, ésta puede depositar sus tramas al medio físico. Cuando la estación termina la transmisión de todas sus tramas, entrega el testigo a su sucesora, enviándole una trama de control de testigo. Una vez realizado esto, la estación queda a espera de confirmación, para comprobar si efectivamente su sucesor ha recibido el testigo y está usándolo. Si capta una trama válida en el medio después de haber enviado el testigo, supondrá que el proceso es el correcto; pero si tras haber enviado el testigo, la estación no detecta ninguna trama válida, ésta puede ignorar a la estación problemática y establecerá una nueva sucesora: si la estación sucesora no transmite, la estación emisora supone que se debe a que la estación sucesora no está operativa. Ante esta situación, envía una nueva trama denominada "solicitar sucesor" para intentar averiguar quién es el siguiente sucesor. De este modo una máquina que necesita transmitir sus tramas al medio, puede devolver una trama llamada "establecer sucesor", en la que incluye su propia dirección: transmitiéndole la estación emisora el testigo.

Aunque esta técnica de acceso al medio puede clasificarse como un sistema para redes igual a igual sin prioridades, existen en el estándar 802.4 varias opciones para incluir clases de servicio, que pueden convertir a este sistema en un mecanismo orientado a prioridades.

El protocolo de la subcapa MAC es mucho más complicado que el utilizado por las redes con el estándar 802.3. La red *Token bus* utiliza un cable coaxial de banda ancha con 75 [Ω] de impedancia característica, permitiéndose tanto sistemas de cable sencillo como sistemas de cable doble (cable dual). Utiliza modulación de amplitud (*ASK, Amplitude Shift Keying*³⁹) y modulación por desplazamiento de frecuencia (*FSK, Frequency Shift Keying*⁴⁰). Son posibles velocidades de 1, 5 y 10 [Mbps]. Otro medio físico que se puede utilizar es fibra óptica, con el que se puede obtener velocidades de 5, 10 y 20 [Mbps].

2.3.3.11 *Token Ring*^[1]

Este tipo de red posee una topología en anillo con una técnica de acceso de *token passing* particularizada para esta red, llamada testigo en anillo o *Token Ring*. La técnica *Token ring* o paso de testigo en anillo, se vale de una trama o testigo para otorgar la prioridad de acceso al medio físico. Así, si un nodo desea transmitir datos dentro del anillo y el testigo está libre, la estación captura el testigo y de esta manera se apropia del control del anillo, convirtiendo al testigo en el indicador de comienzo de tramas del usuario, al que le añade campos de control y lo envía a la siguiente estación en el anillo. Cada estación debe examinar el testigo. Si comprueba que se encuentra ocupado, deberá regenerarlo y entregarlo a la siguiente estación. Cuando la información regrese de nuevo al nodo de partida, el testigo volverá a inicializarse y se lo insertará en la red.

Esta técnica es una técnica con prioridades: cada estación posee una determinada prioridad de acceso al medio. Estas condiciones se logran colocando

³⁹ Proceso de introducir en la amplitud de la señal portadora (señal cosenoidal) la información digital.

⁴⁰ Proceso de introducir en la frecuencia de la señal portadora la información digital.

en el testigo indicadores de preferencia, con lo que el anillo se convierte en un sistema de igual a igual con prioridad.

Este estándar especifica una velocidad de transmisión de 1 a 4 [Mbps] con cable UTP categoría 5, con un número máximo de 72 repetidores. IBM posteriormente introdujo una versión de 4 y 16 [Mbps] sólo con cable STP, con un número máximo de 250 repetidoras. La codificación de línea utilizada en ambos casos es Manchester Diferencial⁴¹, manejando conexiones punto a punto, por lo que la estructura y el protocolo que maneja la subcapa MAC son menos complicados que el estándar IEEE 802.4 (*Token Bus*). El principal problema que presenta este tipo de redes son las fallas en el cable, que deja a toda la red sin funcionar, por lo que se utilizan unos dispositivos llamados relevadores de paso (*bypass relays*) que son energizados por las estaciones. Si se rompe el anillo o se inactiva una estación, la pérdida de alimentación al relevador lo desactiva, haciendo de la estación un puente, de esta manera evitando la ruptura del anillo.

2.3.3.12 FDDI^[F]

El interfaz de datos distribuido por fibra (*FDDI, Fiber Distributed Data Interface*), es una red LAN de alto desempeño con técnica de acceso al medio *Token passing*, que posee una velocidad de transmisión de 100 [Mbps]; por esta razón, y su gran ancho de banda, es a veces conectada como *backbone* de varias LANs de cobre, como se muestra en la figura 2.6.

FDDI establece que pueden utilizarse dos anillos: un primario y un secundario. Los datos que circulan en los anillos giran en sentidos contrarios; si se rompe cualquiera de ellos, se puede usar el otro como respaldo, lo que le da a esta red una alta confiabilidad. *FDDI* establece dos tipos de medios físicos que son:

⁴¹ Manchester Diferencial: codificación de línea en la que se da una transición a la mitad del intervalo de bit entre dos niveles +A y -A. El bit "1", no tiene transición al inicio del periodo, y el bit "0", tiene transición al inicio del intervalo de bit.

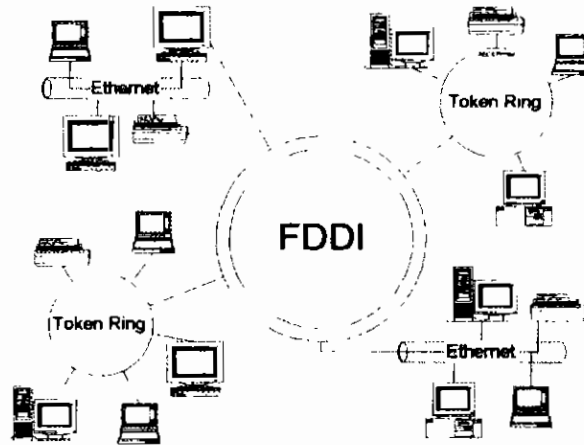


Fig 2.6 FDDI como backbone de LANs

a) FDDI con fibra óptica:

- Utiliza como medio físico fibra óptica multimodo.
- Velocidad de transmisión 100 [Mbps].
- Técnica de codificación de línea: 4B/5B NRZI.
- Número máximo de repetidores 100.
- Distancia máxima entre repetidores 2 [km].

FDDI con cable de par trenzado:

- Utiliza como medio físico cable de par trenzado UTP categoría 5 o cable STP.
- Velocidad de transmisión 100 [Mbps].

- Técnica de codificación de línea: MLT - 3.
- Número máximo de repetidores 100.
- Distancia máxima entre repetidores 100 [m].

Como ya se mencionó, la técnica de acceso usada por *FDDI* es *Token passing*, al igual que la red con el estándar IEEE 802.5, pero con pequeñas diferencias, ya que una vez que una estación captura el testigo, dicha estación dispone de un cierto tiempo para transmitir sus tramas. Transcurrido este tiempo, se libera automáticamente el testigo. Además, en el estándar IEEE 802.5, el testigo era liberado por la estación que lo capturó, pero en *FDDI* el testigo es liberado por la estación destino luego de recibir los datos. *FDDI* asegura un ancho de banda para transmisiones sincrónicas (información de carácter prioritario) y asincrónicas (información que no tiene carácter urgente y puede enviarse si se dispone de ancho de banda suficiente).

2.3.3.13 LANs no cableadas^[F]

Este tipo de redes nacieron para satisfacer las necesidades tales como movilización, relocalización, interconexión y prestación de servicios para áreas de trabajo en lugares difíciles para ser accedidos por medio de cables físicos.

Los principales requerimientos que debe cumplir una LAN no cableada son:

- Capacidad de Procesamiento (*throughput*): El protocolo para control de acceso al medio tiene que hacer un uso eficiente del medio y maximizar su capacidad.

Número de nodos: Las redes LAN no cableadas deben ser capaces de soportar cientos de nodos, a través del uso de múltiples celdas.

Conexión al *backbone* LAN: En muchos casos, es necesaria la interconexión de estaciones de una LAN no cableada con estaciones que se encuentran en

una LAN cableada, por lo tanto la LAN debe poseer los equipos necesarios para realizar esta función.

- **Area de servicio:** Una cobertura típica de las LANs no cableadas es de unos 100 [m] a 300 [m].
- **Robustez y seguridad en la transmisión:** La red debe ser capaz de proveer seguridad para los datos que manejan sus usuarios. Se pueden aplicar técnicas como codificación o encriptación de la información.
- **Configuración dinámica:** Las redes LAN no cableadas deben permitir una adición, detección, y relocalización automática de los sistemas finales sin perjudicar a otros usuarios.

Las LAN no cableadas se categorizan principalmente por la técnica de transmisión que utilizan; de esta manera, existen tres grupos principales de LAN no cableadas, que son:

a) IR LANs (*Infra-Red LANs*)

Son celdas⁴² individuales. Generalmente este tipo de LANs son limitadas a un simple cuarto como espacio físico, ya que la luz infrarroja no penetra las paredes. Existen dos clases especiales de IR LANs, que son:

- IR LANs de difusión.
 - Poseen una velocidad de transmisión de 1 a 4 [Mbps].
 - Pueden poseer estaciones fijas o móviles.
 - Poseen un alcance promedio de 15 a 60 [m].

⁴² Celda, en este sentido, se refiere al área de cobertura de la red inalámbrica, similar a la disposición que se tiene en las celdas de la telefonía celular.

- Longitud de onda de la señal utilizada es de 800 a 900 [nm].
 - Técnica de modulación OOK⁴³.
 - Método de acceso al medio: CSMA.
- IR LANs de rayo directivo.
 - Poseen una velocidad de transmisión de 1 a 10 [Mbps].
 - Poseen estaciones fijas.
 - Poseen un alcance promedio de 25 [m].
 - Longitud de onda utilizada: 800 a 900 [nm].
 - Técnica de modulación OOK.
 - Método de acceso al medio *Token passing*.

b) LANs de espectro expandido

También conocidas como SS LANs (*Spread Spectrum LANs*). Existen dos clases especiales de LANs de espectro expandido, que son:

- S S LANs con salto de frecuencia.
 - Poseen una velocidad de transmisión de 1 a 3 [Mbps].

⁴³ **Modulación OOK (*On Off Keying*)**: Tipo de modulación digital donde el bit "1" se representa con el paso de la portadora y el bit "0" se representa por ausencia total de ésta.

- Pueden poseer estaciones fijas o móviles, pero se prefiere usar este tipo de redes en aplicaciones de estaciones móviles.
- Poseen un alcance promedio de 30 a 100 [m].
- Bandas de frecuencias utilizadas: 902 - 9280 [Mhz].
2.4 - 2.4835 [Ghz].
5.725 - 5.85 [GHz].
- Técnica de modulación QPSK⁴⁴.
- Potencia de radiación menor a 1 [W].
- Método de acceso al medio CSMA.
- S S LANs de secuencia directa.
 - Poseen una velocidad de transmisión de 2 a 20 [Mbps].
 - Pueden poseer estaciones fijas o móviles, pero se prefiere para aplicaciones móviles.
 - Posee un alcance promedio de 30 a 300 [m].
 - Bandas de frecuencias utilizadas: 902 - 9280 [Mhz].
2.4 - 2.4835 [Ghz].
5.725 - 5.85 [GHz].
 - Técnica de modulación QPSK.

⁴⁴ **QPSK:** Modulación en cuadratura PSK, es una modulación digital de amplitud constante, en la que los bits de entrada son puestos en grupos de dos (pudiendo darse cuatro grupos de bits: 00, 01, 10, 11), representándose cada grupo de bits por desplazamientos de fase de 90 grados en la señal portadora.

- Potencia de radiación menor a 1 [W].
- Método de acceso al medio CSMA.

c) LANs de microondas de banda angosta

Este tipo de LANs operan a frecuencias en el rango de las microondas. Entre sus principales características se tiene:

- Poseen una velocidad de transmisión de 5 a 10 [Mbps].
- Poseen estaciones móviles y fijas.
- Poseen un alcance promedio de 10 a 40 [m].
- Banda de frecuencia de 18.825 - 19.205 [GHz].
- Técnica de modulación QPSK.
- Potencia de radiación 25 [mW].
- Método de acceso al medio CSMA.

2.3.4 REDES DE ÁREA METROPOLITANA (*MAN - Metropolitan Area Network*)

Desde el punto de cobertura, una red de area metropolitana, tiene un alcance más grande que una LAN. Una MAN es comúnmente usada como *backbone* de LANs para llevar tráfico, y para soportar aplicaciones que necesitan altas velocidades como son la transferencia de archivos, videoconferencia, tráfico multimedia, entre otros.

Las principales características de una red MAN son:

- Son en su mayoría redes públicas.
- Son redes de alta velocidad y se ofrecen servicios que integran datos y voz.
- Se las utiliza para la interconexión de LANs.

2.3.4.1 Estándares IEEE 802 para MANs^[F]

El cuadro 2.2 muestra los estándares IEEE 802 para redes MAN y su correspondencia con el modelo OSI.

Capa de enlace de Datos	LLC	IEEE 802.2	- Interfaz común entre capas superiores y subcapa MAC.
	MAC		- Direccionamiento lógico.
Capa Física	Capa Física	IEEE 802.6	DQDB
			Fibra óptica a 100[Mbps].

Cuadro 2.2 Relación entre el estándar IEEE 802 para MAN y el modelo OSI^[F].

2.3.4.2 Bus dual de colas distribuidas (*DQDB, Distributed Queue Dual Bus*)^[A]

Este tipo de red MAN utiliza dos canales unidireccionales de comunicación individuales paralelos, llamados buses; además, los usuarios colocan tráfico en una cola (de características *FIFO*) para luego ser transmitido. Ambos buses

operan a la misma velocidad y cada nodo de la red está conectado a dichos buses.

DQDB proporciona un verdadero bus multiacceso, puesto que todos los nodos pueden acceder al bus en el momento que quieran, siempre que la red no esté saturada. Se permite el acceso al bus de hasta 512 nodos, que pueden estar hasta a 160 [km] de distancia. ^[1]

El protocolo de bus dual de colas distribuidas (protocolo *DQDB*) contempla dos tipos de acceso al medio. El primer método se lo denomina acceso prearbitrario, que garantiza una cierta cantidad de ancho de banda y es utilizado para servicios como voz y vídeo. El segundo tipo de acceso se denomina acceso arbitrario de cola, y proporciona servicios con base en la demanda; este tipo de acceso puede dar soporte para aplicaciones con ráfagas de datos, como la transmisión de datos de una red LAN.

La subcapa *DQDB* es mucho más amplia que la subcapa MAC descrita por el estándar IEEE 802, porque contiene varios servicios de convergencia que tratan de garantizar la llegada de los mensajes a su destino. *DQDB* opera a velocidades desde 44.736 [Mbps] hasta 155.52 [Mbps].^[1]

DQDB llena el bus con ranuras (*slots*) de tiempo, donde los dispositivos o nodos que estén conectados pueden ubicar los datos a transportar. Se puede controlar el acceso a las ranuras de tiempo para evitar que un nodo utilice demasiadas. Los nodos pueden transmitir paquetes de hasta 9188 [bytes].^[1]

2.3.4.3 Servicio de datos conmutado multimegabits, SMDS

El servicio de datos conmutados multimegabits (*SMDS*, *Switched Multimegabit Data Service*), se define como un servicio de área metropolitana. SMDS es denominado como la versión comercial del estándar IEEE 802.6 para redes MAN^[1]. El objetivo de *SMDS* es transportar tráfico LAN a LAN; esto quiere decir que actúa como *backbone* de LANs. Posee una topología de anillo abierto,

conformado por dos buses, como se muestra en la figura 2.7. SMDS utiliza el bus dual de colas distribuidas (DQDB) como método de acceso a la red, trasmite sus datos a través de celdas de 53 bytes, y cada celda contiene una cabecera de 5 bytes y 48 bytes de carga útil. Cada celda es insertada en un *slot* de tiempo. Los nodos pueden transmitir paquetes de hasta 9188 [bytes]. Estos paquetes se dividen en los fragmentos antes mencionados (53 bytes) para dar como resultado celdas, las cuales son transmitidas por la red y vuelven a ser ensambladas en el receptor.

La central de conmutación SMDS establece una conmutación virtual entre un nodo transmisor y un nodo receptor, siendo esta conexión realizada en función de la dirección destino de cada celda y durando sólo el tiempo que tarda en transferirse dicha celda. Ninguna otra estación podrá recibir las celdas: esto proporciona un tráfico reducido en la red, a la vez permite una alta seguridad en la misma. SMDS es un servicio no orientado a conexión, esto significa que no se establece conexión entre el usuario transmisor y el receptor antes de la transferencia de datos; simplemente los paquetes se transmiten en el medio tan pronto el interfaz SMDS los recibe, lo cual conlleva a que no exista un retardo en el establecimiento o liberación de la llamada. Además, SMDS realiza control de errores y flujo sólo en los nodos terminales. Si se pierde una celda, es el nodo destino el encargado de pedir una retransmisión de ella. De esta manera se no recarga la red con mensajes de comprobación y control.

SMDS (como servicio) proporciona una tarifa basada en el consumo real del ancho de banda, teniendo como característica el controlar el acceso a la red, para prevenir que los nodos monopolicen los recursos de la misma. SMDS admite tasas de transferencia desde 44.736 [Mbps] hasta 155.52 [Mbps]^[K].

Una desventaja de utilizar SMDS es su compatibilidad multimedia limitada, ya que los servicios de comunicación local comenzaron a implementar este servicio como una ayuda para competir en el mercado de transmisión de datos a larga distancia. Por tanto, para este servicio no se dedicó mucho tiempo en su desarrollo, de modo que admita voz y vídeo, dando como resultado una orientación hacia la

transmisión de datos. Además posee una utilización limitada (ya que existen pocas compañías desplegando activamente SMDS), dando como resultado limitaciones tanto a nivel de soporte técnico y elección de equipos, ocasionando incremento en los costos.

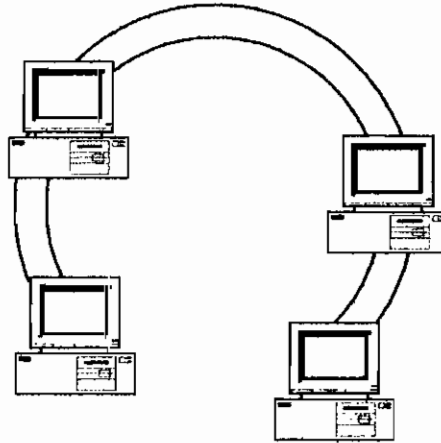


Figura 2.7 Configuración física de la red SMDS.

2.3.5 REDES DE ÁREA EXTENDIDA (*WAN - Wide Area Network*)

Una red WAN, o red de área extendida, es una red de gran cobertura geográfica, superior a la cobertura de las redes de área metropolitana, llegando inclusive a abarcar países o continentes. Tiene una colección de máquinas que corren las aplicaciones de usuario. Las técnicas y tecnologías de una red WAN pueden ser encaminadas principalmente a la intercomunicación entre redes LAN y MAN, pudiendo llegar a tener una estructura compleja. Se analizarán brevemente algunos esquemas que comprenden el trabajo de redes WAN.

2.3.5.1 Conmutación de circuitos

La comunicación vía conmutación de circuitos implica el que exista un camino de comunicación dedicado entre dos estaciones, y es mayoritariamente usado para el manejo de tráfico de voz (originalmente para transmisión analógica), como en el caso de la red telefónica pública (*PSTN, Public Switched Telephone Network*). Cada camino es una secuencia de enlaces entre nodos de la red. En cada enlace

físico, un canal lógico⁴⁵ es dedicado a la conexión. El proceso de transmisión de la información se realiza en tres fases: establecimiento del circuito, transferencia de datos, y desconexión del circuito; estableciendo de este modo el camino de conexión antes de que la transmisión de datos comience. Este tipo de servicio puede llegar a desperdiciar recursos, ya que al ser reservado el ancho de banda previo el envío de la información, se puede llegar a desaprovecharlo en los lapsos de tiempo o casos en los que la información no se transmita de modo continuo una vez establecido el circuito.

Una de las ventajas que todavía puede mantener este esquema es la de ser transparente: una vez que un circuito es establecido, éste aparece como una conexión directa entre las dos estaciones involucradas, sin necesidad de emplear una lógica especial en cada punto. Esto también es una debilidad, debido a que los recursos de la red están encaminados a la satisfacción de una llamada en particular.

Los elementos generales involucrados con un nodo de una red de conmutación de circuitos^[F], son:

- Conmutador digital.- Cuya función es la de proveer un camino transparente para las señales entre cualquier par de dispositivos de la red, permitiendo de manera común una comunicación del tipo *full-duplex*. El conmutador digital trabaja bajo esquema de multiplexación de tiempo.
- Interfaz de red.- Representa las funciones y el *hardware* necesarios para conectar dispositivos digitales, tales como dispositivos de procesamiento de datos y teléfonos digitales a la red.
- Unidad de control.- La cual realiza tres tareas específicas: establecer conexiones (esta actividad se realiza bajo solicitud de una de las estaciones), mantenimiento de la conexión, y desconexión de la misma, ya sea por solicitud

⁴⁵ Canal lógico: canal asociado con la transmisión digital, pudiendo o no ser un canal físico independiente.

de una de las estaciones o en caso de que se considere necesaria dicha acción.

2.3.5.2 Conmutación de paquetes

La conmutación de paquetes realiza la división o segmentación de la información en unidades más pequeñas llamadas paquetes, para transmitirlos desde el nodo origen al nodo destino. Cada paquete contiene datos de usuario más alguna información de control que permite enrutar la información hacia su destino, y de modo que en el destino los paquetes puedan ser manejados adecuadamente. En cada nodo de la red, el paquete es recibido, almacenado un cierto tiempo y pasado al siguiente nodo luego de la determinación del siguiente salto.

Las ventajas de este esquema sobre la técnica de conmutación de circuitos, son:

- Mayor eficiencia de línea, ya que un simple enlace nodo-nodo puede ser dividido dinámicamente por algunos paquetes en el tiempo. Los paquetes permanecen en cola hasta que se puedan transportar sobre la red.
- Se puede realizar conversión de velocidades. Dos estaciones de distintas velocidades de transmisión pueden comunicarse, debido a que cada una puede trabajar a su propia velocidad.
- Si bien la red no permite el bloqueo de conexiones (caso que sí puede darse en orientación a conmutación de circuitos), en caso de alto tráfico de red, los retrasos pueden afectar significativamente la transmisión, dependiendo del servicio requerido.

Se puede llegar a determinar paquetes de alta prioridad de transmisión, de modo que éstos lleguen a tener un menor retardo en su desplazamiento a lo largo de la red, solucionando de alguna forma lo anterior.

2.3.5.5 Red digital de servicios integrados (*ISDN, Integrated Services Digital Network*)

La red digital de servicios integrados tiene como objetivo principal la integración de voz, texto, datos y vídeo (multimedia). La idea fundamental de ISDN es ser un conducto digital de bits con una conectividad extremo a extremo. Básicamente las capas de ISDN están relacionadas a las 3 primeras capas del modelo de referencia OSI. El conducto de bits ISDN maneja múltiples canales intercalados mediante multiplexación por división en el tiempo. Se han estandarizado varios tipos de canales:

- 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] para señalización.
- E Canal digital de 64 [kbps] para señalización ISDN interna.
- H Canal digital. Tipos de canal H:

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 + 1D

Tres canales digitales multiplexados por división de tiempo full duplex, dos canales B funcionando a 64 [kbps] y un canal D a 16 [kbps]. El canal D se usa para llevar información de señalización 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, además de los canales B y el D llevan tramas de sincronización y otros bits de encabezados para una disposición total de 192 [kbps].^[C]

b) Interfaz de velocidad primaria (*PRI, Primary Rate Interface*)

En este interfaz existen dos estándares, que son:

- El interfaz de velocidad primaria estándar en Canadá, EEUU y Japón, con 23 canales B y un canal D a 64[kbps]. A este arreglo se lo conoce como T1, y posee una velocidad combinada de 1.544[Mbps].^[F]
- El interfaz de velocidad primaria estándar en Europa, con 30 canales B y un canal D a 64[kbps]; a este arreglo se lo conoce como E1⁴⁶ y posee una velocidad combinada de 2.048 [Mbps].^[F]

c) Interfaz de velocidad híbrida caracterizado por dos canales un A y un canal C. ISDN fue el primer intento por sustituir el sistema telefónico analógico por uno digital adecuado para el tráfico de datos, llamado ISDN de banda angosta (*N-ISDN, Narrow ISDN*); lamentablemente el estándar ISDN salió años después, cuando ya no era atractivo para el mercado, por lo que se creó la Red de servicios integrados de banda ancha (*B-ISDN, Broadband ISDN*).

El servicio básico de ISDN de banda ancha es un término medio entre conmutación de circuitos pura y conmutación de paquetes puro. El servicio real ofrecido está orientado a la conexión, pero internamente se implementa con conmutación de paquetes, no con conmutación de circuitos. Se ofrecen dos tipos de conexiones: circuitos virtuales permanentes y circuitos virtuales conmutados (PVC y SVC).

B-ISDN es básicamente un circuito virtual digital para transmitir celdas a una velocidad de transmisión de 156 [Mbps]^[A], lo que eleva el ancho de banda en 2500 veces en comparación a N-ISDN. B-ISDN está basada en la tecnología ATM, y esta tecnología da soporte a los servicios que ofrece; en lo que tiene que ver

⁴⁶ En la velocidad E1, existe otro canal D adicional, el cual es usado para sincronismo, teniendo una combinación total 30B + 2D.

con el medio físico que utiliza ISDN, no puede utilizar el par trenzado telefónico existente excepto a cortas distancias, necesitándose cable UTP categoría 5 o fibra óptica. Las principales aplicaciones que maneja son: vídeo bajo pedido, televisión de alta definición, correo electrónico, multimedia. Presta también servicios por su gran ancho de banda para interconexión de redes LAN.

2.3.5.3 X.25

X.25 fue la primera implementación de amplia difusión en las redes de conmutación de paquetes. Este estándar es generalmente usado para lograr el interfaz a redes de conmutación de paquetes y es empleado para conmutación de paquetes en ISDN.^[F] El estándar maneja tres capas para su funcionamiento: capa física, capa de enlace y capa de paquete, las cuales se corresponden con las tres primeras capas del modelo OSI/ISO (capa física, enlace de datos y red, respectivamente).

- La capa física trata con el interfaz físico entre una estación enlazada a la red y el enlace que liga esta estación al nodo de conmutación de paquetes. El estándar se refiere a las máquinas a nivel de usuario como *equipo terminal de datos, DTE (Data Terminal Equipment)*, y las máquinas del nodo de conmutación de paquetes a las cuales el DTE está conectado, como *equipo de comunicación de datos, DCE (Data Communication Equipment o Data Circuit-terminating Equipment)*. La especificación de capa física está dada en la recomendación UIT-T X.21 bis, la cual es afín al interfaz EIA⁴⁷ RS-232C.
- La capa de enlace provee una transferencia confiable de datos a lo largo del enlace físico, al transmitir los datos como una secuencia de tramas. El estándar para la capa de enlace es referido como *LAPB (protocolo balanceado de acceso al enlace, Link Access Protocol – Balanced)*.

⁴⁷ EIA, *Electronic Industries Association*, Asociación de Industrias de Electrónica.

- La capa de paquetes provee un servicio de circuito virtual⁴⁸ externo. Es aquí donde se multiplexan los circuitos virtuales. Los circuitos virtuales pueden ser conmutados (*SVC, Switched Virtual Circuit*), en los que se mantiene un circuito lógico durante toda la llamada virtual; y los circuitos virtuales permanentes (*PVC, Permanent Virtual Circuit*), en los cuales se tiene asociado siempre un único camino dedicado, durante toda una transmisión en particular. Los paquetes de control de llamada, usados para el establecimiento y liberación de los circuitos virtuales, se transmiten por el mismo canal y circuito virtual que los paquetes de datos, usándose, en consecuencia, una señalización en banda.

X.25 es considerada una de las conexiones asíncronas más fiables, y se la utiliza en lugares donde el servicio telefónico y la calidad de las líneas telefónicas es poco confiable. La principal razón de su fiabilidad es la baja tasa de transferencia; tanto la capa 2 como la 3 incluyen mecanismos de control de flujo y de errores y este proceso de control se lo realiza en cada nodo receptor/transmisor. La tasa de transferencia máxima en la mayoría de redes X25 es de 56 [kbps].^[K]

2.3.5.4 *Frame Relay*

Frame Relay, es un tipo de red que utiliza conmutación de tramas, siendo también conocida como reenvío o retransmisión de tramas. *Frame Relay* utiliza tramas de longitud variable de hasta 1600 [bytes], lo que permite que las aplicaciones utilicen los mejores tamaños para tener un rendimiento óptimo. Este tipo de red se concibió para funcionar sobre canales y equipos de comunicación fiables, por lo que posee un protocolo con una cabecera menor que la de X.25 a nivel de usuario terminal, y realiza control de flujo y de errores terminal a terminal (sólo en el destino con respecto al origen), a diferencia de X.25, en el cual el control de flujo y errores se lo realiza en cada salto (lo que hace que se produzcan mayores demoras), llegando a trabajar sólo a nivel de las dos primeras capas del modelo ISO/OSI. *Frame relay* ofrece un servicio orientado a conexión, para lo cual utiliza

⁴⁸ Un **circuito virtual** es una asociación entre un par de DTEs, por medio de una red de conmutación de datos pública, pero no representa una conexión física entre los dispositivos.

identificadores de conexión de enlace de datos (*DLCI, Data Link Connection Identifier*), en lugar de las direcciones de origen y destino. Los datos pasan por la red mediante la especificación de su DLCI.

Frame relay, para el control de congestión establece cuatro técnicas, las cuales son:

- Notificación de congestión implícita, donde el sistema final infiere que existe congestión por tramas pérdidas.
- Notificación de congestión explícita hacia adelante, en la cual se comunica al sistema que existe congestión en la red en el sentido en el cual se está transmitiendo la información.
- Notificación de congestión explícita hacia atrás, en la cual se comunica al sistema que existe congestión en la red, en la cual se notifica que existe congestión en el sentido opuesto al sentido de transmisión de la información.
- Control de descarte: esta técnica es aplicada cuando la red se encuentra muy congestionada, existiendo entonces descarte de las tramas.

Como X.25, *Frame relay* soporta múltiples conexiones sobre un único enlace, las cuales se denominan en este caso como *conexiones de enlace de datos*; dichas conexiones tienen asignado un único identificador para cada una de ellas. Dentro de los beneficios de *Frame relay*, destacan los siguientes:

- Costos reducidos para interconexión.- El ancho de banda se reduce, debido a que se pueden manejar distintas comunicaciones a la vez, porque múltiples conexiones lógicas pueden ser multiplexadas en una única conexión física.
- Incrementa el desempeño de la red con una reducida complejidad de la misma.- En base de lo anotado anteriormente, por reducir la cantidad de

procesamiento intermedio y por la utilización más eficiente de las líneas de transmisión digital de alta velocidad con capacidad de alcanzar velocidades entre 56[kbps] y 2[Mpbs]^[F], pero preveviéndose que será capaz de alcanzar velocidades de 140 [Mbps]^[K], el tiempo de respuesta es mejorado.

- Al manejar sólo las dos primeras capas del modelo ISO/OSI, existe una mayor independencia de protocolos a configurarse.

2.3.5.6 Modo de transferencia asincrónico (*ATM - Asynchronous Transfer Mode*)

Esta técnica es también conocida como reenvío de celdas (*cell-relay*), y puede servir de soporte para diferentes tipos de redes; fue desarrollada para permitir la transferencia a altas velocidades de voz, vídeo y datos por medio de redes públicas de datos. El proceso realiza la segmentación de los datos en unidades de información llamadas celdas (de 53 octetos de longitud pero diferentes en la cabecera a las celdas de SMDS). Las velocidades pretendidas para las redes ATM son de 155,52 [Mbps] y 622,08 [Mbps], con la posibilidad de tener velocidades superiores e inferiores.^[F]

Las siguientes características hacen de ATM una opción de conectividad importante:

- Se elimina el manejo de errores enlace por enlace, aumentando así la tasa de transferencia. Se realiza control de errores solo en dispositivos emisores y receptores finales. Aunque ATM proporciona una mínima capacidad de control de errores y de flujo.
- Las transacciones se producen en modo sin conexión y se proporcionan conexiones de cualquiera con cualquiera.
- Se reduce la cantidad de información de cabecera necesaria para transportar información.

ATM se ha concebido para trabajar con conexiones físicas relativamente libres de errores, como medios de fibra óptica y dispositivos de conmutación basados en silicio. La tasa de error binario de ATM se encuentra en un mínimo de 10^{-12} .^[K] ATM trabaja en un entorno real sin conexión; en este modo, los recursos se asignan de forma dinámica. Así, los espacios de tiempo se disponen de acuerdo con la demanda, permitiendo a la estación transmisora el enviar los datos cada vez que sea necesario. La tecnología ATM no se puede concebir como una red de conmutación de paquetes o de circuitos, debido a que aprovecha estas dos técnicas en su implementación, al establecer circuitos virtuales y fraccionando la información en unidades de igual tamaño. La red permite un ancho de banda aditivo, de acuerdo a la demanda y al uso de subcapas que aseguran calidad de servicio, en base al tipo de tráfico que curse y sus prioridades, principalmente. De acuerdo al tipo de tráfico, se tienen subcapas en la especificación, la cual cubre las dos primeras capas del modelo ISO/OSI:

- Capa física, la cual se divide en la subcapa del medio físico y la subcapa de convergencia de transmisión; se encargan de la transmisión y recepción de bits en el medio físico, y del empaquetamiento de las celdas en una trama adecuada para su transmisión física, respectivamente.
- Capa ATM, la cual establece conexiones y pasa celdas por medio de la red ATM. Define la organización de las celdas; en esta capa se realiza el establecimiento y liberación de circuitos virtuales y aquí es donde se localiza el control de congestión.
- Capa de adaptación ATM (*AAL, ATM Adaptation Layer*). Existen diferentes tipos de capas de adaptación ATM, dependiendo del servicio a darse, las cuales traducen unidades de servicios de datos de capas superiores en celdas ATM. Se compone esta capa de la subcapa de convergencia y la subcapa de segmentación y reensamblaje.

Además de estas capas, el modelo de referencia hace mención a tres planos separados:

- Plano de usuario: permite la transferencia de información de usuario, y hace uso de los controles de flujo y errores.
- Plano de control: realiza el control de llamadas y las funciones de control de conexión.
- Plano de gestión: incluye gestión de plano, que realiza funciones de gestión relacionadas con el sistema como un todo y proporciona la coordinación entre los planos. Gestión de capa, que realiza funciones de gestión relativas a los recursos y a los parámetros residentes en las entidades del protocolo.

El servicio dado por ATM soporta tanto conexiones punto a punto (uni o bidireccionales), como multipunto (únicamente unidireccionales). Otra de las ventajas de ATM es la capacidad de proveer calidad de servicio, de modo que la transmisión se ajuste a las necesidades de las entidades transmisoras y receptoras.

2.3.5.7 Multiplexación inversa (*Inverse multiplexing*)^[L]

La multiplexación inversa, usa múltiples circuitos que actúan como un único canal lógico para transmitir una corriente de datos de alta velocidad. A menudo, se conoce a esta técnica como *mux inverso (inverse muxing)*, o *imuxing* (que se pronuncia *eye-muxing*). Como se muestra en la figura 2.8, la multiplexación inversa es una tecnología de capa física en la cual una corriente de datos, enviada por un *router, switch* u otro dispositivo⁴⁹, es transmitida a lo largo de múltiples circuitos de área extendida, reconstruyéndose al final del enlace la corriente original. Los circuitos individuales conectados a los multiplexores inversos, aparecen ante el equipo terminal como si fueran un único conducto de alta velocidad.

⁴⁹ Estos dispositivos se analizan en forma más extendida bajo el esquema de *Interconectividad de Redes*.

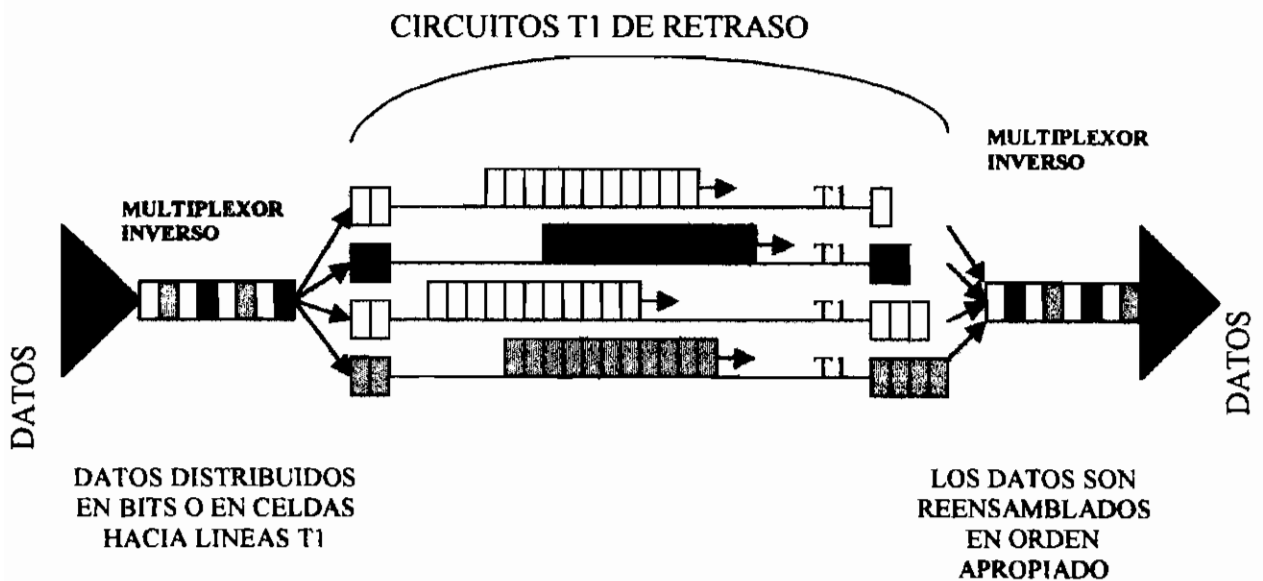
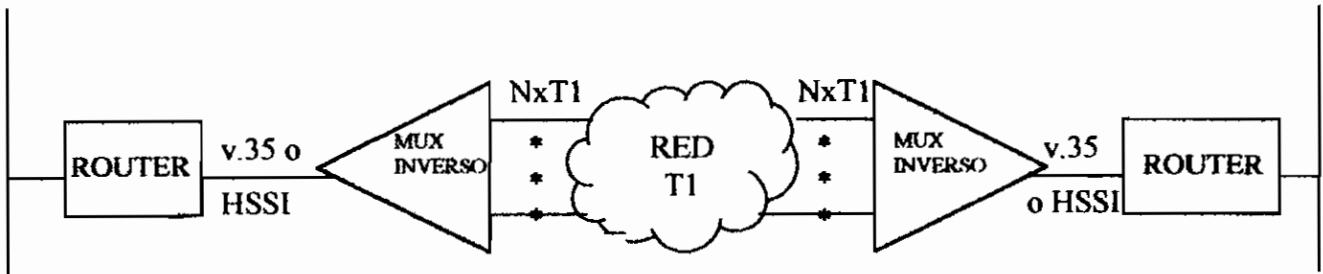


Figura. 2.8 Esquema de multiplexación inversa.

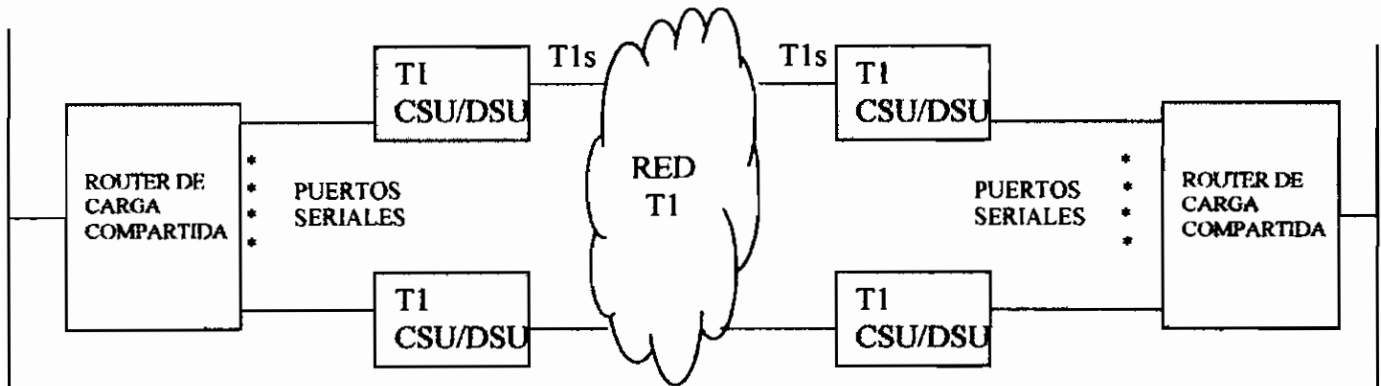
Se puede decir que los tipos de redes o servicios que pueden implementar multiplexación inversa, son los que requieran mayor ancho de banda del que puede soportar el transporte por medio de velocidades de hasta 1.544 [Mbps], o un número de aplicaciones que requieran de múltiples portadoras T1. Históricamente, el costo de múltiples portadoras T1 viene a ser más económico que el costo por uso completo de T3, cuando son necesarios menos de 8 enlaces T1 (una línea T3 = 8 x T1, con T1 = 1.544 [Mbps]). Cuando es necesaria la migración a entornos de banda ancha, se debe considerar en lo posible la preservación de la infraestructura instalada, a fin que la migración al nuevo servicio se dé sin gastos excesivos. Las portadoras T1/E1 y las que posean velocidades de transmisión menores, pueden ser adecuadas para lograr transferencia de archivos, correo electrónico y accesos a bases de datos. Debido a la rápida expansión de los requerimientos de interconectividad LAN/WAN, cada vez es necesaria la prestación de servicios de mayores velocidades. Al usar enrutamiento basado en múltiples conexiones T1/E1, cada conexión en la realidad es dedicada a una aplicación específica, así como a un destino específico de red, no pudiendo exceder nunca las velocidades límites de 1.544 o 2 [Mbps]. Al realizar la multiplexación inversa, una cantidad de ancho de banda puede ser

enfocada hacia varias aplicaciones diferentes, limitadas solamente por el ancho de banda total disponible a lo largo de todos los circuitos T1 o E1 dentro del enlace del multiplexor inverso. La multiplexación inversa también provee un alto nivel de protección de circuitos en caso de fallas de enlace. La división de la carga, la cual usa el enrutamiento, puede perjudicar cuando exista una falla del enlace. Con aplicaciones asignadas a un puerto en particular T1/E1, un circuito dañado T1/E1 puede causar que la aplicación no se realice. Sin embargo, con una solución de multiplexación inversa, el tratamiento de tráfico de red de terminal a terminal puede ser garantizado: si un enlace falla, el tráfico es simplemente desplegado a lo largo de los enlaces remanentes, al enrutar el tráfico sobre múltiples enlaces de WAN.

En un entorno administrado usando el protocolo simple de administración de red (SNMP), cada circuito T1/E1, con su dispositivo de acceso asociado (ya sea externo al ruteador o inmerso en él), debe tener una dirección IP separada. Cada línea en el enlace de carga dividida es gestionada individualmente, antes que como un grupo de ancho de banda; en lugar de tener que manejar solamente un enlace de alta velocidad NxT1/E1 como una entidad única, el administrador de red necesita monitorear hasta ocho líneas individuales. Un multiplexor inverso reemplaza la necesidad de uso de equipo externo para cada línea y requiere de un único puerto de enrutador, ahorrando de este modo las cada vez más escasas direcciones IP, además de simplificar la administración del enlace. Otro método de transmisión de un ruteador a lo largo de múltiples líneas E1/T1, es el uso del protocolo PPP multi-enlace (conocido a veces como MLPPP o MP). MP resuelve la tarea de secuenciamiento de los paquetes de información inherentes a la división de carga al usar números de secuencia para asegurar el correcto reordenamiento de paquetes al lado terminal del enlace, siendo esta labor mayoritariamente *software* antes que *hardware*. En la figura 2.9, se pueden ver las diferencias en el uso de multiplexación inversa en comparación con la división usual de carga por medio del uso de portadoras.



Línea T1 multiplexada inversamente



Router empleando carga compartida de T1

Figura 2.9 Comparación esquemática entre multiplexación inversa vs. división de carga.

En los sistemas de multiplexación inversa, los fabricantes usan solamente un bit (8 Kbps) de la carga de la trama T1 para llevar un canal de sincronización de señal, llamado *bit de metatrama*; permitiendo a la carga de usuario el ser múltiplo de velocidades de 1.528 [Mbps]. No obstante, algunos vendedores usan un canal entero de 64 [kbps] (DS0) para sincronización de canal, lo que lleva a que la carga disponible para el usuario sea $N \times 1.472$ [Mbps], haciendo de este modo que en un sistema de 8 líneas T1 se transporten 448 [kbps] menos que con el uso del bit de metatrama. El uso de un bit equivalente de metatrama es también incluido en la especificación para multiplexación inversa en una corriente de celdas ATM, con la inserción de una *celda de protocolo de control IMA*⁵⁰, (ICP,

⁵⁰ IMA: *Inverse multiplexing for ATM*, especificación realizada por el ATM Forum para su aplicación con multiplexación inversa.

IMA Control Protocol) por cada 128 celdas en una línea T1 o E1 para sincronización.

2.4 INTERCONECTIVIDAD DE REDES

El término *interconectividad de redes* (*internetworking*), se usa a menudo para nombrar a los procesos y tecnologías que permiten la comunicación entre dispositivos de procesamiento de datos de una red, con dispositivos posiblemente diferentes, de otra red, la cual puede ser diferente de la primera. Dado que la interconectividad de redes trata ahora de comunicar cada vez más máquinas y usuarios, genéricamente, a *internetworking*⁵¹ se trata como la *comunicación entre dos o más redes*. Una *interred* es una colección de redes de computadores conectadas mediante dispositivos de conectividad de red que permiten que dicha colección de redes funcione como una única red más grande.

2.4.1 ANTECEDENTES DE LA INTERCONECTIVIDAD DE REDES

La interconectividad de redes nace de la necesidad evolutiva de las comunicaciones empresariales, principalmente. En los años 1960 y 1970, las redes de computadores se distinguían por los *mainframes*⁵² que se usaban en cada una de ellas, es decir, se manejaban estándares o entornos de propietario, siendo los entornos mundialmente difundidos *IBM*, *Honeywell*, *DEC*, y *Sperry* (empresa conocida actualmente como *Unisys*). Dichos entornos, limitaban la arquitectura del usuario, viéndose éste obligado por la obsolescencia de su red, a plantearse un rediseño de la misma ante nuevos requerimientos o expansión. A mediados de los años 1970, nace la idea de un *sistema abierto*, que se define tempranamente como una arquitectura adherida a estándares publicados, con interfaces definidos. La tendencia a un sistema abierto, nace de las múltiples necesidades insatisfechas y requerimientos de mercado: los consumidores, empresas principalmente, desean recurrir a soluciones independientes de los

⁵¹ En general se usa la terminología en inglés, en los aspectos generales de interconectividad de redes en cuanto al tratamiento práctico con equipos y definiciones. Se usarán indistintamente en este aspecto, los términos en inglés o en español.

⁵² Computadores encargados en general de realizar operaciones con gran número de usuarios.

fabricantes y evitar de algún modo la excesiva dependencia de ellos tanto en costos como en personal técnico o en el ámbito tecnológico de las redes; y, por otro lado, los mismos fabricantes, que desean ampliar su capacidad o cobertura de mercado. Los esfuerzos por estandarizaciones, también toman distintas rutas, como los trabajos realizados por el entonces CCITT; la ISO, y el ANSI⁵³. Dadas las necesidades cada vez más grandes de comunicaciones red a red, se llegó a desarrollar el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos (OSI), publicado por primera vez en 1978 por la ISO. El modelo de referencia OSI, es diseñado como un estándar que permite a varios sistemas abiertos comunicarse (llamándose ahora un *sistema abierto* a un sistema que cumple con los estándares o protocolos OSI, para la comunicación con otros sistemas); es decir, las redes han pasado de ser basadas en arquitecturas propietarias (estándares de facto), a ser basadas en estándares *de jure* o por consenso. Una arquitectura específica de interred resulta del enlace directo entre dos sistemas abiertos

La tendencia dura hasta fines de los años 1980, teniendo ya como predominantes los sistemas de *Hewlett – Packard, IBM, Sun, DEC, Honeywell y Prime*, usando sistemas de cableado para comunicaciones asíncronas, cables axiales dobles y coaxiales. El acceso hacia o desde los terminales remotos⁵⁴ dependía de la condición de que todos los terminales sean de la misma plataforma, y el acceso remoto se atendía por medio de un computador anfitrión o de un concentrador. A este punto, dada la diversificación de productos en las empresas, las incompatibilidades ya se presentaban incluso dentro de las distintas arquitecturas de un mismo vendedor. Es, a partir de las grandes prestaciones añadidas a los computadores personales, a fines de la década de 1980 y el inicio de los años 1990 (velocidad, capacidad de procesamiento, y más que nada, la capacidad de realizar funciones que antes sólo se realizaban a nivel de computadores grandes y minicomputadores), donde las organizaciones que tienen redes deben recurrir a un ajuste de las necesidades, al cambiar de funciones que se realizaban con el uso de *mainframes*, optimizándolas.

⁵³ ANSI, *American National Standards Institute*, el Instituto Nacional Americano de Estándares.

⁵⁴ En general, se refiere el término *sistema terminal* (un dispositivo enlazado a una subred de una interred que es usado para aplicaciones o servicios de usuario terminal), para tratar genéricamente con terminales remotos, computadores terminales que se quieran enlazar a un arreglo de redes.

Dada la gran expansión de las redes empresariales y los servicios de usuario, las necesidades a satisfacerse fueron cada vez más amplias:

- En redes WAN, dado que si bien dichas redes admiten uno o dos protocolos a escala global, los segmentos locales manejan una gran diversidad de protocolos, y la configuración de la red final es extremadamente compleja.
- En redes MAN, las cuales aceptan combinaciones de puenteo y encaminamiento⁵⁵, pero tienen el mismo problema de protocolos con las subredes.
- En redes LAN, la conectividad de recursos es el principal objetivo funcional. La disparidad protocolar, es evidente, al ser las redes LAN vistas como subredes o segmentos de las redes MAN y WAN.

En las redes mencionadas, el número de sistemas anfitriones o servidores, va de mayor a menor, en sentido de redes de mayor a menor cobertura de usuarios (WAN a LAN), disminuyendo el nivel de complejidad de la interred a formarse. Las soluciones a nivel de interconectividad pueden ser amplias, dependiendo del nivel de cableado, protocolos y aplicaciones, y si bien se ha desarrollado y perfeccionado el modelo de referencia OSI de la ISO, éste no ha llegado a divulgarse de modo total, debido a que los protocolos relacionados con él no son de completa difusión o por lo menos de amplia aceptación.

2.4.2 OBJETIVOS DE LA INTERCONECTIVIDAD DE REDES

Si bien hay diversos enfoques para la interconexión de redes, y la provisión de servicios encaminados a lograr tal cometido, los requerimientos generales de interconectividad de redes, son:

⁵⁵ El uso de *bridges* y *routers* (puentes y enrutadores o encaminadores, respectivamente) es necesario para la interconectividad. La explicación de su funcionalidad, se detalla en la sección 2.4.3 "*Elementos de interconexión*".

1. Proveer un enlace entre redes: como mínimo, se requiere conexión física y control de enlace, de modo necesario.
2. Proveer los servicios de enrutamiento y entrega de datos entre procesos de diferentes redes.
3. Proveer un servicio de seguimiento, que guarde el registro de varias redes y enrutadores, y que mantenga observación constante del estado de la información.
4. Proveer los servicios anteriores, de modo tal que no se requiera de una modificación de la arquitectura de la red total o de las redes (subredes) que la constituyen.

Las diferencias entre las redes a interconectarse, y que deben ser tratadas para permitir el cumplir con los servicios anotados, se listan a continuación:

- *Diferentes esquemas de direccionamiento.*- Ya que las redes pueden usar diferentes esquemas de notaciones para sus puntos terminales, direcciones y mantenimiento de directorios, se debe proveer alguna forma de direccionamiento a nivel global de la red resultado de la interconectividad, así como de un servicio de directorio afín con la misma.
- *Diferente tamaño máximo de unidad de información.*- Puede ser necesaria la división de las unidades de información⁵⁶ de una red, para poder transmitir las y procesarlas en otra red. A este proceso se lo conoce como segmentación o fragmentación.

⁵⁶ Dado que la interconectividad se puede dar a diferentes capas del modelo ISO/OSI, hay que notar que cada capa tiene su unidad de información, y, dependiendo del protocolo de cada capa, a un mismo nivel o capa pueden existir distintos tamaños y formatos de información, dependiendo del protocolo usado.

- *Diferentes mecanismos de acceso a la red.*- Los mecanismos de acceso entre la estación y la red pueden ser diferentes para estaciones localizadas en redes diferentes.
- *Tiempos de espera diferentes.*- En general, tiempos de envío largos son requeridos para la transmisión de información por medio de múltiples redes. Por ejemplo, en un servicio de transporte orientado a conexión, la espera de un acuse de recibo (*acknowledge*) hasta que un tiempo de espera termine, y la retransmisión del bloque de datos al vencimiento de dicho tiempo, demoran la transferencia de información. Los tiempos de procesamiento entre redes deben permitir que la transmisión sea exitosa, evitando en lo posible retransmisiones innecesarias, dependiendo del servicio a nivel de capa aplicación a darse.
- *Corrección de errores.*- Se debe tender a que la interred, y los procesos involucrados en la misma, no provean servicios de recuperación de errores, si se tiene un servicio confiable terminal a terminal (dentro de la red). El servicio de interred no debe depender ni ser interferido con la capacidad de corrección de errores de las redes individuales.
- *Reportes de estado.*- Las diferentes redes tienen distintos reportes de estado y desempeño (que dependerán en gran medida del *software* de redes usado para tal propósito, el cual a su vez dependerá del protocolo empleado para administración y gestión de la red). Sin embargo, la interred debe proveer la información necesaria sobre ella a los procesos autorizados e interesados en su monitoreo y gestión.

Técnicas de enrutamiento.- El enrutamiento de la interred puede llegar a depender de las técnicas de control de congestión y detección de fallas de cada subred: se debe, entonces, coordinar las técnicas para adaptar el enrutamiento de la información entre estaciones de diferentes redes.

- *Control de acceso del usuario.*- La autorización para el uso de la red a cada usuario y su técnica de control, será propiedad de cada red. Dicha autorización y control debe ser invocada por la interred cuando sea necesario. De modo adicional, una técnica de control de acceso a la interred puede ser requerida.
- *Orientación a conexión del servicio.*- Las redes individuales, o subredes, pueden proveer servicios orientados a conexión o no orientados a conexión, siendo deseable que el servicio de interred sea independiente de la naturaleza del servicio de conexión de las redes individuales.

Para un análisis posterior, se definen los siguientes parámetros:

Capacidad de la red.- La capacidad de una red es el máximo ancho de banda (expresado en la práctica en Megabits por segundo, [Mbps])⁵⁷. La capacidad real de una red, no es la velocidad máxima nominal de la misma, sino que debe ser evaluada en pleno funcionamiento; por ejemplo, en el caso de *Ethernet* la velocidad máxima nominal en dicho tipo de red es de 10 [Mbps], pero en una *Ethernet* real es inferior, pero cercana a dicho valor.

Utilización de la red.- La utilización de una red es la relación entre el número de bits transmitidos en un periodo dado de tiempo (intervalo de medida), dividido por la capacidad de la red. Una típica utilización de una red se ubica entre el 20 y el 30 por ciento^[B].

2.4.3 ELEMENTOS DE INTERCONEXIÓN

Dentro de una interred, las subredes están conectadas por diversos dispositivos, a los cuales se los refiere en términos genéricos como *sistemas intermedios (IS, Intermediate Systems)*. Dentro de la terminología ISO/OSI, se define un *sistema intermedio* como un dispositivo usado para conectar dos subredes de una

⁵⁷ Teóricamente, el ancho de banda de cualquier sistema de comunicaciones se expresa en Hz, pero en la práctica de sistemas digitales, se lo expresa en función de la velocidad de transmisión, debido a los teoremas de Shannon (caso real) y de Nyquist (caso ideal).

interred, y que permite la comunicación entre sistemas terminales enlazados a diferentes subredes. Un sistema intermedio provee un camino de comunicación y realiza las funciones de reenvío y enrutamiento necesarios para el intercambio de datos entre los dispositivos enlazados a las subredes. Hay que distinguir entre los elementos de expansión de la capacidad de una red y los elementos que permiten la conectividad entre redes. Los distintos elementos de interconexión de redes, se los explica a continuación:

2.4.3.1 Repetidores

Son los dispositivos más simples en cuanto a su constitución, y a menudo no se los considera elementos de interconectividad, sino elementos de ampliación de una red. Un repetidor es un dispositivo que amplifica o regenera señales débiles (debido a que todas las señales físicas, al viajar por cualquier medio, sufren atenuación), permitiendo que la señal física tenga un mayor alcance, extendiendo la longitud de la red, y aplicándose en las redes LAN, principalmente. El dispositivo permite la conexión de estaciones "lejanas"⁵⁸, más no permite el incremento de la cantidad de estaciones. El repetidor, en sí, no modifica la señal en su contenido de información sino que sólo la amplifica, llegando a tener en la mayoría de casos, filtros para eliminar ruido. Las características generales de un repetidor, son:

- Regeneración de las señales de la red, tanto en amplitud como en corrección de frecuencia (esto último, especialmente para lograr el sincronismo deseado en la recepción de la comunicación).
- Usado generalmente en sistemas de cables lineales, como en *Ethernet*.
- Opera en el nivel físico del modelo ISO/OSI.

⁵⁸ Las estaciones lejanas, estarán limitadas en distancia de acuerdo al tipo de red y sistema de cableado de la red, existiendo un límite en el uso de los repetidores y el número de los segmentos a interconectarse, basado en los estándares de red.

- Dos segmentos conectados por un repetidor deben usar el mismo método de acceso a la comunicación.
- Los segmentos conectados mediante un repetidor, forman parte de la misma red, y tienen el mismo formato de dirección de red. Es decir, un repetidor se usa para la interconexión de segmentos del mismo tipo.
- Cada nodo de un segmento de red tiene su propia dirección. Los nodos de segmentos de ampliación no pueden tener la misma dirección que los nodos de segmentos ya existentes, porque forman ahora parte del mismo segmento de red.
- Puede ofrecer la conversión de señales y de interfaz para acoplar distintos soportes de comunicación, manteniendo de modo lógico una sola LAN.

2.4.3.2 Concentradores (HUBS)

Un concentrador es un dispositivo que centraliza la conexión de los cables procedentes de las estaciones de trabajo. Se puede visualizar como una estación de trabajo al punto de acceso/salida de una subred, permitiendo este dispositivo la conexión de subredes, pero con restricciones grandes. En el aspecto físico, los *hubs* implementan topologías físicas en estrella, pero funcionando como un bus o un anillo lógico.

Existen dos tipos de concentradores:

Concentradores pasivos.- Un concentrador pasivo es una localización central para la unión de cables desde las estaciones de trabajo; no realiza amplificación de señales, y no requiere de alimentación eléctrica.

Concentradores activos o inteligentes.- Los concentradores activos disponen generalmente de más puertos que los concentradores pasivos, y regeneran las señales que viajan entre los dispositivos interconectados a ellos, necesitando de

alimentación eléctrica. Se utilizan como repetidores, al permitir la extensión de un cable conectado a una estación de trabajo. Dentro de los concentradores activos, existen varias generaciones de evolución en el desempeño de los mismos, teniendo los concentradores inteligentes de segunda generación, las siguientes utilidades:

- Detección de fallas.
- Capacidad de recolección de información sobre el desempeño de la red y de los puertos individuales del concentrador; enviando la información recogida a la estación encargada del monitoreo y gestión de la red.
- Uso de buses múltiples, capaces de soportar *Token Ring*, *Ethernet* y FDDI.
- Permiten crear segmentos lógicos de LAN dentro de un único concentrador y tender puentes hacia esos segmentos.
- Posibilitan la instalación de módulos de gestión, capaces de permitir la operación del concentrador de manera remota.

2.4.3.3 Puentes (*Bridges*)

Son dispositivos que operan en la capa de enlace de datos (capa 2 del modelo de referencia ISO/OSI), y proporcionan un camino de comunicación entre dos o más segmentos de red o subredes. Los puentes no analizan los campos de datos, delimitan el tráfico entre redes a las redes que tienen acceso directo, y deben preservar las características de las LAN que están interconectando (tales como capacidad de transmisión, probabilidad de pérdida, retardo de transmisión, etc.). En los puentes existe independencia de protocolos, para su operación. El puente opera filtrando el tráfico entrante (analizando la dirección de destino de cada trama), en función de una tabla de direcciones que yace dentro del dispositivo. La versatilidad de un puente radica en que permite la unión de distintas redes y el

envío de tramas entre ellas, siempre y cuando exista compatibilidad en los mecanismos de direccionamiento.

Existen tres tipos de puentes:

Puente simple.- Es un puente en el cual la tabla de direcciones está basada en un conocimiento previo. Destacan como ventajas la velocidad y la simplicidad, pero cayendo en falta de flexibilidad y limitación de estaciones a manejarse, por el tamaño de la tabla de direcciones.

Puentes transparentes.- Los puentes transparentes, operan en la subcapa MAC, pudiendo reiniciarse de manera automática, reenviar tramas, hacer autoaprendizaje de las estaciones de red, y resolver los posibles bucles que existan en la topología de red.

Puentes de encaminamiento de fuente.- En este tipo de puente, la estación origen determina la ruta que va a seguir la trama e incluye esta información en forma de identificadores de puentes y de LANs. De este modo, un puente retransmite la trama si su identificador está en la ruta designada, y desechándola de modo contrario. Aquí, ya no se requiere de tablas de direcciones, conociendo el puente únicamente sus identificadores, siendo los modos de direccionamiento y las directrices de enrutamiento, quienes permiten a la estación origen el elegir la ruta hacia el destino.

2.4.3.4 Switches

El *switch* incrementa la velocidad y la eficacia de las redes proyectando líneas dedicadas o conexiones virtuales temporales entre los usuarios y los recursos que requieren, es decir, envía información directamente desde el puerto origen hacia el puerto destino del *switch*. Estableciendo líneas dedicadas y siendo capaz de cambiarlas instantáneamente, los *switches* manejan el tráfico, incrementan la flexibilidad de la red y mejoran el *performance*: facilitan los cambios y los crecimientos de la red, dependiendo del número de puertos que posean.

El *switch* establece una línea directa de conmutación entre dos puertos y mantiene múltiples enlaces simultáneos entre varios puertos, lo que produce mejor utilización del ancho de banda e incrementa la productividad y el rendimiento de la red.

Los algoritmos de *switching* utilizados básicamente son dos: *Cut-Through*, que consiste en que los paquetes son enviados tan pronto como éstos entran al *switch* y la dirección destino es leída; esto ocurre en los primeros 20 a 30 [bytes] y dura un tiempo aproximado de 30 [us]. El puerto es reservado y se establece una conexión entre los dos puertos. El otro algoritmo es el *Store and Forward*, en el cual la información es guardada en la memoria de un *buffer* hasta que es totalmente recibida y se realiza un chequeo de redundancia cíclica. La memoria del *buffer* aumenta retrasos en el proceso de conmutación de puertos en un promedio de 400 a 500 [us], pero este retraso reduce el número de paquetes malos que pueden dar un efecto adverso para el *performance* de la red.

Los *switches* utilizan dos tipos de arquitectura. Los *switches* con arquitectura RISC (*Reduced Instructions Set Computer*), son utilizados para aplicaciones de propósito general; este tipo de *switches* pueden enviar tramas de acuerdo a la información de direccionamiento basados en la información de la capa de enlace del modelo OSI, así como también de las decisiones de enrutamiento de la capa red. Son utilizados por su relativo bajo costo, en comparación con los *switches* de arquitectura ASICs (*Application-Specific Integrated Circuits*), que es una arquitectura basada en *chips* diseñados con el objetivo de manejar operaciones específicas. Toda la funcionalidad está implementada en *hardware*; los *switches* con arquitectura ASICs crean caminos físicos dedicados entre cualquier puerto de entrada y los de destino, sin necesidad de usar *buffers*.

2.4.3.5 Ruteadores o encaminadores (*Routers*)

Los encaminadores son conmutadores de paquetes que operan a nivel de red del modelo ISO/OSI (capa 3), y dependen en su trabajo de los protocolos que se

están usando en las redes (pudiendo llegar a trabajar con varios protocolos, llamándose enrutadores multiprotocolo a los enrutadores con dicha capacidad), conectando redes LAN que pueden tener o no diferentes tecnologías de acceso al medio. Los ruteadores interconectan redes tanto del tipo LAN como de tipo WAN, y cuando existen dos o más rutas entre dos puntos finales de la red, proporcionan control de tráfico y funciones de filtrado, de acuerdo a los protocolos y políticas de ruteo y administración implementados. El enrutamiento de datos se da entre redes que pueden usar diferentes tecnologías. Los ruteadores, por su labor, son más lentos y más caros que los puentes, equilibrando estas desventajas con su aplicación para grandes redes. El enrutamiento involucra dos actividades básicas: el correr los algoritmos de enrutamiento para determinar la rutas posibles a seguirse, expresándolas por medio de *tablas de enrutamiento (forwarding tables)*, y usar dichas tablas para mover los paquetes a lo largo de la red, llamándose a esta última actividad conmutación o enrutamiento. El enrutamiento a realizarse puede ser de al menos tres clases:

Enrutamiento de fuente.- En este tipo de enrutamiento, la información cruzada hacia los nodos intermedios para el desplazamiento de la información es hecha antes de que el paquete sea enviado.

Enrutamiento de circuito virtual.- En el cual una conexión es establecida antes de que el primer paquete sea enviado. Cada paquete viaja por medio del circuito virtual establecido. El enrutamiento a un nodo determina el puerto al cual el paquete ha arribado y su circuito virtual, enviándolo entonces por el circuito virtual de salida vía el puerto de salida, de acuerdo a una tabla determinada.

Enrutamiento de paquetes.- Cada paquete es enrutado de modo individual, de acuerdo a una tabla de enrutamiento basada en un algoritmo que realiza el cálculo del próximo salto.

2.4.3.6 *Brouter*

Es un dispositivo que combina las funciones de puente y de *router*, teniendo la capacidad de encaminamiento de un *router*, pero con la velocidad de procesamiento de un puente. Un *brouter* es independiente del protocolo, pero puede dirigir el tráfico de una LAN a otras redes, dependiendo del protocolo.

2.4.3.7 Pasarelas (*Gateways*)

Una pasarela es un dispositivo que actúa como traductor entre dos sistemas que no utilizan los mismos protocolos de comunicaciones, formatos de estructuras de datos, lenguajes y/o arquitecturas, llegando a usar todas las siete capas del modelo OSI⁵⁹, realizando conversiones de protocolos, permitiendo la mayor conectividad posible, y una orientación hacia la aplicación. Una pasarela, modifica el empaquetamiento de la información o su sintaxis para acomodarse al sistema destino.

Una pasarela realiza una conexión entre los sistemas operativos de red, llegando a mostrar una red homogénea desde ambos extremos del dispositivo. Un *gateway* TCP/IP permite que redes LAN que no usen los protocolos TCP/IP, se comuniquen con *hosts* ubicados en redes que sí usen dichos protocolos, permitiendo los servicios de emulación de terminales (TELNET), transferencia de archivos (FTP) y correo electrónico (SMTP).

2.4.4 TIPOS DE INTERCONEXIONES

El desarrollo de la interconectividad de redes se ha dado para soportar los requerimientos de comunicación entre sistemas terminales disímiles. Una interred requiere del uso de protocolos y presentaciones que le permitan la escalabilidad y

⁵⁹ En realidad, una pasarela es vista como un dispositivo que puede trabajar a partir de la capa 4 del modelo ISO/OSI. Las pasarelas de aplicación, como su nombre lo indica, trabajan conectando dos miembros de una aplicación, en la capa de aplicación.

la administración de modo que la intervención humana sea mínima. Las interredes pueden formarse por los siguientes tipos de interconexiones:

- Interconexión de redes LAN.
- Interconexión de redes WAN.
- Conexiones remotas o accesos remotos, los cuales enlazan oficinas y usuarios individuales (usuarios móviles y/o teleconmutadores) a campus locales o al Internet.

La figura 2.10 muestra un ejemplo de una interred.

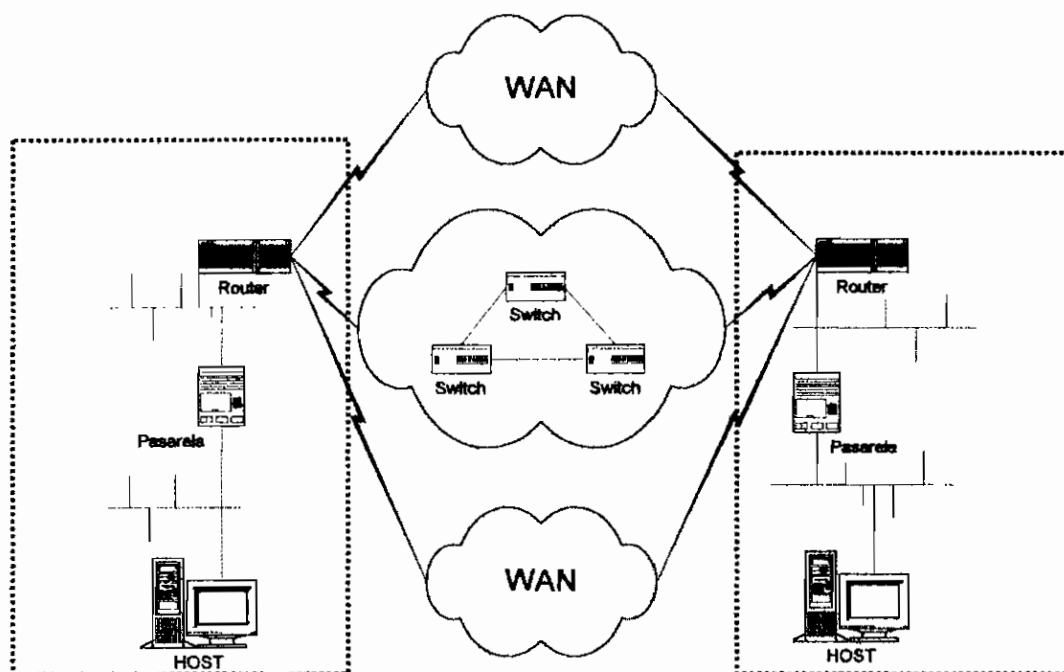


Figura. 2.10 Ejemplo de una interred.

2.4.4.1 Interconexión de redes locales

La topología de red que presenta una interconexión de redes locales (refiriéndose a la interconectividad de redes limitadas a un área geográfica), es, primeramente, tecnología LAN conectando a todos los terminales de la nueva red que se forma.

La conectividad a nivel de redes LAN, se enmarca en tres grandes grupos: crecimiento o expansión de la red, fusiones a otras redes o ámbitos de trabajo, o requerimientos hacia redes WAN. Las tecnologías que se usan son *Ethernet*, *Token Ring*, *FDDI*, *Fast Ethernet*, *Gigabit Ethernet*, y *ATM*. Si la extensión a la que se refiere es grande, se hace uso de tecnologías WAN para poder realizar la interconectividad. El uso de protocolos y cableado basado en tecnologías WAN debe analizarse con cuidado, debido al alto costo (inicial) de las facilidades de gran ancho de banda, disminuyendo a futuro los costos del servicio.

Es un criterio de diseño por defecto, el que se diseñe la red resultante de modo que la arquitectura de funcionamiento sea la más adaptada a rápidas velocidades, basada en la expansión o no a nuevos sistemas de cableado, y dependiendo, ante todo, de las aplicaciones. El uso de *Fast Ethernet*, *Gigabit Ethernet* y *ATM*, dentro del *backbone*, sumados a la conmutación de capa 2, proporcionan un ancho de banda dedicado al usuario. El uso de *switches* de LAN, mejora el desempeño de la red, incrementando el ancho de banda y la capacidad de salida para grupos de trabajo y servidores locales, siendo su instalación similar a la instalación de un *hub*, no presentando ningún problema en ese aspecto. El uso de *switches* multicapa (que proveen funcionalidad de capa 2 y capa 3), permite el tener en un solo dispositivo un *switch* (capa 2) y un *router* (capa 3), incluyendo la capacidad de segmentar lógicamente a la red, basados en un algoritmo de ruteo, un protocolo de capa superior, o facilidades de WAN. El uso de dispositivos que trabajen también en capa 3, permite la interconexión de grupos conmutados, proveyendo inclusive servicios de seguridad, calidad del servicio (*QoS*, *Quality of Service*), y administración del tráfico, asegurando de mejor forma una futura escalabilidad de la interred. Es de gran importancia el tomar en cuenta a las diversas tecnologías y propiedades de las subredes a integrar, para evitar caídas de la red, retardos innecesarios, etc.

Una solución tendiente a optimizar la interconectividad, en el caso de redes similares, es el uso de puentes para formar segmentos de redes, debido a que dichos segmentos, actuando para su tráfico interno, van a poder alcanzar mayor

throughput, además de llegar a decrementar la probabilidad de colisión, caso muy frecuente en redes LAN.

En el caso de conexión de redes disímiles, existen tres grandes opciones: puentes LAN a LAN, enrutamiento mediante un servidor, o implementación de un protocolo común a ambas redes, del tipo TCP/IP.

2.4.4.2 Consideraciones para la elección de redes WAN

Se pueden visualizar las redes WAN, como la comunicación entre áreas geográficamente separadas, conectando los campus o redes locales entre sí, siendo la comunicación dada por medio de distintos enlaces de WAN; los puntos de juntura LAN/WAN, están representados por los *routers*. Dichos enrutadores determinan el camino más apropiado a través de la interred para el flujo de información. Los enlaces WAN son conectados por conmutadores, los cuales reenvían la información a través de la WAN y determinan el tipo de servicio provisto por la misma.

Para suministrar los servicios, las técnicas de WAN en cuanto a conmutación, se dividen en conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, y conmutación de celdas, debiendo tomarse en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de ellas, destacándose las siguientes:

- Las redes de conmutación de circuitos ofrecen a los usuarios un ancho de banda dedicado, el cual no puede ser utilizado por los otros usuarios.
- Las redes de conmutación de paquetes ofrecen, por el contrario, mayor flexibilidad y ancho de banda de la red, siendo de este modo, más eficientes que las anteriores.
- La conmutación de celdas, combina varios aspectos de ambas técnicas (conmutación de circuitos y conmutación de paquetes), produciendo redes de

alta capacidad de paso de la información, siendo las redes de técnica ATM, las de mayor difusión y adeptos, por sus características.

Dentro del diseño de redes WAN, debido a los costos del proveedor del servicio, es necesario optimizar el uso del ancho de banda (eficiencia) y su costo, maximizando el servicio efectivo al usuario final. Los *routers* usados a este nivel de conectividad, generan optimización del tráfico, creación de múltiples caminos para redundancia, calidad de servicio y respaldo de establecimiento de la comunicación.

2.4.4.3 Conexiones remotas

Las conexiones remotas permiten enlazar usuarios particulares (caso de usuarios móviles y/o conmutadores distantes), oficinas distantes, o pequeños grupos de usuarios. En este caso, el uso de tecnologías o recursos de WAN, es innecesario debido a los grandes costos que esto implica, prefiriendo en este aspecto el involucrar en la comunicación un gran número de usuarios remotos o sitios de conexión, de modo que se puedan abaratar los costos del servicio y la optimización del mismo. El uso del ancho de banda debe ser optimizado de mejor forma, ya que al ser pocos los usuarios a conectarse, el costo por usuario se incrementa, siendo el costo mayor en la conectividad final a lograrse, sobre todo porque en la mayoría de casos la conexión no es a tiempo completo.

Las características del servicio en este tipo de conexiones, están entre líneas conmutadas, líneas dedicadas y opciones WAN para conexiones remotas (las cuales llegan a alcanzar una velocidad de transmisión máxima de 128 [kbps])^[B]. De las técnicas más usuales actualmente, se destaca el uso del módem analógico, ADSL, líneas dedicadas, *Frame relay*, X.25 e ISDN, pudiendo superar fácilmente los 128 [kbps].

2.4.5 CONSIDERACIONES DE INTEGRACIÓN LAN/WAN

Las comunicaciones de voz se han incrementado de manera significativa en los últimos años, teniendo mayores seguridades en los sistemas de correo de voz centralizados para comunicaciones verbales, al igual que las aplicaciones multimedia y de colaboración, llegando a ser la interconectividad a nivel de LAN/WAN muy crítica para el flujo de la información, tratándose con mayores usuarios y aplicaciones de última generación. En las redes LAN, el *hardware* y los costos de la implementación son los factores que limitan la conectividad, pero teniendo un ancho de banda de bajo costo o no representativo para el usuario. En cuanto a las redes WAN, el ancho de banda ha sido el costo a vencerse, y el tráfico sensible al retardo (como la voz), ha sido llevado de modo separado al de datos. Las aplicaciones que son de mayor interés en la realización de un proyecto de universidad virtual, tales como las aplicaciones de Internet de transmisión de voz y vídeo en tiempo real, requerirán de un desempeño más predecible entre las redes LAN y WAN. La calidad del servicio es un aspecto fundamental en tales aplicaciones, pero no debiendo las disposiciones de control de calidad interferir con el resto de tráfico de la red. En este punto, las prestaciones de ATM vienen a destacar entre las técnicas de integración de redes, llegando a presentar iguales ventajas en el caso de la escalabilidad.

2.4.6 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE INTERCONECTIVIDAD

Para el diseño de una interred, se deben determinar primeramente los requerimientos para dicha configuración. El diseño final debe reflejar las metas, características y políticas de las organizaciones involucradas en la interred, pudiendo requerirse un rediseño de estructuras organizativas, de comunicación y de aplicaciones. Dos objetivos mayores deben dirigir el diseño de la interconectividad:

1. *Disponibilidad de la aplicación.*- La misión de una red, como es evidente, es llevar información de aplicación entre computadores. Si las aplicaciones no

están disponibles para los usuarios de la red, la red no está realizando su cometido.

2. *Costo de la propiedad.*- Dado el costo relativo a la implementación y los presupuestos de los sistemas de información, el costo involucrado con la interred es importante. El uso de *software* de red y de aplicaciones que puedan correr en la red para permitir un adecuado desempeño de los usuarios, deben equilibrarse con las prestaciones a darse.

Un diseño de interred debe tender a balancear ambos objetivos (disponibilidad/costo), viéndose los resultados en la implementación final, llegando a poder optimizar la disponibilidad de la aplicación y permitiendo el uso efectivo en costo de los recursos de red. Se deben tener en cuenta también los entornos propietario / no propietario, para la implementación final. Se deben observar el uso de protocolos y equipos de normas propietario o de estándar: los costos y las prestaciones de dichos equipos y protocolos deben equilibrarse y analizarse en función de las necesidades a satisfacerse.

Los elementos generales principales en el problema de diseño de interred,^[B] para un análisis de necesidades de usuario, son los siguientes:

- *Entornos citados.*- Los entornos citados incluyen las locaciones de los *hosts*, servidores, terminales, y otros nodos terminales; el tráfico proyectado para el entorno final, y los costos proyectados para la entrega de los diferentes niveles de servicio.
- *Restricciones de desempeño.*- Estas restricciones consisten de la confiabilidad de la red, la capacidad de procesamiento de tráfico (*throughput*), y las velocidades de transmisión *host/computador* (por ejemplo, las velocidades de acceso entre las tarjetas de interfaz de red y el disco duro).
- *Variables de interred.*- Estas incluyen la topología de red, las capacidades de las líneas, y las asignaciones del flujo de paquetes.

- **Análisis de carga.**- El realizar el modelado de la carga de trabajo de la red, tomando como base el monitoreo de un número dado de usuarios, aplicaciones y topología de la red, puede caracterizar la capacidad de procesamiento de la red en un día de trabajo. El tipo de tráfico que ha pasado, nivel del mismo, el tiempo de respuesta de los *hosts*, el tiempo de demora en ejecutar la transferencia de archivos, pueden ser registrados. Del mismo modo, la utilización del equipo será determinada por herramientas de gestión de redes, para su análisis. El análisis de tráfico de modo detallado viene a ser un desperdicio de recursos y de tiempo, dependiendo del tipo de redes y topologías a conectarse. El muestreo y la extrapolación permiten una adecuada aproximación de las características de las redes y de los requerimientos de las mismas.

2.4.6.1 Determinación de los requerimientos de usuario

En general, los usuarios desean primariamente disponibilidad de aplicaciones en su red. Los componentes principales de la disponibilidad de las aplicaciones son el tiempo de respuesta, *throughput* y confiabilidad.

- El tiempo de respuesta es el tiempo entre el ingreso de un comando o la presión de una tecla y la ejecución de dicho comando por el sistema del *host* destino o del servidor, o el envío de una respuesta. La satisfacción de los requerimientos de respuesta para el usuario, es generalmente considerada como una función monótona, hasta un punto en el que la satisfacción del usuario en este aspecto no es significativa.
- Las aplicaciones que ponen un alto volumen de tráfico en la red tienen un mayor efecto en el *throughput*, antes que las conexiones de red terminal a terminal. Sin embargo, las aplicaciones de características de alto volumen de procesamiento tienen usualmente un bajo nivel de tiempo de respuesta. Este tipo de tráfico puede ser compensado por su ejecución en periodos de baja carga para la interred.

- Si bien la confiabilidad de todo sistema es siempre importante, algunas aplicaciones tienen requerimientos propios que pueden llegar a exceder las necesidades típicas de una red. Estas aplicaciones pueden llegar a necesitar un gran nivel de soporte en *hardware* y redundancia en la topología de la red. Para el análisis de la confiabilidad de la red, es de gran importancia el determinar los costos que conllevan la caída de la red o la pérdida de la comunicación en general.

No obstante los análisis y medidas de parámetros hechos en la red, es necesario considerar lo siguiente:

- *El acceso a la red es dependiente del tiempo.*- La demanda pico de recursos de la red o acceso a la misma será variable a lo largo de un día, semana o período de trabajo. Un seguimiento, determinará holgura en ese caso, y si los picos a darse son normales en la red.
- *Diferencias con el tipo de tráfico asociado.*- El tráfico en los sistemas de interconexión dependerá del fabricante y de los protocolos a usarse, y del requerimiento de ancho de banda de las aplicaciones.
- *La naturaleza del tráfico en la red.*- El tiempo exacto de arribo de la información, así como alteraciones no usuales en el comportamiento de la red, obedecen a la aleatoriedad en el comportamiento de los usuarios, la misma que influye finalmente en el comportamiento de la red.

2.4.6.2 Determinación de costo

El análisis de costos no debe verse sólo desde el punto de vista de la suma de los costos de los equipos; debe considerarse el costo del entorno. Los costos asociados pueden ser los siguientes:

- **Costos del equipamiento de *hardware* y *software*.**- Estos costos deben incluir los gastos de adquisición, la instalación, mantenimiento y la proyección de costos de actualización.
- **Costos de desempeño.**- Los costos involucrados en lograr un desempeño más rápido (por ejemplo el tiempo de respuesta), que involucran la selección de medios de comunicación, interfaces de red, nodos de interconexión, módems, y servicios de WAN, representan una parte significativa en la relación costo/desempeño de la interred a lograrse.
- **Costos de instalación.**- Estos costos, pueden ser los más caros de todos, debido a la infraestructura física que debe disponerse y la normatividad local determinada en cada punto de interconexión. No se deben confundir con los costos del equipo anteriormente mencionados.
- **Costos de expansión de la interred.**- Se deben prever dichos costos, en cuanto a las necesidades futuras de locaciones, la ampliación de funcionalidades, previa la delimitación y programación de implementación a futuro de la interred, al menos en un modo aproximado.
- **Costos de soporte.**- El monitoreo, la configuración y el mantenimiento de las redes son más complicados mientras mayor sea la complejidad de la red a formarse. Los costos de los respaldos, el entrenamiento, la labor directa de administración y la tecnología involucrada con la misma deben ser analizados, en función de las necesidades del servicio y políticas del mismo.
- **Costos de caída de las comunicaciones.**- En general, se debe asignar un costo alto a las pérdidas de comunicación, aunque debe evaluarse en un modo cuantitativo, de ser posible. El diseño de redes redundantes pueden permitir el reducir los costos de pérdida de comunicaciones.
- **Costos de oportunidad.**- En estos costos, se analizan otras opciones o soluciones alternativas a las propuestas para el diseño realizado, en cuanto a

plataformas de *hardware*, topologías, niveles de redundancia, o integración de sistemas. Las soluciones alternativas deben, obviamente, responder a los requerimientos de la interred. La comparación de los costos de las implementaciones, ventajas y desventajas, pueden ayudar en el análisis de la implementación final.

- **Costos asumidos.**- Las inversiones ya realizadas en cuanto a la planta de cableado, enrutadores, concentradores, *switches*, *hosts*, y otros equipos y *software*, vienen a ser conocidos como los costos asumidos. El análisis de los costos de la infraestructura existente puede limitar los niveles de conectividad, o bien considerarlos o desecharlos para la interred.

2.5 TECNOLOGÍAS DE ACCESO A REDES DE COMUNICACIONES

Las redes de comunicaciones, dependiendo de los dispositivos que interconecten, tendrán sus propios elementos que permitan el acceso a los servicios que prestan. Para redes estandarizadas (por ejemplo, *Ethernet*), las tarjetas de red permiten el acceso y la operación dentro de la red. Dichas tarjetas trabajan con los protocolos y los estándares prescritos en las normas.

Las tecnologías a las que se hace mención en este punto de estudio se refieren mayoritariamente a las que permiten el acceso a Internet, aunque su aplicación es general.

2.5.1 MÓDEMS

Las líneas de transmisión para la propagación de señales, presentan tres problemas principales: la atenuación, la distorsión por retardo, y el ruido. Es indispensable modular los datos digitales de tal manera que puedan ser propagados en el medio de transmisión (ya sea éste par de cobre, coaxial, fibra óptica, espacio libre o cualquier otro medio que se use para la transmisión), para tratar de minimizar los efectos no deseados de la atenuación y de la distorsión por retardo.

Un módem es un dispositivo que acepta una corriente de bits en serie como entrada, y que produce una portadora modulada como salida, y viceversa (acciones conocidas como modular y demodular, respectivamente). Los módems se clasifican principalmente en asincrónicos y sincrónicos. Los primeros, en los cuales la información de sincronismo no se recupera en el módem de recepción, usan modulación FSK y son utilizados para aplicaciones de baja velocidad (menor a 2 [kbps]^[C]); los segundos, en los cuales la información de sincronización se recupera en el módem de recepción, utilizan modulación PSK (*Phase Shift Keying*)⁶⁰ o QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*)⁶¹. Estos módems son utilizados para aplicaciones de mediana y alta velocidad.

Muchos módems tienen ahora integradas otras funciones tales como la compresión, corrección de errores, supresión y/o cancelación de eco.⁶²

2.5.2 FTTx

FTTx se refiere a un conjunto de tecnologías para redes. En este grupo de tecnologías, las principales son: FTTN, FTTC, FTTB, y FTTH. En estas tecnologías se utiliza fibra óptica desde la central u oficina central hacia el vecindario, acera, edificio, o casa, respectivamente.

FTTH (*FTTH, Fiber To The Home*). En este tipo de tecnología se intenta llegar directamente desde la central al usuario con fibra óptica; pero el costo de la fibra y del equipo asociado a ella (como son transmisores y receptores ópticos) es alto, por lo que esta solución resulta no ser práctica económicamente.

⁶⁰ PSK, modulación de fase. Tipo de modulación digital, en la cual la fase de la portadora cambia de acuerdo a la señal binaria que ingresa al modulador

⁶¹ QAM, modulación de amplitud en cuadratura. Tipo de modulación digital, en la cual se varían simultáneamente la fase y la amplitud de la onda portadora.

⁶² Un supresor de ecos es un amplificador que puede activarse y desactivarse mediante una señal de control producida por un circuito detector de señal entrante al enlace, eliminando la señal de retorno cuando existe dicha señal entrante; un cancelador de eco, es un circuito que simula un eco, estima su magnitud, y lo resta de la señal que ingresa en el receptor.

FTTC (FTTC, Fiber To The Curb). Este tipo de solución es más económica que la presentada por FTTH, y consiste en multiplexar señales o datos por la fibra óptica desde a central hasta la acera de un grupo usuarios (generalmente grupos de 4 a 24 usuarios), con distancias promedio entre usuarios no mayor a 30 [m]. Luego la señal es distribuida por medio de cable UTP categoría 5, como se ilustra en la figura 2.11.

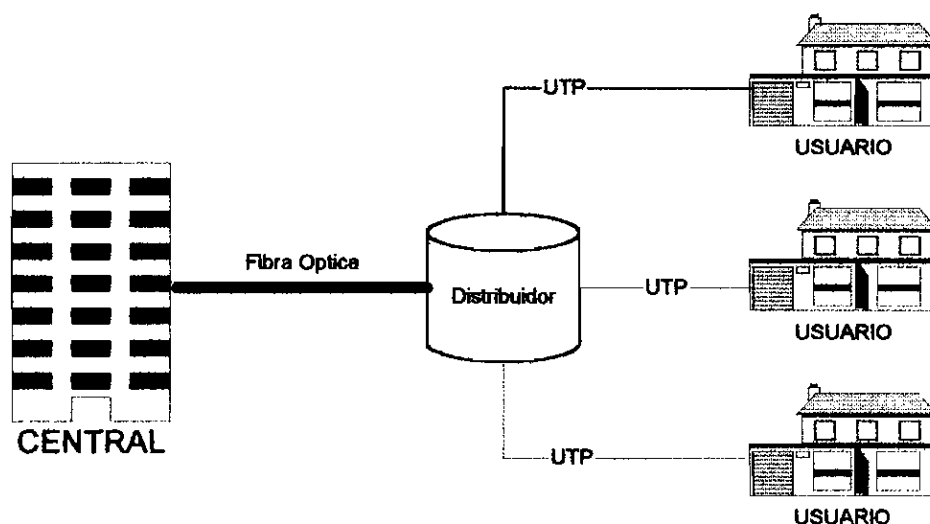


Figura. 2. 11 Fibra a la acera.

Los esquemas FTTN y FTTB (*Fiber to the neighborhood*, y *Fiber to the building*, fibra al vecindario y fibra al edificio, respectivamente), no representan en sí mayores diferencias de implementación con respecto a FTTH y FTTC, siendo diferenciados por arreglos comerciales antes que por aspectos estructurales de los sistemas.

2.5.3 CABLE MÓDEM

Cable módem es un dispositivo que provee alta velocidad de acceso a datos, vía la red de televisión por cable^[M]. El Cable módem posee típicamente dos conexiones: una al cable, que llega desde fuera, y otra conexión hacia el computador a través de un interfaz Ethernet 10 base T o directamente al bus serial universal (*USB, Universal Serial Bus*), como se muestra en la figura 2.12. La

principal función que debe llevar a cabo el cable módem es la de modular y demodular señales.

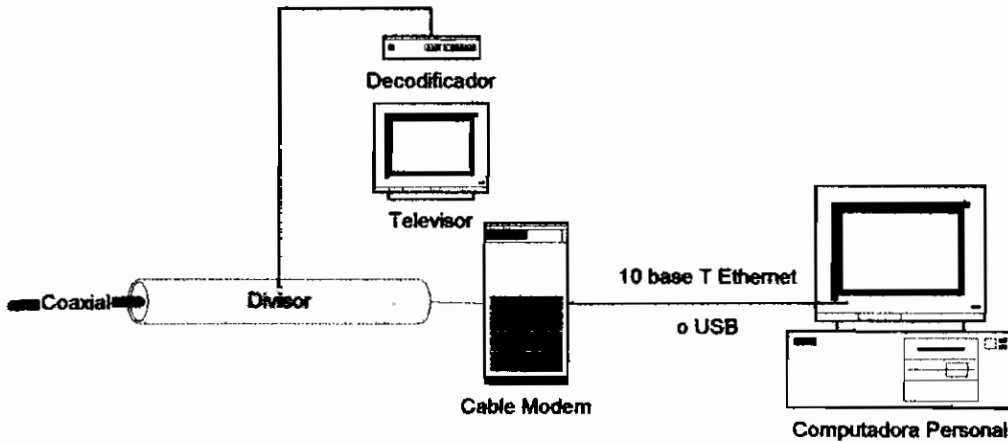


Figura. 2.12 Cable módem

Para mejorar el desenvolvimiento de esta tecnología, se utiliza un sistema híbrido (*HFC, Hybrid Fiber/Coax*), el cual consiste en llevar la señal desde la oficina central por medio de fibra óptica hasta la acera, y luego distribuirla por medio de cable coaxial; esto incrementa el ancho de banda disponible hasta 750 [MHz]^[A], como se muestra en la figura 2.13

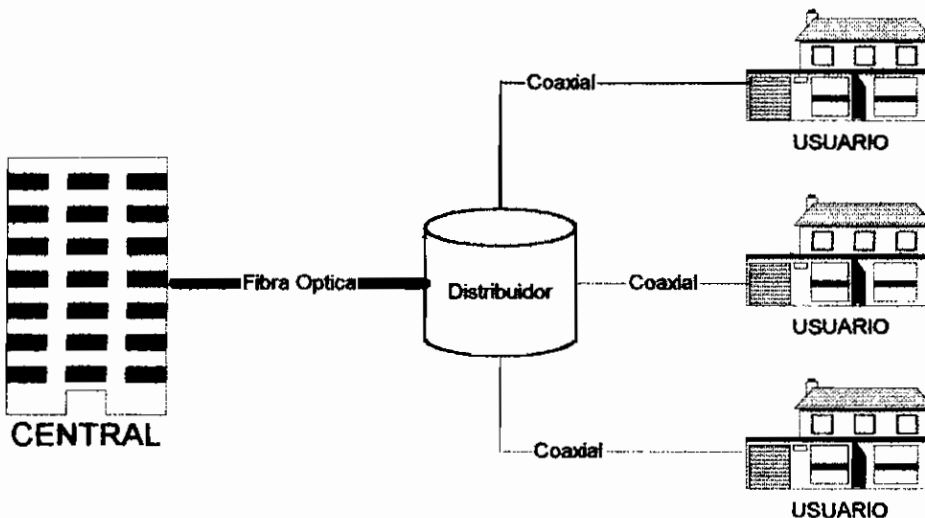


Figura. 2. 13 Híbrido Fibra-Coaxial

La velocidad de acceso que se puede obtener vía cable módem es muy variada, dependiendo principalmente del sistema de cable, de la arquitectura y de la carga de tráfico en la red. Se pueden alcanzar velocidades de 27 [Mbps] desde la red al computador. Pero esta velocidad se degrada dependiendo del número de usuarios, por lo que es común tener velocidades de 1 a 3 [Mbps]. Los datos son modulados en anchos de banda de 6 [MHz], y localizados en una banda que va desde los 50 [MHz] a los 750 [MHz] para poseer compatibilidad con el sistema de canales de televisión por cable; utilizan modulación 64 QAM. En sentido contrario, desde el computador hacia la red, se pueden tener velocidades de hasta 10 [Mbps]; sin embargo, los fabricantes de cable módem sugieren velocidades óptimas de trabajo que están entre los 500 [kbps] y los 2.5 [Mbps], utilizando una banda entre los 5 [MHz] y los 42 [MHz], con modulación QPSK o 16 QAM.

Para aplicaciones como navegación por la WWW, es común utilizar un cable módem asimétrico, en el cual el canal desde la red hacia el computador posee un mayor ancho de banda con respecto al canal desde el computador hacia la red.

El principal problema es que cable módem no posee un estándar internacional: el primer estándar para cable módem fue desarrollado por algunas compañías en 1998, y no goza de una aceptación total en el mercado. Por este motivo, la incompatibilidad entre dispositivos similares de diferentes fabricantes aún es notoria.

2.5.4 DSL, LÍNEA DE SUSCRIPTOR DIGITAL (*Digital Subscriber Line*)

DSL se refiere a un grupo de tecnologías similares⁶³ que proveen un amplio uso del ancho de banda sobre el par trenzado de cobre usado en las instalaciones normales de suscriptores de servicio telefónico, sin necesidad de amplificadores o repetidores a lo largo de la ruta del cable que establece la conexión entre el suscriptor y el primer nodo de la red de servicios. DSL es provisto sobre lazos de

⁶³ Al hablar genéricamente de las tecnologías DSL, se las trata en la literatura como xDSL, siendo x cualquier clase o tipo de tecnología DSL.

cobre locales no cargados⁶⁴, que posee la mayoría de las facilidades telefónicas actuales. La tabla 2.3 permite apreciar las ventajas del uso de tecnologías DSL, con respecto a los tiempos de transmisión de diversos archivos para el suscriptor final del servicio, notando que los tiempos aceptables de transmisión de archivos se consideran generalmente menores a 3 segundos.^[N]

TIPO DEL ARCHIVO DE APLICACION	TAMAÑO DEL ARCHIVO (Kbytes)	Módem 28.8 [kbps]	ISDN 128 [kbps]	xDSL 334 [kbps]	xDSL 768 [kbps]	xDSL 1544 [kbps]	xDSL 6141 [kbps]
TIEMPO		Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.
Todos los usuarios del correo electrónico	30	8.3	1.9	0.63	0.31	0.16	0.04
Fotos digitalizadas usuario común	125	34.7	7.8	2.6	1.3	0.6	0.2
Archivos de Microsoft Word, nivel de negocios	250	69.4	15.6	5.2	2.6	1.3	0.3
Teleconmutación, videoconferencia	384	No	No	Si	Si	Si	Si
Telemedicina Rayos X	5 000	1386	312	78	52.1	25.9	6.5
Acceso remoto a LAN, archivo Access Bulk	20 000	5400	1200	414	210	102	25

Cuadro 2.3 Comparación de tiempos de transmisión de archivos usando distintas tecnologías de transmisión.^[O]

⁶⁴ Refiriéndose, en este aspecto, a la no inclusión de bobinas o inductores a intervalos regulares de la línea, usados para lograr una respuesta de frecuencia apropiada para el ancho de banda usado en telefonía, aproximadamente 4 KHz.

La tecnología DSL provee configuraciones de ancho de banda simétrico y asimétrico, de modo que se puedan soportar requerimientos de gran ancho de banda, ya sea en una vía o dos vías, siendo una configuración simétrica la que requiera anchos de banda iguales en las dos direcciones de la comunicación. IDSL es fundamentalmente otro nombre para un canal ISDN-BRI (operando con dos canales de circuito conmutado de 64 [kbps] para datos y un canal de 16 [kbps] para señalización); este arreglo permite llevar tanto voz como datos en ambas direcciones de comunicación a la vez. No obstante, existen varios arreglos de DSL de acuerdo a distintas técnicas de modulación para ajustar el tráfico en una u otra dirección, y se los explica a continuación:

- **HDSL, Línea de suscriptor digital de alta velocidad (*High-bit-rate Digital Subscriber Line*).**- HDSL deriva su nombre por el gran ancho de banda que es transmitido en ambas direcciones sobre dos lazos de cobre, proveyendo servicios E1 o T1 sin necesidad de repetidores, de manera confiable y a bajo costo. Los *transceivers* HDSL pueden transmitir a una velocidad de datos de 2.048 [Mbps] sobre dos pares de cobre de 24 hilos de 0.5 mm. de diámetro, no cargados, a distancias de hasta 4.2 [km].
- **HDSL2.**- HDSL2 es la nueva generación de HDSL, la cual se desarrolló bajo la óptica de obtener tasas de transmisión totales de T1, pero manteniendo la compatibilidad espectral de HDSL en una sola línea de cobre; además, llegar a un alcance de alrededor de 3.6 [km], el cual es el alcance de una portadora T1. En sí, HDSL2 puede ser visto como HDSL, pero en un único par de cobre.
- **S-HDSL/SDSL, HDSL de canal único /DSL simétrico (*Single-HDSL/Symmetric DSL*).**- Este servicio opera también en un único par de cobre. S-HDSL/SDSL permite una fácil implementación de aplicaciones que requieren flujos de datos simétricos en un único lazo local mientras se mantiene la conexión telefónica en la misma línea.
- **ADSL, Línea de Suscriptor Digital Asimétrica (*Asymmetric Digital Subscriber Line*).**- ADSL toma su nombre de su aplicación por medio de un

comparativamente gran ancho de banda en una dirección, con un bajo ancho de banda en la dirección opuesta. Las velocidades de transmisión son superiores a los 1.5 [Mbps] hacia el suscriptor, llegando hasta los 9 [Mbps]^[65]; y de 16 hasta 640 [kbps] hacia la central. En la figura 2.14, se muestra un esquema de ADSL en un proveedor de red.

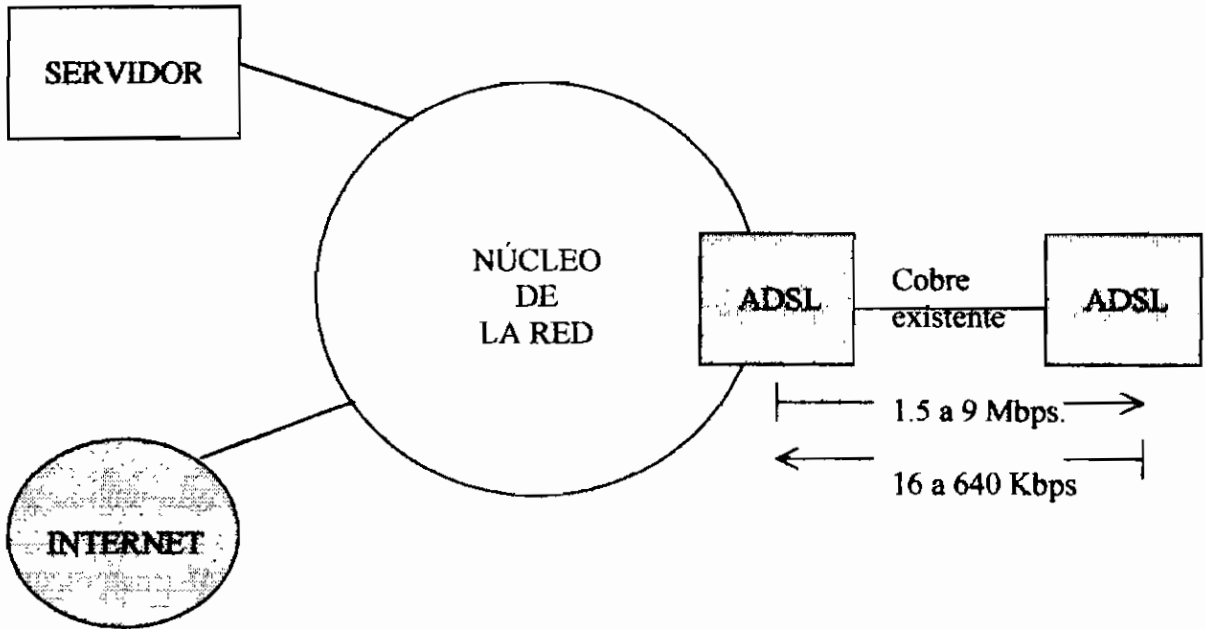


Figura. 2.14 Esquema de ADSL para servicios de red e Internet.^[D]

Un circuito ADSL conecta un módem ADSL en cada extremo de una línea telefónica de par trenzado, creando tres canales de información (un canal de alta velocidad hacia el usuario, un canal dúplex de velocidad media, y un canal de servicio telefónico básico). El servicio de canal telefónico básico es separado del trabajo del módem digital por medio de filtros, garantizando de este modo el servicio ininterrumpido de telefonía básica, aún si ADSL llegara a fallar. El canal de alta velocidad tiene velocidades de 1.5 a 6.1 [Mbps]⁶⁵, y el canal dúplex tiene velocidades de 16 a 640 [kbps]. Cada canal puede ser sub-multiplexado para formar de este modo canales múltiples de velocidades más bajas. Los módems

⁶⁵ Si bien la velocidad máxima en el esquema ADSL es 9 [Mbps], en la mayoría de las implementaciones comerciales, se llega a una velocidad máxima de 6.1 [Mbps].

ADSL son compatibles con velocidades E1 o T1, teniendo como configuración mínima 1.5 o 2.0 [Mbps] hacia el usuario y 16 [kbps] de canal dúplex; o 6.1 [Mbps] con 64 [kbps] de canal dúplex. No obstante, se puede llegar hasta presentaciones de 8 [Mbps] con 640 [kbps] de canal dúplex, con módems ADSL trabajando bajo esquemas de transporte ATM con velocidades variables y compensación para cabecera de celda, trabajando con protocolos IP. El desempeño en las velocidades de transmisión depende de la distancia del par de cobre, como se muestra a continuación, en el cuadro 2.4^[66].

VELOCIDAD DE TRANSMISION ([Mbps])	Número de hilos AWG ⁶⁶	Distancia (km)	Diámetro del hilo (mm)
1.5 o 2	24	5.5	0.5
1.5 o 2	26	4.6	0.4
6.1	24	3.7	0.5
6.1	26	2.7	0.4

Cuadro 2.4 Distancias y velocidades alcanzadas en ADSL, de acuerdo a los tipos de cable utilizados

ADSL realiza multiplexación por división de frecuencia (FDM), para lograr la multicanalización dentro del par de cobre: las tecnologías DSL aprovechan todo el ancho de banda que provee el canal de cobre, como se visualiza en la figura 2.15.

- *ADSL Lite*.- Conocida más genéricamente como *g.lite*, es una solución por subdivisión de ADSL, con requerimientos de procesamiento digital de señales reducidos en comparación con los sistemas ADSL totales, teniendo una tasa de transmisión de datos descendente de 1.5 [Mbps] o menos. Su aplicación

⁶⁶ AWG, *American Wire Gauge*, estándar norteamericano usado comúnmente para la denominación de los distintos cables de cobre usados en aplicaciones domésticas o generales, basado en su diámetro, cubierta y otras especificaciones.

principal es a nivel de consumidor, sobre todo en la provisión de servicios de Internet.

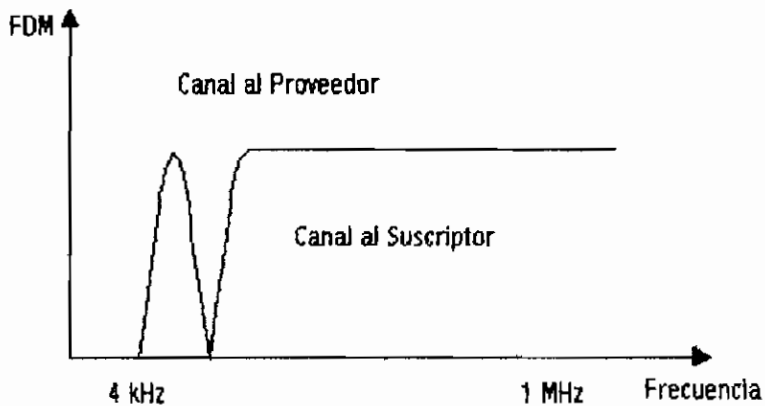


Figura. 2.15 Distribución de bandas de frecuencia en par trenzado para el uso en tecnologías DSL.

- **RADSL, DSL de velocidad adaptiva (*Rate Adaptive Digital Subscriber Line*).**- Es una extensión a ADSL, usada para soportar una amplia variedad de velocidades de transmisión, dependiendo de las características de la línea de transmisión.
- **VDSL, DSL de muy alta velocidad de transmisión (*Very High-bit-rate DSL*).**- Provee un gran ancho de banda asimétricamente (hasta 52 [Mbps] en una dirección y 2 [Mbps] en la otra), pero para usuarios con enlace de red de FTTC. Dentro de la arquitectura FTTC, VDSL direccionará la última sección de cableado de cobre a las instalaciones del suscriptor, con una implementación final de 26 [Mbps] a una distancia de 1 [km]. La máxima capacidad de transmisión hacia el usuario, está entre 51 y 55 [Mbps] sobre líneas de hasta 300 [m] de longitud, teniendo velocidades comunes de 13 [Mbps] en distancias de alrededor de 1500 [m].

Dentro de las tecnologías DSL, existen tres mecanismos diferentes para soportar la transmisión:

- a) Codificación tipo 2B1Q.- Forma de codificación usada para reducir a la mitad el ancho de banda requerido en señales digitales; representa dos bits por medio de una señal cuaternaria, de modo que el espectro de la señal transmitida sea reducido.
- b) Modulación discreta multi-tono.- Esta técnica divide los 3 canales en 256 subcanales hacia el usuario y 32 canales hacia el proveedor, sobre los cuales el tráfico es dispersado, añadiendo una capa de multiplexaje a la corriente de datos, siendo capaz de distinguir y aislar subcanales deficientes en calidad o con demasiada interferencia, transportando el tráfico por medio de los subcanales adyacentes, proveyendo de este modo mayor confiabilidad, alta calidad y robustez. Cada canal es modulado separadamente por medio de la modulación QAM.
- c) Modulación de amplitud/fase sin portadora (*CAP, Carrierless Amplitude/Phase Modulation*).- CAP es una técnica de modulación digital de estándar propietario, permitiendo velocidades de 7.5 [Mbps] hacia el usuario y sólo de 1 [Mbps] hacia la central. CAP también usa una variante de la modulación QAM.

2.5.5 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA DENSA (*DWDM, Dense Wavelength Division Multiplexing*)

DWDM es una técnica de transmisión que permite el incremento de las capacidades de redes de fibra óptica por medio del uso de tecnología apropiada para el efecto, permitiendo que múltiples corrientes de datos confluyan a un único canal de comunicaciones, al localizar dichas corrientes en diferentes longitudes de onda, incrementando el ancho de banda provisto por una única fibra óptica. DWDM es basado en WDM, la multiplexación por división de onda (*Wave Division Multiplexing*), método que comenzó como un sistema de canal dual de

longitudes de onda de 1310/1550 [nm]. DWDM incrementa la densidad del canal hasta 32 longitudes de onda separadas, aumentando la capacidad neta de la fibra.

Cada señal es transmitida a un valor específico de longitud de onda. Cuando la luz es transmitida, cada longitud de onda debe permanecer separada y ser amplificada. Típicamente, una señal óptica debe ser regenerada cada 100 [km]^[P], distancia a la cual ya puede ser significativa su pérdida de potencia, realizándose el proceso de regeneración principalmente previo un proceso de conversión óptica-eléctrica, pero ya existiendo en la actualidad la regeneración de la señal óptica sin necesidad de conversión, por medio de amplificadores de fibra dopados con Erblio, el cual, además permite la regeneración simultánea de algunas señales ópticas a la vez, centrándose en la región de longitudes de onda localizada entre los 1500 y 1600 [nm]. DWDM soporta independencia de protocolo y de velocidades de transmisión, llegando inclusive a soportar tráfico SONET/SDH⁶⁷ y *Frame relay*, requiriendo para el enrutamiento un multiplexor de inserción y derivación, para las redes de anillo normalmente soportadas por SONET y SDH.

El multiplexor de inserción y derivación puede extraer e inyectar una longitud de onda específica en el anillo para acceso local a señales individuales de datos. Mediante la técnica de DWDM, se pueden incrementar la capacidad de los anillos, o añadir el ancho de banda incrementalmente, bajo solicitud, en base de la asignación de longitudes de onda.

2.5.6 HSSI, INTERFAZ SERIAL DE ALTA VELOCIDAD (*High-Speed Serial Interface*)

HSSI es un interfaz desarrollado por las empresas *Cisco Systems* y *T3plus Networking* con el propósito de satisfacer las necesidades de grandes velocidades de comunicación sobre enlaces WAN; la estandarización de este interfaz está

⁶⁷ SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), Jerarquía Digital Sincrónica: denominación de la UIT para la interfaz de transmisión óptica para sistemas portadores. SDH es basada en el desarrollo de SONET (*Synchronous Optical Network*), red óptica sincrónica, estandarizada por el ANSI y desarrollada por Bellcore.

bajo la dirección del comité ANSI/EIA/TIA⁶⁸ TR30.2, trabajando conjuntamente con las organizaciones de normalización UIT-T e ISO. Las especificaciones de HSSI definen tanto los interfaces eléctricas como físicas DTE/DCE, lo que equivale a trabajar en la capa física del modelo de referencia ISO/OSI.

La velocidad máxima de señal en este interfaz es de 52 [Mbps], pudiendo de este modo manejar corrientes de bits de velocidades T3 (45 [Mbps]) o, en el límite, OC-1 (52 [Mbps]), la cual es una de las velocidades en la jerarquía SDH; de modo adicional, el interfaz provee conectividad de alta velocidad entre LAN, como con *Token ring* y *Ethernet*. Dentro de las características del interfaz, destacan:

- Longitud máxima del cable, 15 [m].
- Velocidad máxima de señalización 52 [Mbps].
- Número de pines del conector: 50.
- Util para topología punto-punto.
- Tipo de cable: UTP categoría 5.

2.5.7 SISTEMAS SATELITALES

El uso de enlaces de comunicación provistos por servicios satelitales es de gran aplicación para redes WAN, proveyendo el servicio de acceso de canales múltiples. En sí, un satélite de comunicaciones funciona como una estación repetidora de señales inalámbrica, localizada a gran altura sobre la superficie terrestre, proveyendo un enlace de comunicación por microondas entre dos sitios separados por grandes distancias. Debido a su gran altitud, las transmisiones por medio de un satélite pueden cubrir grandes áreas sobre la superficie de la tierra. Cada satélite está equipado con varios transpondedores (*transponders*), los cuales

⁶⁸ TIA: *Telecommunications Industries Association*, Asociación de Industrias de Telecomunicaciones.

incorporan una antena sintonizada a una cierta frecuencia central dentro del espectro asignado al servicio. La señal que llega a la antena, es amplificada, filtrada, cambiada de frecuencia y enviada hacia la antena receptora de la señal. El uso de satélites para la transmisión de datos dentro de los esquemas de WAN, sirve principalmente para la provisión de enlaces de *backbone* para redes LAN y MAN dispersas geográficamente.

Dentro de las características de los sistemas satelitales, se tiene:

- Cobertura de grandes extensiones de la superficie terrestre.
- Grandes retardos de transmisión (entre 260 [ms] para un salto simple, y 500 - 540 [ms], para una configuración de salto doble, utilizando satélites geoestacionarios y dependiendo de la configuración de los saltos satelitales⁶⁹).
- Transmisión de tipo difusión (*broadcast*).
- Canal de gran ancho de banda.
- Los costos de transmisión son independientes de la distancia.

2.5.7.1 Protocolos de capa de acceso al medio (MAC) para enlaces satelitales

Los canales satelitales tienen algunas características únicas que requieren consideraciones especiales a nivel de la capa de control del enlace del modelo ISO/OSI, necesitándose de medios de asignación o división del medio de transmisión a nivel de la subcapa MAC, debido a que la característica de la transmisión es de difusión.

⁶⁹ Definiéndose por salto satelital, la trayectoria de la señal enviada hacia su destino. Esta trayectoria, en el caso de un salto, es estación transmisora--satélite--estación receptora; en el caso de un salto doble, es estación transmisora--satélite--estación hub--satélite--estación receptora.

La mayoría de los esquemas de MAC usados asignan de modo general canales dedicados en tiempo y/o en frecuencia para cada usuario. Debido a los grandes retardos, ya no se usan los esquemas basados en CSMA/CD, lo que haría a los sistemas más lentos de lo que son actualmente. Dentro de las técnicas de acceso al medio en los sistemas de redes satelitales, se mencionan las siguientes:

- **ALOHA:** ALOHA puro determina el que todas las estaciones compitan por el acceso al canal a cualquier tiempo, teniendo una eficiencia de alrededor del 18%. La aleatoriedad del acceso al canal de cada estación, hace que las colisiones sean mayores y, aunque cada estación luego de una colisión, espera un tiempo diferente (aleatorio) para intentar un nuevo acceso, existe alta probabilidad de colisiones.
- La otra opción de ALOHA, el **ALOHA RANURADO** (*Slotted ALOHA*), en el cual las estaciones intentan acceder a la transmisión al inicio de cada ranura de tiempo en que se divide la transmisión, pudiendo llegar a una eficiencia de hasta el 36%, pero surge ya el problema de sincronización para notificar los inicios de las ranuras de tiempo a cada estación. Ambos sistemas de asignación de tiempo pueden ser muy útiles en el caso de tener un número reducido de estaciones en la red satelital.
- **FDMA**, acceso múltiple por división de frecuencia (*Frequency Division Multiple Access*): Es el método más común para repartición de canales. El ancho de banda disponible del satélite se divide en bandas de frecuencia para asignarlas a cada una de las estaciones terrenas, determinando el uso de espacios de frecuencia (guarda de frecuencia) entre las bandas de modo de evitar interferencias.

TDMA, acceso múltiple por división de tiempo (*Time Division Multiple Access*): Este también es uno de los métodos más utilizados, y se basa en el hecho de multiplexar las señales de cada estación transmisora en un modo secuencial. Todas las estaciones transmiten a una misma frecuencia, pero tienen derecho de transmitir de acuerdo a un espacio de tiempo determinado

(*slot*), el cual requiere de sincronización entre las estaciones terrenas. En caso de necesitarse mayor ancho de banda para una misma estación, se puede asignar más de un *slot* de tiempo para la transmisión.

CDMA, Acceso múltiple por división de código (*Code Division Multiple Access*): Aquí se hace uso de un esquema híbrido entre asignación de frecuencia y asignación de tiempo, mediante el uso de una forma de modulación de espectro disperso. Se provee de canales separados sin realizar sincronización en tiempo. Cada símbolo binario a transmitirse es representado por medio de un código disperso consistente de una secuencia de ceros y unos. La velocidad de transmisión del código es, típicamente, mucho más alta que la velocidad de la señal original, y se la conoce como velocidad de chip (*chip rate*), y resulta a la final en un código único para cada estación. Dentro de las ventajas de la técnica, destacan el que ya no es necesaria la organización o coordinación entre los usuarios, debido a que un código entrante a una estación, diferente del asignado a dicha estación, aparece como ruido en el receptor; así mismo, ya no existen restricciones ni limitaciones de tiempo para la transmisión; el uso de distintos códigos para cada estación permite realizar procesos de identificación y autenticación en la transmisión, sin ser necesario el añadir información en el paquete de datos. Finalmente, es posible reusar las frecuencias al asignar diferentes códigos para cada usuario.

DAMA, Acceso múltiple por asignación de demanda (*Demand Assignment Multiple Access*): Este esquema permite el uso de un número de canales menor al número total de potenciales usuarios del sistema. Las conexiones satelitales son establecidas y permiten el flujo de la información solamente cuando la demanda de tráfico lo amerita.

PRMA, Acceso múltiple por reservación de paquetes (*Packet Reservation Multiple Access*): Es un método que permite el uso de TDMA en combinación con las técnicas de ALOHA ranurado. Este método es usado principalmente en aplicaciones satelitales móviles.

2.5.7.2 Uso de redes satelitales como soporte de aplicaciones de Internet de gran ancho de banda^[Q]

La distribución de aplicaciones de Internet, usando como respaldo redes satelitales, debe tenerse muy en cuenta, debido al hecho de que la mayoría de enlaces de videoconferencia y transmisiones de gran aplicabilidad colaborativa buscarán respaldo en medios ubicados a gran distancia entre ellos: el enlace a grandes distancias, permite el ahorro de tiempo y recursos para con las contribuciones de especialistas, tanto para fines de enseñanza como para fines de colaboración en la investigación. Se considerará principalmente el uso de satélites geoestacionarios, que son los de mayor difusión, añadiendo también las tendencias en el campo de aplicaciones satelitales, con el uso de satélites de mediana órbita (*MEO, Medium Earth Orbit*) y de baja órbita (*LEO, Low Earth Orbit*).

2.5.7.3 Distribución de Internet mediante satélites geoestacionarios

El uso de los satélites geoestacionarios para distribución de servicios de Internet, tiene las siguientes ventajas:

- *Gran ancho de banda.*- Si se usa la banda Ka satelital de frecuencias (20-30 GHz), se puede llegar a tener un *throughput* de velocidades en el rango de Gbps.
- *Bajo costo.*- El costo se reduce al realizar la comparación del servicio con respecto al área de cobertura del haz satelital. En este punto, el costo del enlace puede ser relativamente alto, pero se beneficia del gran nivel de cobertura geográfica provisto.
- *Relativa movilidad de la comunicación.*- Dentro del haz de cobertura del satélite, existe una relativa facilidad de movilidad para la comunicación en cualquier punto de cobertura.

- **Topología simple de red.**- Las trayectorias a seguir para el transporte de la información son menos complejas con respecto al modelo de malla que presentan los *backbones* de Internet terrestres o cableados. El desempeño de la red es, de este modo, más manejable.
- **Difusión y multidifusión.**- El uso de aplicaciones de *broadcast* y *multicast*, se facilita por medio de una menor complejidad del enrutamiento, en comparación a las redes cableadas terrestres. La precisión de la entrega de información dependerá obviamente, del tipo de enrutamiento dado por la fuente de la información.

Si bien existen ventajas, la mayor desventaja se presenta en el retardo de la comunicación, debido a las grandes distancias desde las estaciones basadas en tierra hacia los satélites, y también por los retrasos extras en la comunicación debido al procesamiento de la señal. Esos retardos no pueden ser significativos en algunas aplicaciones, pero en las de mayor interactividad, presentan grandes inconvenientes. El uso del protocolo TCP se ve restringido en ese sentido, ya que usa *handshake* para la comunicación y la transferencia de la información. Dependiendo del tipo de aplicaciones, existen diversas variantes al protocolo TCP que pueden ser implementadas, disminuyendo los efectos de las demoras de tiempo debidas a las grandes distancias: T/TCP (*Transaction/TCP*, TCP para transacciones), TCP-SACK (*TCP Selective-Acknowledge*, TCP de Acknowledge Selectivo), TCP-LW (*TCP-Large Window*, TCP de gran ventana), entre otras. El uso de UDP y protocolos de tiempo real reducen los tiempos de retardo, y permiten, a su vez, un mejor desempeño de aplicaciones de alta capacidad de respuesta. Para aplicaciones de multidifusión, el uso de TCP es muy reducido, no existiendo mayores problemas por afectación debida a retrasos.

2.5.7.4 Uso de satélites de bajas y medianas órbitas^[R]

Las capacidades de comunicación debidas a los satélites de baja y mediana órbita, presentan ventajas con respecto al uso de satélites geostacionarios: cobertura global y gran ancho de banda. El retardo debido al uso de estos

sistemas es muy bajo, permitiendo velocidades de transmisión de datos equiparables con las transmisiones en redes que usan fibra óptica, caso previsto en las redes de baja órbita.

Dentro de las desventajas del uso de sistemas de órbitas diferentes a la geostacionaria, radica el hecho de que los satélites no pueden estar ubicados en un único punto respecto a tierra: su desplazamiento es continuo, implicando el uso de grandes cantidades de satélites gemelos, pero aumentando la complejidad de la red para su administración y enrutamiento. Las aplicaciones de multidifusión y difusión se ven más restringidas debido a los problemas de enrutamiento de los sistemas. El costo asociado al uso de estos sistemas es alto, ya que están previstos para usuarios de gran capacidad (que generalmente actuarán como proveedores de sistemas terrestres), además de que la implementación de los sistemas satelitales de este tipo está en fase experimental.

2. 6 TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

El uso de las redes de computadores y de los equipos de comunicación relacionados a ellas, se basan en la premisa de lograr la comunicación de procesos y personas, cada vez tendiendo más hacia lograr que la separación física de los individuos y los procesos sea transparente, en la medida de lo posible. Las formas y medios encaminados a lograr comunicarse, expresarse, mostrar ideas, conceptos y procesos, al usuario final, forman parte de lo que hoy se conoce como tecnologías de la información. Una definición de tecnologías de la información (*IT, Information Technologies*), debido a la gran amplitud de campos y procesos que abarca en la actualidad (aplicaciones, herramientas de procesamiento, interfaces de usuario, conectividad, sistemas de transmisión, lenguajes de programación, sistemas de toma de decisiones, etc.), es muy temprana en este punto. Para lograr un acercamiento a una definición de las tecnologías de la información en el caso del entorno bajo el cual se va a realizar el desarrollo de la presente tesis, se analizarán brevemente los antecedentes de donde parte la expansión actual: los sistemas de información, y los sistemas de administración de la información.

2.6.1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES HISTÓRICOS A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN^[8]

Todo ámbito de trabajo o de investigación en general, sea éste una empresa, universidad, entidad gubernamental, tendrá políticas y procesos de comunicación que permitan un adecuado desempeño tendiente a alcanzar los objetivos de la organización en sí. Puede verse esto, entonces como que toda organización tiene un sistema de información. Si se remite el análisis a este contexto general, los sistemas de información nacen prácticamente con la aparición del lenguaje y las formas de comunicación: pinturas rupestres, registros impresos en tablas de arcilla (en los babilonios, año 3500 A. C.), el alfabeto (fenicios, 2000 A.C.). El apareamiento de las matemáticas (3500 A.C. aproximadamente), y su expansión en cuanto a alcances y conocimientos a partir del siglo XVII, permiten el desarrollo de equipos electromecánicos de suma y desarrollo de procesos que requieren intervención matemática. Desde entonces, y sobre todo desde el siglo XIX y XX, con el avance de los sistemas de comunicación y los dispositivos de procesamiento de datos, se ha logrado alcanzar el punto de análisis presente, donde se tiende a llegar hasta la comunicación entre procesos y personas. Se concluye, que los sistemas de información constan de tres elementos constitutivos estructurales: la información, la tecnología y las personas.

Cabe aquí el realizar las siguientes diferenciaciones:

Los datos son hechos, imágenes, o sonidos, los cuales pueden o no ser pertinentes a una tarea en particular. Hay que diferenciar los enfoques conceptuales de datos e información, en modo cognoscitivo y aplicado a telecomunicaciones. En telecomunicaciones, la información es vista como el conocimiento o una forma del mismo; siendo la información procesada y organizada de modo apropiado para lograr la comunicación técnica, lo que se denomina como dato. Stallings (*Data and computer Communications, Fifth Edition*), define dato como una entidad que conlleva algún significado.

- *La información* son los datos, cuya forma y contenido son apropiados para un uso en particular.
- *El conocimiento* es una combinación de ideas, reglas y procedimientos que guían las acciones y las decisiones.

El conocimiento, entonces, es usado para transformar los datos en información que es útil en una situación, permitiendo a una persona el interpretar y actuar sobre la información. Los datos son procesados transformándose en información, y conjuntamente con las ideas, instintos, reglas y procedimientos permiten la toma de decisiones.

2.6.2 DEFINICIONES PREVIAS

Un sistema es un conjunto de componentes que interaccionan entre sí para lograr un objetivo común. Los componentes pueden ser entes aislados o subconjuntos de componentes, con una misión específica. Se puede entender a un sistema de información como "*un sistema de conjuntos de información necesarios para la decisión y el señalamiento en un sistema más amplio (del cual es un subsistema), que contiene subsistemas para recolectar, almacenar, procesar y distribuir conjuntos de información*"^[7]. Esta primera definición, requiere ciertas puntualizaciones:

- a) La función primordial de la información, y por tanto de un sistema de información, consiste en aumentar el conocimiento del usuario, o el reducir la incertidumbre en los procesos que requieren la toma de decisiones.
- b) Un sistema más amplio, del cual el sistema de información forma parte, es el entorno bajo el cual el sistema de información va a trabajar, el contexto al que pertenece y quién define las prestaciones o labores a cumplir por el sistema.
- c) Los subsistemas de recolección, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información, pueden llegar a considerarse parte o no del

sistema de información, dependiendo ya sea de las políticas del sistema, o si dichos subsistemas tienen relación al uso de tecnologías de comunicación o comunicación de datos. Esto obedece a que no en todos los entornos, los procesos de recolección de datos, su almacenamiento y su distribución serán necesariamente realizados con ayuda de sistemas computacionales o electrónicos.

Un *sistema de información* viene a ser entonces el “medio” por el cual los datos fluyen de una persona o proceso hacia otros, y puede ser cualquier cosa, desde la comunicación interna entre los diferentes componentes de la organización mediante líneas telefónicas, hasta los sistemas de cómputo de generación de reportes multiusuarios, pasando por otros procesos. Un sistema de información proporciona información a todos los demás sistemas del entorno, y enlaza los componentes de forma tal que éstos trabajen con eficiencia para alcanzar los objetivos.

2.6.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS

Los sistemas de información, dependiendo del grado de conexión y comunicación de su entorno con otros entornos (a los cuales se llamará medio ambiente, que es el conjunto de objetos que se encuentran fuera de los límites del sistema), pueden ser de dos tipos: Los sistemas que interactúan con su medio ambiente (reciben entradas y producen salidas), se denominan *sistemas abiertos*⁷⁰; en contraste, aquellos que no interactúan con su medio ambiente que se conocen como *sistemas cerrados*. Todos los sistemas actuales son abiertos, debido a la diversidad de fuentes con las que se tiene que trabajar. Ya sea un ambiente de estudio (el cual requerirá de accesos a Internet, bases de datos de universidades y comunicaciones entre profesores e investigadores no sólo de la organización a la que pertenece el sistema), o un ambiente de trabajo empresarial (relaciones con proveedores, clientes y relaciones inter e intra empresas), todos los sistemas, sin

⁷⁰ El uso del término *sistema abierto* dentro del estudio y desarrollo de la terminología de los sistemas de información, es bajo un contexto diferente al del normalmente determinado y usado en la terminología de redes de computadores.

excepción son abiertos, siendo un sistema cerrado una definición prácticamente inexistente en la realidad.

2.6.4 CARACTERÍSTICAS DE DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

El desarrollo de los sistemas de información debe partir de premisas de análisis de requerimientos iniciales y finales, proyecciones e implementaciones, las cuales se analizarán dentro de este mismo capítulo, hasta llegar a una implementación y análisis final. No obstante, las características funcionales de un sistema de información, son las siguientes, desde un punto de vista genérico:

- *Integración.*- Los diferentes subsistemas del sistema se deben integrar de tal manera que se aprovechen las interrelaciones y la interdependencia entre los elementos constitutivos del entorno que son miembros de la organización.
- *Comunicación.*- Los canales de comunicación entre los subsistemas deben estar abiertos todo el tiempo, en teoría. Esto hace referencia al proceso de comunicación organizacional, más no al proceso de comunicación implementado a nivel técnico (enlaces, disposición de canales, conexiones, etc.).
- *Metodología.*- La organización debe determinar las premisas de operatividad y procesamientos involucrados para el desarrollo del sistema; es decir, la metodología del desarrollo deberá guardar los mismos requerimientos de investigación y desarrollo en todos los ámbitos, basados en las políticas organizacionales del entorno.

Orientación.- La orientación, más que nada desde el punto de vista administrativo, debe tender a que los subsistemas realicen operaciones y funciones independientes en general de intervención humana, en donde sea posible. La planeación y control del sistema deben estar previstos, de modo

que labores de mayores requerimientos funcionales puedan ser ejecutadas con la debida atención posible.

- *Tecnología.*- Las técnicas de procesamiento (desde el punto de vista estructural), deben guardar relación con las características anteriores, y permitir su implementación del modo más completo posible.

2.6.5 ELEMENTOS RELACIONADOS EN EL PROCESO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Los diferentes aspectos a tomarse en cuenta en el proceso de diseño de un sistema de información, en cuanto a elementos partícipes del sistema, son:

- *Recursos de la organización.*- Los recursos principales con los que cuenta una organización son el personal, los materiales, métodos, recursos financieros, disponibilidad física (en cuanto a equipos e infraestructura). Se debe tender a utilizar estos recursos con el máximo aprovechamiento posible de los mismos, teniendo en cuenta que la utilización de éstos no interfiera con el desempeño del entorno (la funcionalidad o propósito de trabajo de la organización a la que pertenecerá el sistema de información).
- *Necesidades de información de los usuarios.*- Se identifican y describen las necesidades de información y recursos de los usuarios potenciales del sistema. Dependiendo del enfoque final, las necesidades a satisfacerse deberán ser evaluadas en cuanto a su cumplimiento total o parcial, si son de grupo o no, o meramente puntuales.

Necesidades de otros sistemas.- Los otros sistemas de la organización (funcionales, administrativos, etc.) demandan ciertos tipos de procesamiento o requerimientos genéricos. Dentro de las necesidades genéricas de los otros sistemas, están el rendimiento, costo, confiabilidad, mantenibilidad, flexibilidad, programas de implantación, potencial de crecimiento, y la vida útil prevista.

- *Métodos de procesamiento de datos.*- La capacidad de procesamiento de datos, y el equipo y *software* utilizado, influyen en el diseño específico y en la operación de cada sistema. El diseño de elementos con sistemas alternativos de procesamiento puede ser recomendable en aspectos de confiabilidad alta o donde se requiera redundancia.
- *Operaciones a realizarse con los datos.*- La compilación, clasificación, arreglo, compendio, cálculo, almacenamiento, recuperación, reproducción y difusión de la información son algunas de las operaciones a realizarse con los datos dentro de los distintos procesos. Los procesos pueden involucrar el uso o no de algunas de ellas, o de otras actividades. Las limitaciones del diseño final influirán tanto en el número de operaciones incluidas en el sistema, como en la secuencia en la que se determine deben realizarse.
- *Herramientas de diseño.*- Las herramientas y técnicas que se usan en el desarrollo de sistemas, en todos los niveles del proceso de la información, deben ser compatibles o lo más integradas posibles. De este modo se puede evitar la compra innecesaria de equipos, *software*, o inclusive disminuir los requerimientos de personal especializado.

2.6.6 DESARROLLO ACTUAL, TENDENCIAS, Y DEFINICIÓN DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

Se han dado las principales características que deben guardar los sistemas de información en general. Si bien los mayores desarrollos conceptuales, de diseño y organizativos partieron de los desarrollos a nivel empresarial, el campo se ha extendido a todos los sistemas que involucren a sistemas informáticos, donde el recurso de la información, a distintos niveles es lo más importante.

Una vez que se establecieron los sistemas de información como una parte importante de una organización en general, el problema que se planteaba ya no caía en los sistemas empleados, sino en la capacidad de manejo simultáneo de tecnologías, especialistas, y la interacción con la organización en sí. Los sistemas

de información estaban formados por subsistemas que incluían *hardware*, *software*, medios de almacenamiento de datos para archivos y bases de datos. El conjunto particular de subsistemas utilizados - equipo específico, programas, archivos y procedimientos - es lo que se llega a denominar como una *aplicación de sistemas de información*.

Conforme los sistemas de comunicación entre personas y entre computadores, así como el desarrollo de plataformas de *software* mayores (desde sistemas operativos hasta paquetes de aplicación, en conjunto con diversos lenguajes de programación), fueron ampliándose y especializándose cada vez más, la labor de soporte y gestión de los sistemas de información fue incrementándose a la par. Es así como surgen los *Sistemas de Administración de la Información (MIS, Management Information Systems)*, a finales de los años 80. Estos sistemas son más organizativos, y si bien eran fundamentalmente herramientas de *software* para tomar decisiones o facilitar la tarea de la administración, abarcaban el manejo de personal, tendencias, procesos tecnológicos involucrados, planificación de los sistemas de red y de soporte, llegando inclusive a las comunicaciones de voz y vídeo independientes del uso de computadores (sistemas de conferencia), y la expansión de productos y tecnologías hacen muy diversos los campos de aplicación involucrados en dichos sistemas.

Es a partir de la integración de diversos campos de desarrollo de las tecnologías y sus aplicaciones, de donde surge la terminología de *tecnologías de la información*.

Definiendo, en base del desarrollo de características y antecedentes presentados, que *la tecnología de la información es el desarrollo de tecnologías y su aplicación enfocadas a los sistemas de información*⁷¹. Visto de otro modo, un sistema de información es un sistema que usa tecnología de la información para desplegar, almacenar, recuperar, manipular y procesar información a ser usada en un determinado proceso organizacional. Si bien el término puede ser muy amplio,

⁷¹ Entendiéndose por tecnología como la *aplicación de la ciencia o del conocimiento científico*.

esto obedece al enfoque que se dé a la aplicación de la tecnología: a nivel de usuario final, a nivel de transmisión de datos, de comunicación, a nivel de aplicación de usuario. Para el caso de las telecomunicaciones, se definirá las tecnologías de la información como *el desarrollo de las tecnologías de telecomunicaciones y su aplicación enfocadas a dar soporte a los procesos involucrados con la labor de los sistemas de información.*

2.6.7 SISTEMAS, DEFINICIONES RELACIONADAS Y APLICACIONES DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Se ha definido lo que es tecnología de la información, aplicada al caso de las telecomunicaciones, la cual es la orientación básica de desarrollo de la presente tesis. En la temática que aborda el trabajo a realizarse, se analizarán conceptos, definiciones y tecnologías que abordan los campos a cubrirse a nivel de aplicación educativa. Un desarrollo completo de análisis de todo lo que puede estar involucrado, sería muy extenso e inclusive improductivo para el caso a tratarse.

2.6.7.1 Sistemas expertos

Los sistemas expertos son aplicaciones o sistemas informáticos que incorporan una o más técnicas de inteligencia artificial para realizar una serie de actividades que tradicionalmente eran hechas por una persona, con un adecuado conocimiento del caso. Dentro de un sistema experto existen cuatro componentes, como se ilustra en la figura 2.16.

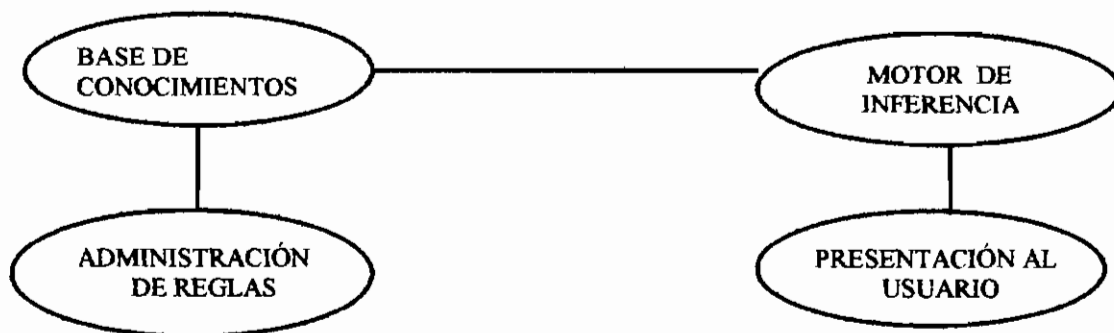


Figura. 2.16 Componentes de un sistema experto. [U]

La base de conocimientos contiene las reglas que rigen el comportamiento del sistema experto y las condiciones de la materia con la que se está tratando. El motor de inferencia es el procedimiento por el cual se generan las consecuencias, conclusiones y decisiones a partir de la base del conocimiento.

2.6.7.2 *Middleware*

Middleware es una categoría de *software* que oculta la red subyacente y sus protocolos de comunicación a las aplicaciones. La interfaz a nivel de programación que se usa en este tipo de aplicaciones, permite la creación de aplicaciones multi-entorno, sin tener en cuenta el tipo de redes y comunicaciones a darse, ocultándolas a las aplicaciones cliente-servidor (no permitiendo diferenciación entre aplicaciones frontales y posteriores).

Existen tres tipos de *middleware*:

Llamadas a procedimientos remotos (RPC, Remote Procedure Call).- La llamada a procedimiento remoto es una petición efectuada por una máquina a otra sobre una red, operando sobre diversas plataformas de red y protocolos de comunicación. Es en sí un proceso de petición/respuesta, en el cual el emisor espera una respuesta, implicando de modo general que las *RPC* son llamadas en tiempo real, que tienen lugar sobre interfaces orientadas a la conexión. Las *RPC* permiten a los usuarios interactuar con múltiples servidores y clientes de modo simultáneo.

Conversaciones.- Una conversación es un diálogo continuo entre dos o más sistemas sobre una conexión lógica. Diferente a los *RPC*, una conversación puede constar de ejecuciones solapadas sobre un entorno distribuido, sirviendo principalmente para la actualización de bases de datos distribuidas, en las cuales los cambios efectuados en lugares múltiples deben ser completamente sincrónicos.

Sistemas de mensajería.- Estos sistemas permiten a las aplicaciones el intercambio de órdenes e información en modo de almacenamiento y reenvío en tiempo no real, aunque puede llegar a realizarse en tiempo real. Si bien tiene similitudes con el sistema de correo electrónico en cuanto al proceso de realización, y la no orientación a la conexión, la diferencia radica en que el correo electrónico permite la comunicación entre usuarios.

2.6.7.3 Servidores

Un servidor proporciona las funciones esenciales para ofrecer servicios a los usuarios de la red y para ofrecer funciones de gestión a los administradores de la misma; si nos referimos al término genérico de servidores de red. Las funciones generales que realiza un servidor , son:

- Capacidad de almacenamiento de las órdenes, las utilidades y los módulos de programa del sistema operativo.
- Almacenamiento de programas y datos del usuario.
- Gestión de las funciones del sistema de archivos.
- Gestión de funciones de seguridad y acceso de los usuarios.
- Gestión general y control de la red.
- Capacidad de protección de datos, para garantizar su fiabilidad, teniendo funciones del tipo de imagen de discos, control ininterrumpido de la fuente de alimentación, y copia de seguridad de los archivos.

Hay que notar que dados los servicios disponibles y requeridos en las redes para con los usuarios hoy en día, un solo servidor no puede ser suficiente, requiriéndose de servidores dedicados para cumplir con una determinada tarea o

grupos de tareas. Dentro de los principales servidores dedicados, destacan los siguientes:

Servidores de comunicaciones.- Un servidor de comunicaciones permite la gestión de las conexiones entre nodos de la red, conexiones remotas, o conexiones a computadores centrales. Se encarga de proporcionar servicios de comunicación a los usuarios de modo que puedan transferir archivos hacia sistemas y redes localizados a grandes distancias, mediante enlaces de telecomunicaciones, o acceder a dichas redes o sistemas mediante dichos enlaces. Por ejemplo, un grupo de módems asíncronos conectados al servidor puede poner a disposición de los usuarios líneas de enlace telefónico de entrada y de salida. El servidor dispone de un número limitado de sesiones de entrada o salida, proporcionando servicios de pasarela (conversión entre formatos de datos, protocolos de comunicación y señales). En algunos tipos de servidores de comunicaciones, se pueden proporcionar servicios de correo electrónico (sobre todo entre redes LAN).

Servidores de archivos y copias de seguridad.- En este tipo de servidores se ejecutan programas de archivado y copias de seguridad para la red, haciendo uso en la actualidad de dispositivos de almacenamiento como cintas y discos ópticos, y de técnicas de compresión de datos. En los sistemas de almacenamiento jerárquicos, los datos de poco uso (ubicados en dispositivos de acceso rápido), se pueden trasladar a sistemas de gran capacidad de almacenamiento, permitiendo su uso en caso de ser requeridos posteriormente, mejorando el desempeño de la red. Un dispositivo de almacenamiento en modo conectado (*online*), es un disco magnético de alto desempeño, donde se almacena la información de acceso más frecuente; en cambio, los dispositivos de almacenamiento en modo desconectado (*offline*), son más lentos, proporcionando servicios de archivado y copias de seguridad. Existen, además, los dispositivos de almacenamiento semiconectado (*nearline*), siendo principalmente discos ópticos, los que dan servicios de acceso a archivos bajo solicitud, almacenando archivos poco utilizados.

Servidores de aplicaciones.- Los servidores de aplicaciones sirven para almacenar las aplicaciones y como punto de acceso a las mismas, llegando inclusive a realizar parte del procesamiento de ellas, permitiendo además, facilidades en la configuración de accesos y actualización de las mismas. En los sistemas cliente-servidor, tanto los sistemas frontales como los posteriores realizan parte del procesamiento.

Servidores de bases de datos.- Un servidor de bases de datos, almacena datos estructurados o información orientada a objetos a la que los usuarios acceden, generalmente por medio de algún método de acceso cliente-servidor. En general, un servidor de bases de datos es un depósito central de información, a la que acceden muchos usuarios. El cliente (frontal) y la base de datos (posterior), comparten el procesamiento: los usuarios acceden a las bases de datos, con la ejecución de comandos SQL (*Structured Query Language*), los cuales evolucionaron de los sistemas de acceso a los computadores tipo *mainframe*.

Servidor de correo electrónico.- Los sistemas de correo electrónico, utilizan servidores que se encargan de la gestión del tráfico de mensajes y de los casilleros de los usuarios, proporcionando además servicios de pasarela y de traducción, permitiendo el intercambio de mensajes entre distintos tipos de sistemas de correo electrónico. Los servicios pueden incluir el cifrado de mensajes, autenticidad mediante el uso de firmas digitales, e inclusive envío y transmisión de facsímiles.

Servidores de fax.- Los servidores de fax gestionan la entrada y la salida de mensajes por fax para los usuarios de la red, hacia un sistema telefónico o hacia otro usuario de la red. Los servidores de fax pueden llegar a realizar encaminamiento automático, donde los usuarios son designados con un número de fax asociado a su dirección de correo electrónico, de modo que el fax llegue al casillero de correo correspondiente al usuario.

Servidores de impresión.- Un servidor de impresión se encarga de que los usuarios accedan a las impresoras conectadas a la red, gestionando además los

trabajos de impresión por medio de un sistema de colas, pudiendo este sistema ser parte de un sistema de servidor de archivos o ser un servidor dedicado.

Servidor de servicios de directorio.- Los servicios de directorio distribuido permiten a los usuarios acceder a la información relativa a los recursos y a los demás usuarios de la red, conteniendo información acerca de todos los usuarios de la red, los servidores y los recursos de un grupo de redes, almacenando dicha información en una base de datos.

Servidores de terminales.- Permiten conectar un número grande de terminales a sistemas anfitriones o sistemas de minicomputadores sobre una red LAN. Un servidor de terminal es fundamentalmente un multiplexor asíncrono que no sólo conecta terminales, sino computadores, módems, impresoras y otros dispositivos al sistema anfitrión. Los servidores de terminales no son pasarelas, ya que el dispositivo terminal que se une usa un protocolo de comunicaciones que es compatible con el anfitrión. Cuando se conecta un computador personal a un anfitrión por medio de un servidor de terminal, éste ejecuta un programa que le permite emular los protocolos de comunicación de un terminal. El servidor de terminales encapsula los datos procedentes de ellos, para transportarlos sobre la red del sistema anfitrión.

Servidor dedicado.- Un servidor dedicado consiste en un sistema de computadores que se usa de modo exclusivo para dar servicio a los usuarios de la red. Un servidor no dedicado es establecido con cargas ligeras de red, en las cuales los usuarios ejecutan procesos y aplicaciones en un sistema ejecutado en el proceso servidor.

2.6.7.4 Software de grupos (*Groupware*)

El *software* de grupos es un *software* de red que define las aplicaciones utilizadas por un grupo de personas, permitiendo la interacción entre usuarios y mejorando la productividad del trabajo en grupo. Dicho *software*, para lograr su propósito, permite la inclusión de videoconferencia, correo electrónico y conversaciones

virtuales para permitir el trabajo de los usuarios de la red. Estos sistemas pueden llegar a requerir el uso de capacidades de conversión entre las aplicaciones (debido a que los sistemas de correo electrónico pueden ser incompatibles), llegando al uso de pasarelas o funciones específicas de las mismas.

2.6.7.5 SGML Lenguaje de marcación estándar generalizado (*Standard Generalized Markup Language*)

Dado bajo el estándar ISO 8879, define una forma estándar de almacenar información en documentos, proporcionando formas de integrar y compartir información creada en otros entornos, teniendo los archivos SGML atributos de modo que definen las secciones o componentes, párrafos, páginas, encabezamiento o formato de diseño de la página.

2.6.7.6 HTML, Lenguaje de marcación de hipertexto (*Hyper Text Markup Language*)

HTML es una aplicación de SGML, especializada en hipertexto y adaptada para la WWW, permitiendo a los usuarios la producción de páginas que incluyen texto, gráficos y apuntadores de otras páginas *Web (links)*. Las páginas que tienen la capacidad de apuntar a otras páginas se dice que usan hipertexto.

2.6.7.7 VRML, Lenguaje de modelado de realidad virtual. (*Virtual Reality Modeling Language*)

VRML es un lenguaje de modelado que puede ser usado para crear escenarios o escenas navegables de tres dimensiones (conocidos generalmente como mundos), dentro de las restricciones de ancho de banda que tiene el WWW, pudiendo ser capaz de trabajar y ejecutar inclusive en máquinas del tipo Intel 80486, con un módem de 14.4 [kbps]. Los escenarios o mundos son creados en base de elementos situados en un espacio vectorial de tres dimensiones, siendo la posición por defecto 0,0,0. En VRML, un nodo es un comando individual o la marca que es usada para crear y controlar un mundo. Al igual que HTML, VRML

es un lenguaje de marcación (permite la identificación de los objetos de la página o escena creada). Las unidades que se usan para la creación de los mundos, se basan en metros, siendo una unidad igual a un metro; las medidas de grados se realizan en base de radianes. La extensión de un archivo de VRML es .wrl, y puede ser vista con programas visores de estos archivos (al igual que los visores de hipertexto, que permiten visualizar los archivos creados con HTML).

2.6.7.8 Videoconferencia y vídeo de equipos de escritorio

Se llama videoconferencia a la tecnología que combina *hardware*, *software* y telecomunicaciones, para permitir a la gente situada en lugares distantes hablar, compartir e intercambiar ideas como si estuvieran cara a cara. Un sistema de videoconferencia puede proveer de todas las opciones de presentación y de intercambio de información que son posibles en una reunión persona a persona. En una videoconferencia, vídeo, audio y datos son de carácter interactivo, y su costo es elevado por el alto precio que demanda el ancho de banda de vídeo, principalmente, haciéndose uso de técnicas de compresión, las cuales reducen el ancho de banda requerido, pero degrada el nivel de calidad de la señal de vídeo. A nivel de la red Internet, se han desarrollado aplicaciones para vídeo y su transmisión sobre dicha red, las cuales hacen uso de los protocolos RSVP (Protocolo de Reservación de Recursos, *Resource Reservation Protocol*), y RTP (Protocolo de Transporte en Tiempo Real, *Real-Time Transport Protocol*), permitiendo la transmisión de vídeo en tiempo real sobre Internet. La UIT-T tiene la recomendación H.323 para plataforma cruzada, voz, vídeo y datos con capacidad de interoperabilidad, y comunicaciones punto a punto y multipunto en redes de datos.

El cuadro 2.5 detalla algunos aspectos de los sistemas de videoconferencia vigentes en la actualidad^[M]:

Característica	Basado en desktop o estación de trabajo	Basado en grupos	Basado en estudio
Alcance de audiencia	Persona – persona	Grupo - grupo	Conferenciante (s) – audiencia (s)
Calidad	Banda estrecha	Banda media	Banda ancha
Estilo de participación	Informal, espontáneo	Semi formal, manejado por agenda.	Formal, con argumento, establecido por el hablante.
Planeación, tiempo de dirección	Ninguno, virtualmente	Mínimo	Avanzado, normalmente de 2 a 3 semanas.
Factores que afectan el costo	<i>Hardware y software</i>	Dirección de la localidad, cargos de acuerdo a la localidad.	Cosos de las facilidades de estudio y producción.
Sistemas comerciales vigentes (ejemplos)	<i>CU-SeeMe, ShareVision, Mbone, ProShare, Visit Video; QuickTime conferencing</i>	<i>PictureTel, ImageTel, Vtel, CLI.</i>	Sistemas especializados basados en televisión.
Equipamiento	Computadores de escritorio de alto desempeño o estaciones de trabajo con capacidad de manejo de audio y vídeo; cada una con un micrófono y una cámara de vídeo pequeña, conexión a internet de banda ancha, o ISDN, o 56 [kbps] conmutados.	Monitor de gran pantalla, con capacidad de acercamiento (zoom), 56 [kbps] conmutados o ISDN.	Monitores, cámaras de estudio, control de audio, acceso al satélite (ascendente o <i>uplink</i>)o a cable de fibra óptica.
Justificación	Responde a necesidades ad-hoc; permite comunicación visual, partición de aplicaciones y transferencia de archivos a bajo costo.	Acomoda a grandes grupos; resolución aceptable para la interacción, permite la grabación para propósitos de archivo.	La más alta calidad; permite para la grabación de producción o salida de postproducción; máximo alcance de audiencia.

Cuadro 2.5 Aspectos característicos de los sistemas de videoconferencia.

La recomendación H.320 de la UIT-T define un codec para servicios audiovisuales a P_x64 [kbps] (recomendación H.261), estructura de tramas para canales desde 64 [kbps] hasta 1920 [kbps] en teleservicios audiovisuales (H.221), señalización entre terminales audiovisuales usando canales digitales de hasta 2 [Mbps]

(H.242), y control sincrónico de trama y señales de indicación para sistemas audiovisuales (H.230). La codificación de audio para sistemas de videoconferencia basados en la recomendación H.320, se define en las recomendaciones G.711, G.722 y G.728.

Servicios similares en redes, son definidos por las siguientes recomendaciones de la UIT-T:

- H.324, para redes de bajas velocidades de transmisión.
- H.321 y H.310 para redes ATM/ISDN de banda ancha.
- H.323 y H.322 para redes LAN.

2.6.7.9 Multimedia

Se comprende generalmente a la multimedia como el medio de integración de audio digital y vídeo de movimiento continuo (*full-motion video*), añadidos a los tipos tradicionales de presentación de datos, como son los formatos de texto, gráficos, animación e imágenes permanentes. La finalidad en la creación de recursos multimedios cae en la integración total, tanto de audio como de vídeo, en el sentido de que audio y vídeo pueden ser creados, combinados y editados en conjunto con otros tipos de datos, de modo que se obtengan objetos compuestos. Una estación de trabajo para multimedia, debe contener los siguientes subsistemas:

- *Subsistema de audio.*- El subsistema de audio es usado para reproducir y de modo opcional guardar audio digital. El subsistema incluye (estructuralmente), los sistemas de conversión analógica/digital y digital/analógica (los cuales sirven para la grabación y la reproducción, respectivamente), sistemas de compresión, y los soportes de la interfaz musical digital, y la etapa de sintetización del sonido.

- **Subsistema de vídeo.**- Es usado para la reproducción y adicionalmente la grabación de vídeo en forma digital. La reproducción incluye en su proceso la lógica para decodificar los envíos de información de vídeo comprimido y localizar el resultado en un *buffer* adecuado para el despliegue de la información. Una etapa opcional de captura de vídeo puede proporcionar además las funciones de conversión de señales de televisión estándares (NTSC, PAL, SECAM)⁷² a la presentación RGB de los computadores⁷³; realiza la captura de tramas al digitalizar una entrada de vídeo analógica (a la frecuencia de 30 tramas/segundo para vídeo de movimiento total, *full-motion video*); y, opcionalmente, comprime el vídeo capturado de modo de reducir la cantidad de información a almacenarse y el ancho de banda requerido para su transmisión.

Dentro del desarrollo de los sistemas multimedia, existen dos tendencias marcadas:

- Estaciones de trabajo multimedia individuales, y los sistemas de *software* y herramientas asociadas con el desempeño multimedia, tales como composición musical, aprendizaje asistido por computador, y vídeo interactivo.
- Multimedia en sistemas distribuidos: encaminadas a los sistemas de información multimedia, servicios multimedia bajo demanda y aprendizaje a distancia, por ejemplo. Los sistemas de características distribuidas requieren de transferencia continua de datos sobre periodos relativamente largos de tiempo, sincronización de la transmisión, gran capacidad de almacenamiento, y técnicas de recuperación adaptadas a los diferentes tipos de multimedia.

⁷² Dichos estándares son normalizaciones regionales para la difusión de TV abierta. Dependiendo de la región, los fabricantes desarrollan los equipos tanto de grabación como de reproducción, en base de las especificaciones de líneas por cuadro, frecuencia de la imagen, etc.

⁷³ La representación de imágenes y puntos de imágenes en las computadores es diferente al modo de representación en los sistemas de televisión: se basa en la iluminación adecuada de los *pixels* (*picture-elements*), los cuales son ubicados e iluminados mediante su localización en un arreglo matricial de los mismos.

2.6.7.10 Técnicas de compresión

Una técnica de compresión es la metodología o los algoritmos usados para almacenar información en un menor espacio o reducir la cantidad de información a transmitirse o almacenarse, pero permitiendo, posteriormente, por medio de un proceso inverso, la recuperación de la información. Se pueden clasificar las técnicas de compresión de la siguiente forma:

- **Técnicas sin pérdidas.**- Las técnicas sin pérdidas pueden recuperar la presentación de la información perfectamente, sin errores, tal y como era antes de ser comprimida.
- **Técnicas con pérdidas.**- Dichas técnicas, recuperan la información con una cierta pérdida de precisión. Estas técnicas dan una mayor capacidad de compresión, permitiendo mayor rapidez de transmisión de la información, siendo usadas de modo preferente a las técnicas sin pérdidas. Las técnicas de compresión con pérdidas, pueden a su vez dividirse en los siguientes tipos de técnicas:
 - **Técnicas predictivas.**- Estas técnicas predicen valores subsecuentes de información, basadas en el análisis de los valores previos.
 - **Técnicas basadas en la frecuencia.**- Las técnicas orientadas a la frecuencia aplican la transformada discreta coseno (*DCT, Discrete Cosine Transform*), la cual es relativa a la transformada rápida de Fourier.
 - **Técnicas orientadas a la importancia.**- Estas técnicas usan otras características de las imágenes para poder llegar a la compresión, llegando a usar filtrado de datos y tablas de color en el caso de la compresión de vídeo.
 - **Técnicas de compresión híbrida.**- Estas técnicas llegan a combinar algunos desarrollos, como por ejemplo, aplicar la transformada DCT en conjunto con cuantización vectorial, que es otra técnica de compresión.

compresión 15:1 (relación entre el tamaño del archivo original versus el tamaño del archivo comprimido), en aplicaciones *full color* con trama permanente. El estándar JPEG trata con cuatro modos de operación:

- a) Codificación secuencial basada en DCT, la cual codifica cada componente de la imagen en un arreglo de izquierda-derecha y de arriba hacia abajo.
 - b) Codificación progresiva basada en DCT, la cual codifica la imagen en múltiples arreglos, de modo de producir una imagen decodificada de forma fácil, cuando el tiempo de transmisión es grande.
 - c) Codificación sin pérdida, la cual codifica la imagen de modo de garantizar una reproducción exacta.
 - d) Codificación jerárquica, la cual codifica la imagen con múltiples resoluciones.
- **MPEG** .- El estándar del MPEG (Grupo de expertos de imágenes en movimiento, *Moving Pictures Experts Group*) se denomina explícitamente *Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado (Coding of moving pictures and associated audio)*, y se lo realiza para lograr una compresión de vídeo con características de movimiento completo, llegando a tener una razón de compresión de 200:1, en aplicaciones de movimiento intensivo. La implementación del estándar realiza compresión inter-trama⁷⁴, almacenando solamente las diferencias entre tramas sucesivas. Este estándar especifica también la compresión de audio, el cual será analizado posteriormente en este mismo capítulo. El proceso de compresión se lo realiza siguiendo tres diferentes algoritmos: un algoritmo basado en DCT, similar a JPEG, que codifica primeramente las intra-tramas. Las tramas restantes son codificadas usando dos técnicas de predicción, de modo de sacar provecho de la redundancia temporal entre trama. La una técnica codifica las tramas

⁷⁴ En el contexto de imágenes, se define a una trama como una representación de la imagen tendiente a permitir el proceso de visualización de la misma, no necesariamente como un flujo de datos en el sentido de red.

predichas con codificación predictiva hacia adelante, con la cual la trama actual es codificada en base a la referencia de una trama pasada; el otro tipo de codificación realiza codificación interpolada o bidireccional (interpolación compensada de movimiento), mediante el uso de codificación del mismo nombre. Este tipo de predicción usa tramas pasadas y futuras para codificar las tramas presentes, de modo de realizar la mayor predicción posible. MPEG fue certificado por el ISO para estandarizar una representación codificada de audio y vídeo apropiados para dispositivos de almacenamiento digital, tales como CD-ROM (*Compact-Disk Read-Only Memory*, memoria ROM de disco compacto), DAT (*Digital Audio Tape*, cinta de audio digital), y otros. El grupo en sí, ha tenido como meta el desarrollar un estándar genérico, que pueda ser usado en aplicaciones de vídeo digital. El estándar consta de tres partes: la parte 1, que describe la sincronización y multiplexación de audio y vídeo; la parte 2, la cual describe el vídeo, y la parte 3, que describe el audio.

Dentro del estándar MPEG, existen tres versiones:

- 1) El estándar MPEG en primera versión, MPEG-1 llega a comprimir vídeo con movimiento, usando imágenes de 320x240 pixels. Es usado para aplicaciones de multimedia interactiva y difusión de televisión, con velocidades requeridas de 1 a 1.5 [Mbps], usado principalmente para almacenamiento de medios. Este estándar determina decodificación en tiempo real y presentaciones de soporte para facilitar la interactividad con grupos de bits almacenados, especificando la sintaxis para los grupos de bits y el proceso de decodificación, permitiendo la suficiente flexibilidad para la codificación.
- 2) La versión MPEG-2, comprime imágenes de 720x480 pixels para televisión de difusión y vídeo bajo demanda, requiriendo de velocidades de 4 a 10 [Mbps], con calidad de imagen de un VHS.
- 3) MPEG-3, comprime vídeo de calidad de HDTV (*High-Definition TV*), requiriendo de velocidades de 15 a 20 [Mbps]. Para aplicaciones tales como multimedia interactiva y videoteléfonos, el estándar MPEG-4 usará

velocidades de 9 hasta 40 [kbps], debido al uso de tramas de pequeño tamaño y bajas retransmisiones. La versión MPEG-4 está promulgada, pero sólo ha sido todavía implementada a nivel experimental y su difusión es poco conocida, pero sus características permiten gran manejo de imágenes como objetos, siendo su aplicación principal al desarrollo de plataformas multimedia y entornos virtuales.

- **Estándares de codificación de videoconferencia UIT-T, recomendación H.261⁷⁵.**- Históricamente, H.261 fue desarrollado antes de JPEG, a partir de 1984, con el propósito de establecer un estándar de transmisión de vídeo para servicios de ISDN de bajas velocidades de transmisión. En sus inicios, el objetivo del estándar fue el diseñar un esquema de codificación para velocidades de transmisión de $m \times 384$ [kbps], donde m tenía valores de entre 1 y 5, considerándose luego la aplicación a velocidades de $n \times 64$ [kbps], donde n adquiere valores de entre 1 y 5, llegándose a la recomendación H.261 final, hecha para velocidades de $p \times 64$ [kbps] para vídeo codec, donde p es un valor entre 1 y 30, conociéndose generalmente a este estándar como $p \times 64$. De hecho, la serie H de teleservicios audiovisuales es un grupo de estándares o recomendaciones que consiste de :
 - H.221: Estructura de trama.
 - H.230: Control de sincronismo de trama.
 - H.242: Comunicación entre terminales audiovisuales.
 - H.320: Sistemas y equipo terminal.
 - H.261: Vídeo codec.

⁷⁵ Si bien la UIT emite sus normas bajo el nombre de “recomendaciones”, el nombre obedece sólo a una denominación de los estándares, y su aplicación es realizada como estándares, propiamente. No se realiza en general una distinción entre “recomendaciones” y “estándares”.

Los codificadores de audio, a diversas velocidades de transmisión han sido especificados en otras recomendaciones UIT-T, como por ejemplo, en la recomendación G.275.

La diferencia entre los estándares JPEG y H.261 radica en que JPEG codifica cada trama de manera individual, mientras H.261 realiza la codificación intra-trama, realizando la compensación de movimiento basada en bloques por medio de cálculos a partir de las diferencias entre tramas, realizándose codificación por medio de DCT. Las características más importantes del estándar, son:

- Se define esencialmente sólo el decodificador, sin especificación completa y explícita del codificador, el cual debe ser compatible con el decodificador.
- H.261 es diseñado para comunicaciones en tiempo real; éste usa una visualización de trama previa para la predicción, de modo de reducir el retraso de codificación.
- Se trata de balancear los niveles de complejidad de *hardware* tanto en codificación como en decodificación, sobre todo para aplicaciones de videoteléfono. El uso de otros esquemas, tales como cuantización vectorial, llegan a utilizar *hardware* más complejo, limitando su aplicación en tiempo.
- H.261 trata de equilibrar entre desempeño de codificación, requerimientos de tiempo real, complejidad de implementación, y diseño robusto. El uso de DCT como esquema de codificación de compensación de movimiento, permite la robustez y el manejo de varios tipos de imágenes.

Las estructuras finales de codificación y los parámetros son encaminados mayoritariamente hacia aplicaciones de bajas velocidades de transmisión, siendo esta elección lógica, ya que la selección de la estructura de codificación y los parámetros de la misma son más críticos para el desempeño del codec a muy bajas velocidades de transmisión. A velocidades mayores, los valores de

parámetros menores que los óptimos no afectan en gran medida el desempeño del codec.

Compresión de audio digital.- El audio normal es digitalizado mediante distintos procesos, siendo el audio digital menos sensible al ruido, más estable y con mayor capacidad de reproducción, debido a una mejor implementación de los diferentes procesos involucrados con el mismo. Las frecuencias de muestreo de la señal análoga van desde 8 [kHz] (la cual llega a cubrir la banda de hasta 4 [kHz], correspondiente al rango de frecuencias producidas por la voz humana y que se usa en los procesos telefónicos normales), hasta 48 [kHz], frecuencia de muestreo que llega a cubrir el rango de frecuencias de hasta 24 [kHz], el cual puede ser considerado como el rango audible humano (que se considera de hasta 20 [kHz])^[M]. El número de bits usados para cuantificar una muestra de señal se ubica ya sea en 8 o en 16 bits por muestra (potencias de 2 bits, generalmente). Los requerimientos para la compresión de audio, caen dentro de facilidades para almacenamiento y transmisión de los datos cuantizados, teniendo diversos esquemas a diferentes niveles de complejidad, calidad de audio y monto de datos comprimidos, siendo todos los esquemas de compresión, resultantes con pérdidas de la información original.

- **Compresión de audio de ley μ .**- La transformación de ley μ es una técnica básica de compresión especificada por la UIT-T, bajo la denominación G.711. La transformación es esencialmente logarítmica en razón de que permite que los 8 bits por muestra de salida codificados cubran un rango dinámico equivalente a 14 bits de valores cuantizados linealmente, logrando una razón de compresión de 8 bits por cada muestra. La recomendación G.711 especifica también una regla de transformación basada en la ley A. La ley μ de transformación es usada comúnmente en Estados Unidos y en Japón para los servicios de telefonía digital para ISDN, muestreados a una frecuencia de 8 [kHz], con calidad de voz, y la ley A se usa en otros países para servicios de telefonía de ISDN.

- **Modulación por codificación adaptiva diferencial de pulso, ADPCM (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*)** .- ADPCM tiene su ventaja en que las muestras de audio son semejantes a sus circundantes. En lugar de representar a cada muestra de manera independiente como en PCM (modulación de pulso codificado, *pulse-coded modulation*), un codificador ADPCM calcula la diferencia entre cada muestra de audio y su valor predicho y pone el valor PCM del diferencial obtenido. Dependiendo del algoritmo de compresión implementado para esta técnica, se pueden llegar a tener 4 bits por muestra, con velocidades de transmisión de los datos comprimidos de entre 24 [kbps] (recomendación G.723 de la UIT-T), y 32 [kbps], con la recomendación G.721.

- **Compresión de audio MPEG**.- El algoritmo de compresión de audio de MPEG, es un estándar ISO para compresión de audio de alta fidelidad, siendo una parte de las tres que componen el estándar, manejando, en conjunto con las otras dos partes la compresión de audio y vídeo sincronizado a una velocidad de transmisión de aproximadamente 1.5 [Mbps]. A diferencia de los otros esquemas, el algoritmo puede llegar a lograr muy bajas pérdidas con la compresión lograda. El estándar de compresión de MPEG puede ser visto como un esquema de tres capas de compresión:
 - El algoritmo de la capa 1 usa el banco de filtros básicos que se usa en todas las capas. Este banco de filtros divide la señal de audio en 32 bandas de frecuencia de ancho constante. Luego del proceso de selección y muestreo, la capa 1 codifica 32 grupos de 12 muestras en una sola trama o unidad de información del protocolo, la cual tiene una cabecera, bits opcionales para chequeo de redundancia cíclica, y opcionalmente datos auxiliares.

En la capa 2, se provee desempeño de compresión al lograr la codificación de los datos en grupos grandes, codificando formas de tramas de 3 x 12 x 32 muestras por canal de audio (1152 muestras), mediante el uso de un esquema de codificación de mayor eficiencia.

La capa 3 compensa las deficiencias de los bancos de filtros de las otras capas al procesar las salidas de filtro por medio de la transformada coseno discreta modificada (*MDCT, Modified-Discrete Cosine Transform*).

REFERENCIAS

- [A] **TANEMBAUM, Andrew.** "Redes de computadoras". Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. Tercera Edición. México 1997.
- [B] **MILLER, Mark A.:** "*Internetworking*". Editorial M&T Books 1991.
- [C] **TOMASI, Wayne:** "Sistemas de comunicaciones electrónicas", Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Segunda edición P. Mexico 1996.
- [D] **FORD, Merilee; LEW, H. Kim; SPANIER, Steve & STEVENSON, Tim:** "Tecnologías de interconectividad de redes." Cisco Press, Editorial Prentice-Hall México 1998.
- [E] **Cisco Systems:** "*Internetworking Technology Overview*".
<http://www.cisco.com>
- [F] **STALLINGS, William:** "*Data and computer communications*". Editorial Prentice-Hall Inc, Quinta Edición. EUA 1997.
- [G] **IEEE 802 Standard.** "*Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture*" IEEE. E.U.A., 1990.
- [H] **BLACK, Uyless:** "Tecnologías emergentes para redes de computadoras". Editorial Prentice-Hall, Segunda edición. México 1999
- [I] **SHELDON, Tom** "ENCICLOPEDIA LAN TIMES DE REDES (NETWORKING)" Editorial Osborne/McGraw-Hill España 1995.
- [J] **MOTOROLA** "*The basics book of Information Networking*" Motorola University Press - Addison-Wesley Publishing Company. Inc. E.U.A. 1992.
- [K] **SHELDON, Tom** "Guía LAN TIMES de interoperabilidad. Soluciones para la interconectividad en red" Editorial Osborne/McGraw-Hill España 1996.
- [L] "*Inverse multiplexing: scalable bandwidth solutions for the WAN*".
<http://www.techguide.com>
- [M] **Cable Datacom News:** "*Overview of cable modem technology and services*." E.U.A. 1998.
- [N] **Cisco Systems:** "ADSL".
<http://www.cisco.com>
- [O] "*DSL. The Technology guide series*"
<http://www.techguide.com>
- [P] **Newbridge Networks:** "*An introduction to Dense Wavelength Division Multiplexing*". E.U.A. 1998.

- [Q] **MIKOHN Daniel:** *"Providing global broadband Internet access using ion-earth orbity satellites"*, Teledesic Corporation, E.U.A.1998
- [R] **Hughes Research Laboratories:** *"Satellite communications in the global Internet: Issues, Pitfalls, and Potential"*. E.U.A. 1998.
- [S] **BURCH, John & STRATFR, Felis:** "Sistemas de información, teoría y práctica". Editorial Noriega Limusa. México, 1991.
- [T] **LANGFORS, Börje:** "Teoría de los Sistemas de Información". Tercera edición. Editorial "El Ateneo". Argentina,1982.
- [U] **PIATTINI, G Mario, DARYANANI, N Sunil** "Elementos y herramientas en el desarrollo de sistemas de información". Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, E.U.A 1995.
- [V] **SULLIVAN, Kristina B.,** PCWeekly Magazine. E.U.A. 1997.
- [W] **FURHT, Borko & MILENKOVIC, Milan:** *"A guided tour of multimedia systems and applications"*. IEEE Computer Society Press. E.U. A. 1995.

ESTUDIO DEL CASO ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Y PROPUESTA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE LA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

Un Sistema de Universidad Virtual, al ser planificado dentro del concepto de universidad como tal, debe guardar toda relación con la parte académica, estructural y funcional de la misma, teniendo siempre en cuenta los aspectos relativos a las reglamentaciones y disposiciones vigentes para su área de trabajo y desarrollo. La misión de una universidad o escuela politécnica, cualquiera que ésta sea, es el instruir al individuo en un tercer o cuarto nivel de educación: lo que se conoce comúnmente como nivel superior de educación y posgrado; se llega, en los actuales tiempos a brindar instrucción al individuo común o a brindar cursos y conocimientos complementarios a nivel de profesionales, siendo este aspecto la denominada educación continua. Tiene que destacarse, además, el aspecto del desarrollo de la investigación correspondiente a su campo de acción.

El propósito de este capítulo es el hacer una breve revisión histórico-funcional de la Escuela Politécnica Nacional, tanto en el aspecto orgánico, servicios e infraestructura de soporte de los sistemas orgánico-funcionales de la misma, para que, de esta revisión, y con los preliminares analizados en los capítulos anteriores, se definan los servicios a implementarse desde el punto de vista de usuario. En la definición de dichas prestaciones se establecen las características a cumplir para con el usuario final del Sistema de Universidad Virtual, es decir, el estudiante.

Se propone además una estructura para el sistema a diseñarse, guardando siempre relación con los estatutos y reglamentaciones vigentes en la Escuela Politécnica Nacional, así como con los de la Ley de Educación Superior y las disposiciones y/o consideraciones necesarias desde el aspecto legal del sistema educativo .

3.1 ANÁLISIS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

El Estatuto de la Escuela Politécnica Nacional establece que: "*La Escuela Politécnica Nacional es una persona jurídica autónoma de educación superior y de investigación científica, de derecho público, con domicilio principal en la Capital de la República.*"^[A]

3.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS^[B]

La Escuela Politécnica Nacional fue fundada el 27 de Agosto de 1869, mediante decreto expedido por la Convención Nacional y por iniciativa del Doctor Gabriel García Moreno, Presidente de la República. Dentro de los propósitos iniciales de la E.P.N. destacaban:

- *Compromiso hacia el país.*- Identificación con el Ecuador real, sus recursos y su progreso.
- *General y particular.*- Conocimiento humanístico y la más profunda penetración en la especialidad.
- *Extensión.*- Tendencia a la difusión y a la coparticipación con la sociedad de las nociones técnico-científicas.
- *Activas investigaciones.*- Proyectos, asesorías prácticas y relacionadas principalmente con las urgencias del país.
- *Formación.*- Tanto de profesionales, como de futuros profesores.
- *Bibliografía científica.*- Textos formales, y obras de los profesores alemanes, con los que se dio inicio a la actividad académica.

Debido a las crisis diversas que soportó el país después del periodo garciano, la Escuela tuvo que cerrar sus puertas en 1876, saliendo del país casi todos los profesores con los que inició actividades académicas.

El 28 de Febrero de 1935, el Presidente de la República, Doctor José María Velasco Ibarra, mediante decreto ejecutivo publicado en el Registro Oficial del 26 de Marzo del mismo año, reestablece la Escuela Politécnica Nacional en la Capital de la República, "*con las reformas y adiciones que la vida contemporánea indican*".

No obstante, debido a los conflictos internos del país y para con el Doctor Velasco Ibarra, el funcionamiento de la Escuela no fue normal. Es así como el 8 de Febrero de 1945, el mismo Doctor Velasco Ibarra funda el Instituto Superior Politécnico, en reemplazo de la Escuela, garantizando su total independencia respecto de cualquier otro plantel. El 4 de Junio de 1946, mediante Decreto Ejecutivo No. 998, se vuelve a tomar el nombre de Escuela, otorgándose una autonomía relativa frente al Ministerio de Educación, con los siguientes fines:

- Alta docencia en Ciencias Naturales, Física, Química y Matemáticas.
- Investigación científica de los fenómenos y recursos naturales del país.
- Promoción amplia de la cultura científica entre los ecuatorianos.

Las facultades con las que funcionó la Escuela Politécnica Nacional, finalmente, fueron las de Ingeniería Química, Ingeniería Eléctrica, y el Instituto de Ciencias Nucleares; siendo el local de la universidad un edificio de 600 [m²] de construcción, en el cual se asentaban las aulas, los laboratorios y el área administrativa.

Desde el inicio del mandato del Ingeniero José Rubén Orellana, como Rector de la Escuela Politécnica Nacional, en los años 1959 y 1960, los cambios no han sido mayores en la E.P.N., desde el punto de vista político-externo a la misma, hasta la expedición del Estatuto de la Escuela Politécnica Nacional, en Noviembre de 1999, y su posterior re-edición en enero del 2000, donde se plantean cambios estructurales en la organización, desde el punto de vista funcional y educativo, como se explica más adelante en este capítulo. En la actualidad¹ el campus de la Escuela abarca una superficie algo mayor a 15 [Ha.], comprendiendo 7 Facultades, 2 Institutos Docentes, y 6 Institutos de Investigación.

3.1.2 OBJETIVOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Como todo ente orgánico-funcional, la Escuela Politécnica Nacional tiene un propósito para con la sociedad. Los fines de servicio y actividades relacionadas con dichos propósitos, permiten el adecuado desenvolvimiento y planificación de los sistemas, proyectos, institutos y carreras en sí.

La misión de la Escuela Politécnica Nacional se enmarca dentro del Artículo 2 del Estatuto^[A]: *“La Escuela Politécnica Nacional es una Institución de Educación Superior, que tiene como misión satisfacer las demandas científico-tecnológicas del país, mediante la dinámica interacción con los actores de la sociedad, la investigación científica, la formación profesional y académica de ciudadanos líderes con niveles de excelencia y la prestación de servicios tecnológicos, para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los ecuatorianos e impulsar el desarrollo sostenido y sustentable del país.”*

Los objetivos y fines institucionales de la Escuela Politécnica Nacional, son los siguientes^[A]:

¹ Aspecto funcional hasta Enero del año 2000. Se debe notar, que a partir de entonces, la Escuela Politécnica Nacional ha entrado en un nuevo esquema transitorio de funcionamiento.

- a) *Realizar investigación científica y técnica orientada preferentemente a solucionar los problemas de la sociedad ecuatoriana, tendiente a lograr un desarrollo autónomo del país, a la defensa y al aprovechamiento de los recursos naturales;*
- b) *Formar profesionales que, por sus conocimientos científicos y tecnológicos, por el cultivo de su talento creador y por la comprensión de sus responsabilidades y derechos, contribuyan eficazmente al bienestar de la comunidad;*
- c) *Educar a los estudiantes de tal forma que cultiven la verdad, la creatividad, la ética y la entereza para que con capacidad de auto-educarse y comprendiendo la realidad socio-económica del país, de Latinoamérica y del mundo, puedan enfrentarla en forma crítica, contribuyendo eficazmente a la construcción de una nueva y más justa sociedad; y,*
- d) *Mantener estrecha relación con todos los sectores de la sociedad, preferentemente con los sectores menos favorecidos del país, difundiendo la cultura, particularmente la ciencia y la tecnología, y recibiendo de ella su aporte de conocimiento y valores.*

3.1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA E.P.N.

La propuesta de la Unidad de Universidad Virtual para la Escuela Politécnica Nacional, se enmarca dentro de la estructura funcional y organizacional de la misma. Cabe notar, que dentro del proceso de reestructuración en que se encuentra la Escuela durante el año 2000, tanto a nivel interno (nueva forma administrativa y educativo/organizativa) como externo (proceso de desarrollo de los nuevos reglamentos, entidades y procedimientos que rigen la educación

superior, en base de la nueva Ley de Educación Superior²), no se pueden definir estrictamente esquemas de desarrollo organizacional para la Estructura de la Unidad de Universidad Virtual. Es por esto, que la propuesta organizacional de la presente tesis tiende a ser independiente de aspectos de discusión presentes y/o futuros relativos a estructuras organico-funcionales.

La estructura organizacional reflejada en el Estatuto de la Escuela Politécnica Nacional, toma en cuenta lo siguiente:

3.1.3.1 Nivel Directivo

Se encarga de fijar las políticas, estrategias y directrices institucionales, y fiscalizar su cumplimiento; aprueba las proformas presupuestarias, los planes anuales de ejecución presupuestaria, y los planes operativos anuales, dentro de su competencia. Lo conforman los siguientes estamentos:

- a) Asamblea Politécnica.
- b) Consejo Politécnico. Dentro de éste, participan las siguientes comisiones:
 - Comisión de Evaluación Interna.
 - Comisión de Vinculación con la Colectividad.
 - Comisión Permanente de Bienestar Social.
- c) Consejo de Investigación.
- d) Consejo de Docencia y Bienestar Estudiantil.
- e) Consejo de Extensión y prestación de Servicios Científico-Tecnológicos.
- f) Consejos Directivos de Institutos.
- g) Consejos Directivos de Escuelas.
- h) Consejos Directivos de Centros.

² Tomando en cuenta la expedición de la Ley de Educación Superior en el Registro Oficial (Órgano del Gobierno del Ecuador) que se la realizó en el Registro Oficial No. 77, el 15 de Mayo de 2000.

3.1.3.2 Nivel Ejecutivo

Comprende las dependencias administrativas encargadas de planificar, dirigir, ejecutar y controlar las políticas, estrategias y directrices institucionales. Presenta al nivel directivo los proyectos de proformas presupuestarias, de planes anuales de ejecución presupuestaria y planes operativos anuales de su competencia. El nivel ejecutivo está conformado por los siguientes estamentos:

- a) Rectorado.
- b) Vicerrectorado General.
- c) Decanato de Investigación.
- d) Decanato de Docencia y Bienestar Estudiantil.
- e) Decanato de Extensión y Prestación de Servicios Científico-Tecnológicos.
- f) Direcciones de Institutos.
- g) Direcciones de Escuelas.
- h) Direcciones de Centros.
- i) Jefaturas de Departamentos.
- j) Coordinaciones de Centros.

3.1.3.3 Nivel Asesor

Comprende las diferentes unidades administrativas que asesoran en sus funciones al nivel directivo y ejecutivo de la Escuela; y lo conforman:

- a) Dirección de Auditoría Interna.
- b) Dirección de Asesoría Jurídica.
- c) Dirección de Planificación.
- d) Dirección de Relaciones Institucionales.
- e) Comisión de Desarrollo y Fortalecimiento Institucional.
- f) Comisión Técnica Administrativa-Financiera.
- g) Comités Institucionales.

h) Comisiones Académicas de Carrera.

3.1.3.4 Nivel de Apoyo Administrativo

Lo forman las unidades que brindan asistencia administrativa, a los niveles ejecutivo y directivo de la Escuela. Está conformado por los siguientes estamentos:

- a) Dirección de Control de gestión.
- b) Dirección Administrativa.
- c) Dirección Financiera.
- d) Dirección de Recursos Humanos y Bienestar Social.
- e) Dirección de Gestión Tecnológica.
- f) Dirección de Proyectos y Prestación de Servicios.
- g) Secretaría General.
- h) Coordinación General del Rectorado.
- i) Coordinación del Vicerrectorado General.
- j) Secretarías de Institutos.
- k) Secretarías de las Escuelas de Formación Profesional y Académica.
- l) Secretarías de Centros.

3.1.3.5 Nivel de apoyo académico

Lo constituyen las diferentes unidades que brindan asistencia técnico-académica, a los niveles ejecutivo y operativo de la Escuela. Dentro de este nivel se encuentran:

- a) Dirección de Publicaciones y Servicios Documentales.
- b) Dirección de Registro y Admisión.
- c) Dirección de Planificación Curricular y Apoyo Docente.
- d) Dirección de Servicios Académicos y Bienestar Estudiantil.

3.1.3.6 Nivel operativo

Lo constituyen las unidades de investigación, docencia, producción, construcción de obras, prestación de servicios y gestión tecnológica. Dentro del nivel operativo, se encuentran:

- a) Institutos.
- b) Departamentos.
- c) Escuelas de Formación Profesional y Académica.
- d) Coordinaciones de Carreras.
- e) Centros.

3.1.4 ORGANIZACIÓN FUNCIONAL

Los Departamentos son las células básicas de la Escuela Politécnica Nacional, dependientes estructural y funcionalmente de los Institutos, que fomentan y ejecutan programas de investigación, prestan servicios de docencia, actividades de extensión así como la prestación de servicios en campos específicos de la ciencia, la tecnología y el desarrollo nacional. Los Departamentos tienen capacidad de gestión administrativa y financiera. Para su funcionamiento contarán con la participación del personal académico titular adscrito al mismo, del personal académico invitado y de los estudiantes matriculados en los programas individuales de posgrado, pudiendo eventualmente contratarse o becarse a estudiantes matriculados en las Escuelas de Formación Profesional y Académica.

Dentro de la institución, los departamentos existentes son los siguientes:

- de Materiales.
- de Materiales y Procesos de Fabricación.
- de Recursos Naturales y Geoquímica.
- de Energía Eléctrica.

- de Bioprocesos.
- de Informática y Ciencias de la Computación.
- de Química Aplicada.
- de Gestión Tecnológica, Económica y del Desarrollo.
- de Ciencias Biológicas.
- de Ciencias Sociales.
- de Diseño y Producción.
- de Conversión y Usos de la Energía.
- de Pedagogía para el Perfeccionamiento de la Enseñanza de las Ciencias Básicas.
- de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información.
- de Ciencias del Agua.
- de Gestión Empresarial.
- de Matemática.
- de Física.
- de Ciencias Nucleares.
- de Automatización y Control Industrial.
- de Procesos Industriales Químicos.
- de Metalurgia Extractiva.
- de Adaptación y Transferencia de Tecnología.
- de Petróleos y Gas Natural.
- Geofísico.
- de Ciencias de los Alimentos y Biotecnología.
- de Tecnologías de la Información.

Las Coordinaciones de Carreras son dependientes estructural y funcionalmente de las Escuelas de Formación Profesional y Académica. Coordinan y administran las carreras en los niveles de formación tecnológica superior, de tercer nivel o de grado, y cuarto nivel o de posgrado.

Los estudiantes tienen un apoyo directo de la Coordinación de Carreras y de los Tutores que realizan la labor de asesores individuales para una mejor organización de la carrera de cada estudiante.

3.1.5 SERVICIOS QUE PRESTA LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

La Escuela Politécnica Nacional, presta servicios de formación en carreras a nivel de pregrado y posgrado, principalmente. Además, presta servicios empresariales a nivel de educación continua, consultoría e investigación, mediante institutos y centros de investigación, los cuales se encuentran en funcionamiento o en proceso de implementación.^[3]

3.1.5.1 SERVICIOS EDUCATIVOS³

Los servicios educativos, se enmarcan a nivel de pregrado, posgrado y educación continua.

ESCUELAS

- Escuela de Posgrado en Ciencias Administrativas y Económicas (EPCAE): administra todas las carreras de Posgrado relacionadas con la dirección de empresas, la administración y los negocios.
- Escuela de Posgrado en Ingeniería y Ciencias (EPIC): para administrar las carreras de nivel de posgrado en los campos de las ciencias exactas y naturales y la ingeniería.

A nivel de Posgrado, los títulos que se ofrecen actualmente, de acuerdo al cuadro 3.1, son:

³ Información publicada en el suplemento "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL". Diario EL COMERCIO, Lunes 18 de Septiembre del 2000.

UNIDAD O CARRERA A CARGO	TÍTULO QUE SE OFRECE
Unidad de Dirección de Empresas.	Magister en Gerencia Empresarial.
Ingeniería Civil.	Magister en Ingeniería Ambiental.
Ingeniería Civil.	Magister en Ingeniería Estructural.
Ingeniería Civil.	Magister en Ingeniería de Recursos Hídricos.
Ingeniería Química.	Magister en Ingeniería Industrial.
Facultad de Ciencias.	Magister en Estadística Aplicada.
Ingeniería de Sistemas.	Magister Telemática.
Unidad de Dirección de Empresas.	Magister en Investigación Operativa. Mención en Gerencia.
Unidad de Dirección de Empresas.	Magister en Investigación Operativa. Mención en Modelación de sistemas logísticos y de transporte.
Facultad de Ingeniería Eléctrica.	Magister en Conectividad y Redes de Telecomunicaciones.
Unidad de Dirección de Empresas.	Especialista en Gestión de Proyectos.
Unidad de Dirección de Empresas.	Especialista en Gerencia Financiera.
Unidad de Dirección de Empresas.	Especialista en Gerencia de Recursos Humanos y Organización.
Unidad de Dirección de Empresas.	Especialista en Dirección y Organizaciones de Empresas.
Facultad de Ciencias.	Especialista en Estadística.
Ingeniería de Sistemas.	Especialista en Telemática.
Unidad de Dirección de Empresas.	Especialista en Investigación Operativa.

Cuadro 3.1 Títulos que ofrece la E.P.N. a nivel de posgrado.⁴

Existen, además, programas individuales de Especialista, Maestría y Doctorado (PhD.), los cuales cuentan con convenios entre diversas instituciones educativas o de cooperación internacional, como por ejemplo los programas realizados con la Escuela de Organización Industrial (E.O.I.), el cual ofrece títulos compartidos de Especialista en Gestión de Tecnología y M.B.A. (*Master on Business Administration*)⁵; y el programa de Especialista en Formulación y Gestión de

⁴ Si bien se ha definido la existencia de las escuelas de posgrado, en la actualidad, los posgrados del cuadro no funcionan dentro del marco orgánico-funcional, sino que se encuentran asignados a las unidades mencionadas.

⁵ Siendo el título propio que se otorga *M.B.A. Eurolatinoamericano*, y recibiendo clases tanto en el Campus Rubén Orellana en Ecuador, como en las instalaciones de la E.O.I., en España.

Proyectos, con la participación y acreditación del Banco Interamericano de Desarrollo (B.I.D.).

A nivel de formación superior no formal, abierta al público, el Centro de Educación Continua presta servicios de seminarios, cursos y conferencias, con profesores de la Escuela Politécnica Nacional y/o profesores invitados.

- Escuela de Ingeniería: Es una unidad de formación profesional a nivel de pregrado, encargada de fijar las políticas, estrategias y directrices, así como evaluar su cumplimiento. Tiene capacidad de gestión administrativa y financiera. Ofrece 13 carreras las cuales se muestran en el cuadro 3.2

CARRERAS
<ul style="list-style-type: none"> - Ingeniería Civil. - Ingeniería en Electrónica y Control. - Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. - Ingeniería en Electrónica y Redes de Información. - Ingeniería Eléctrica. - Ingeniería en Petróleos. - Ingeniería Geológica. - Ingeniería Mecánica. - Ingeniería Química. - Ingeniería de Sistemas Informáticos y de Computación. - Ingeniería de la Infraestructura. - Ingeniería Ambiental. - Ingeniería Informática.⁶

Cuadro 3.2 Carreras que ofrece la E.P.N. en la Escuela de Ingeniería.

- Escuela de Ciencias: para agrupar todas las carreras en ciencias puras, ciencias administrativas y financieras. Las carreras adscritas a la mencionada Escuela se pueden ver en el cuadro 3.3

⁶ Sólo se admiten como estudiantes de las especialidades de Ingeniería Informática (tanto para el título de *Ingeniero Informático en Sistemas de Software* como *Ingeniero Informático en Redes de Información*) a tecnólogos, profesionales y personas con adecuada formación universitaria con experiencia laboral en la rama de interés.

CARRERAS
<ul style="list-style-type: none"> - Matemático. - Físico. - Ingeniero en Ciencias Económicas y Financieras. - Ingeniero Matemático. - Ingeniero en Administración de Procesos. - Ingeniero Empresarial. - Ingeniero Agroindustrial.

Cuadro 3.3 Carreras que ofrece la E.P.N. en la Escuela de Ciencias.

- Escuela de Formación Tecnológica: constituida por las carreras tecnológicas que actualmente ofrece la Institución. El cuadro 3.4 muestra las carreras a nivel de tecnólogos:

CARRERAS
Tecnólogo en Electromecánica. Tecnólogo en Electrónica y Telecomunicaciones. Tecnólogo en Análisis de Sistemas Informáticos. Tecnólogo en Procesos de Producción Mecánica. Tecnólogo en Mantenimiento Industrial. Tecnólogo en Administración de Proyectos de Construcción.

Cuadro 3.4: Carreras que ofrece la E.P.N. en la Escuela de Formación Tecnológica.

Todas las Escuelas fueron aprobadas luego de que el Consejo Politécnico conociera el Análisis e Informe favorable y la aprobación de la creación transitoria hasta el 30 de Septiembre del 2001.

3.1.5.2 INSTITUTOS Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Los Institutos y los Centros asociados al área de investigación y desarrollo de la Escuela Politécnica Nacional, son los siguientes:

- Instituto de Investigación Tecnológica.
- Instituto de Ciencias Nucleares.
- Instituto Geofísico.
- Instituto de Hidráulica.
- Instituto de Ciencias Sociales.
- Instituto de Ciencias Biológicas.
- Observatorio Astronómico.

3.2 INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

La Escuela Politécnica Nacional se encuentra ubicada en el Campus Rubén Orellana, asentado en el Distrito Metropolitano de Quito, en el sector centro-norte de la ciudad, entre las calles Toledo, Ladrón de Guevara e Isabel la Católica, Parroquia la Floresta. Los datos principales del área de uso del campus, son^(C):

Superficie Total :	152.211 m ² .
Area Construida :	51.861 m ² .
Aulas :	24.727 m ² .
Laboratorios :	13.253,6 m ²

3.2.1 DE LA CONFORMACIÓN FÍSICA DEL CAMPUS RUBÉN ORELLANA

El Campus Rubén Orellana tiene la distribución de edificios y áreas, que se muestra en la figura 3.1.

Aparte, se cuenta con una dependencia de mantenimiento de la Facultad de Ingeniería Mecánica en el sector de San Bartolo⁷, al sur del Distrito Metropolitano,

⁷ Contándose esta dependencia como perteneciente propiamente a la Escuela Politécnica Nacional en la actualidad, preveyéndose cambios y/o adiciones al sistema a plantearse, debido a la creación de los Centros de Transferencia de Tecnología, lo cual se ampliará más adelante, en este mismo capítulo.

y el observatorio Astronómico de Quito (ubicado en el Parque La Alameda) siendo estas dependencias localizadas fuera del campus.

3.2.2 DE LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES

La Escuela Politécnica Nacional cuenta a nivel interno, con una red LAN de computadores denominada POLIRED, compuesta de subredes (las cuales son parte de cada Facultad e Instituto, o área administrativa), la misma que presta servicios de acceso a Internet, comunicación interna y transferencia de datos administrativos, principalmente. Las redes de cada Facultad están conectadas al *backbone* por medio de cableado de fibra óptica.

3.2.2.1 Constitución de la Polired

La Polired, entra en funcionamiento en Marzo del año 1993, con conexiones a las computadoras logradas mediante *backbone* de cable coaxial, y un ruteador de marca *Cisco Systems*.

Dentro de la constitución de la Polired, se considera como eje del sistema al Centro de Cómputo de la Escuela Politécnica Nacional, ubicado en la planta baja del Edificio de Administración. La Polired, se puede considerar dividida en dos secciones:

- La sección norte, la cual comprende a las facultades de Ingeniería Química, Eléctrica, Sistemas, Mecánica, Geología, y los Institutos de Ciencias Básicas, Tecnólogos e Investigaciones Tecnológicas.



1. Instituto de Ciencias Básicas.
2. Facultad de Ingeniería en Geología, Minas y Petróleos.
3. Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias (Area de Física), Posgrado, Centro de Educación Continua e Instituto Geofísico.
4. Posgrado en Gerencia Empresarial.
5. Instituto de Ciencias Nucleares.
6. Instituto de Hidráulica.
7. Area Administrativa y Facultad de Ciencias.
8. Edificio de Abastecimientos.

- - - - - CAMPUS POLITECNICO

9. Facultad de Ingeniería Eléctrica.
10. Facultad de Ingeniería Mecánica.
11. Edificio compartido Eléctrica – Química.
12. Facultad de Ingeniería Química.
13. Instituto de Investigaciones Tecnológicas.
14. Facultad de Ingeniería de Sistemas.
15. Instituto de Tecnólogos.
16. Teatro Politécnico.

Figura 3.1 Campus Politécnico "Rubén Orellana."

- La sección sur, que comprende Ingeniería Civil, Gerencia Empresarial, el edificio de Administración, la Facultad de Ciencias, y los Institutos Geofísico y de Hidráulica.

Los puntos de conexión de las dos secciones de la Polired se encuentran ubicados en el Tercer Piso del Edificio de Química-Eléctrica, para la sección norte, y en el Centro de Cómputo, para la sección sur. El *backbone* actual incluye a 15 edificios conectados mediante fibra óptica, formando parte de una red *Ethernet* (estándar IEEE 802.3), llegando hacia los usuarios finales mediante cable UTP, *hubs* y *switches*.

El *rack* ubicado en el Centro de Cómputo, presenta paneles para fibra óptica y para par trenzado, siendo utilizado el par trenzado tipo UTP categoría 5, provisto por ALCATEL.

Para el servicio de Internet, se dispone de un enlace de radio de 192 [Kbps], siendo el proveedor de servicios de Internet la empresa CYBERWEB.

La figura 3.2, muestra la disposición de conexiones para el sector norte de la Polired. Una disposición similar se encuentra realizada en el centro de Cómputo, para las conexiones hacia el sector sur de la Polired⁸.

Como ya se mencionó en el Tercer Piso del Edificio de Química-Eléctrica, se encuentra el centro de convergencia del cableado para la sección norte, para este propósito cuenta con 4 *racks*:

⁸ La figura 3.2 ha sido proporcionada por el Centro de Cómputo General de la E.P.N., no teniendo a disposición la figura de conexiones de panel para el sector sur del campus, razón por la cual no se ha incluido.

El primer *rack* (A), posee 24 puertos y a éste se conectan tanto el laboratorio de computación de Ingeniería Química como el laboratorio de computación de la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

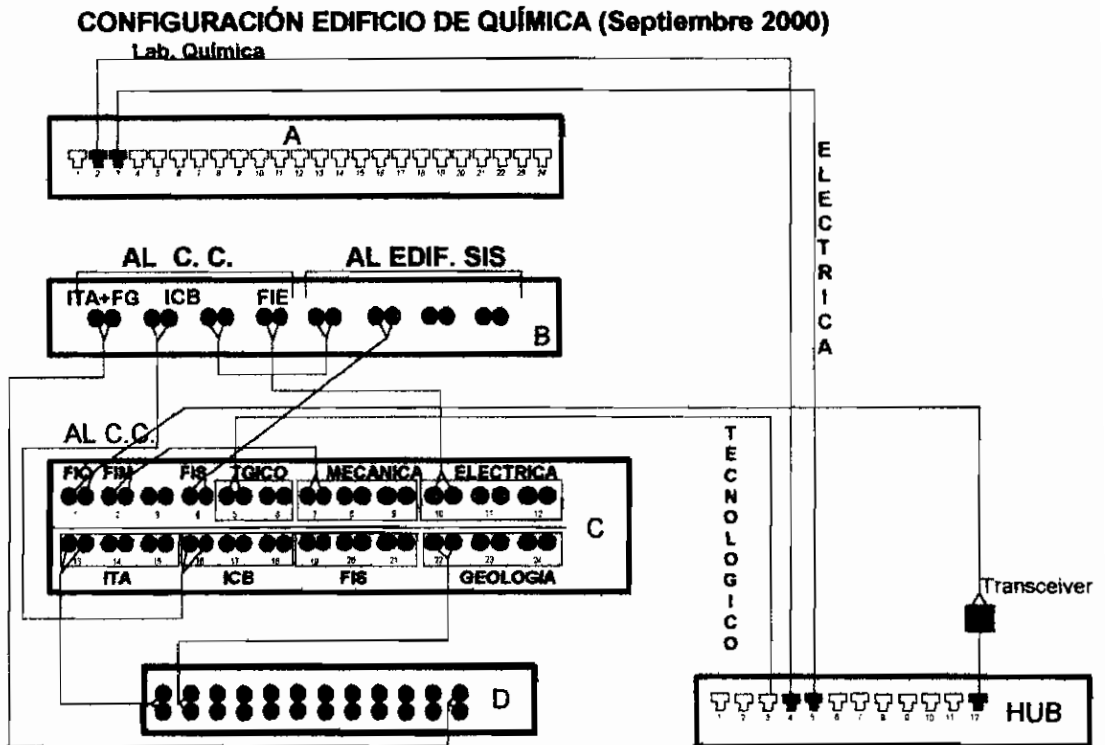


Figura 3.2 Diagrama de conexiones de panel para el sector norte de la E.P.N.

El segundo *rack* (B), es de fibra óptica de ocho puertos (16 fibras). Los cuatro primeros puertos poseen conexión con el Centro de Cómputo General (edificio de Administración) y los otros cuatro poseen conexión con el edificio de Ingeniería de Sistemas.

- El tercer *rack* (C), es de fibra óptica de veinte y cuatro (24) puertos (48 fibras). Los cuatro primeros puertos llegan del Centro de Cómputo General (edificio de Administración), y a los otros puertos llegan las fibras de cada uno de los edificios del sector norte del Campus Rubén Orellana.

- El cuarto *rack* (D), es un *rack* de fibra óptica de doce (12) puertos (24 fibras), en el cual los primeros dos puertos y el último están ocupados con fibras que llegan desde el Centro de Cómputo General.
- El último dispositivo es un *hub* al cual se conectan los laboratorios de computación de Ingeniería Química y de Ingeniería Eléctrica, además del Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Este *hub*, en su último puerto se encuentra conectado por medio de un acoplador de medio (de par trenzado a fibra óptica) al puerto que posee la facultad de Ingeniería Química y de ésta manera sale al Centro de Cómputo General de la E.P.N.

En la figura 3.3 se muestra las conexiones realizadas en el *Rack* del Centro de Cómputo General, actualizadas hasta el mes de Septiembre del 2000. Algunos equipos han sido provistos por medio de equipamiento logrado a través de FUNDACYT⁹, como parte de un programa de financiamiento a la universidades partícipes del programa.

El sistema operativo bajo el cual opera la red principal (el *backbone*), es UNIX. Las subredes, dependiendo de las disposiciones y aplicaciones a darse dentro de cada facultad, operan en su mayoría bajo ambiente Windows NT.

Las direcciones IP bajo las cuales se asignan direcciones a las máquinas, son las de dos redes clase C, con subredes de 16 direcciones.

En el centro de cómputo se cuenta con tres *racks*

- Un *rack* (A) para par trenzado UTP, de 48 puertos, que concentra los puntos del edificio de Administración.

⁹ FUNDACYT: Fundación para la Ciencia y Tecnología.

- Un segundo rack (B) para fibra óptica, proporcionado por la empresa Alcatel, en el cual se encuentran los puntos de salida del *backbone* para las facultades de Química, Mecánica, Sistemas, Civil, y los Institutos Geofísico, Hidráulica, Ciencias Biológicas.

CONFIGURACIÓN TOTAL DE LA POLIRED (Septiembre 2000)

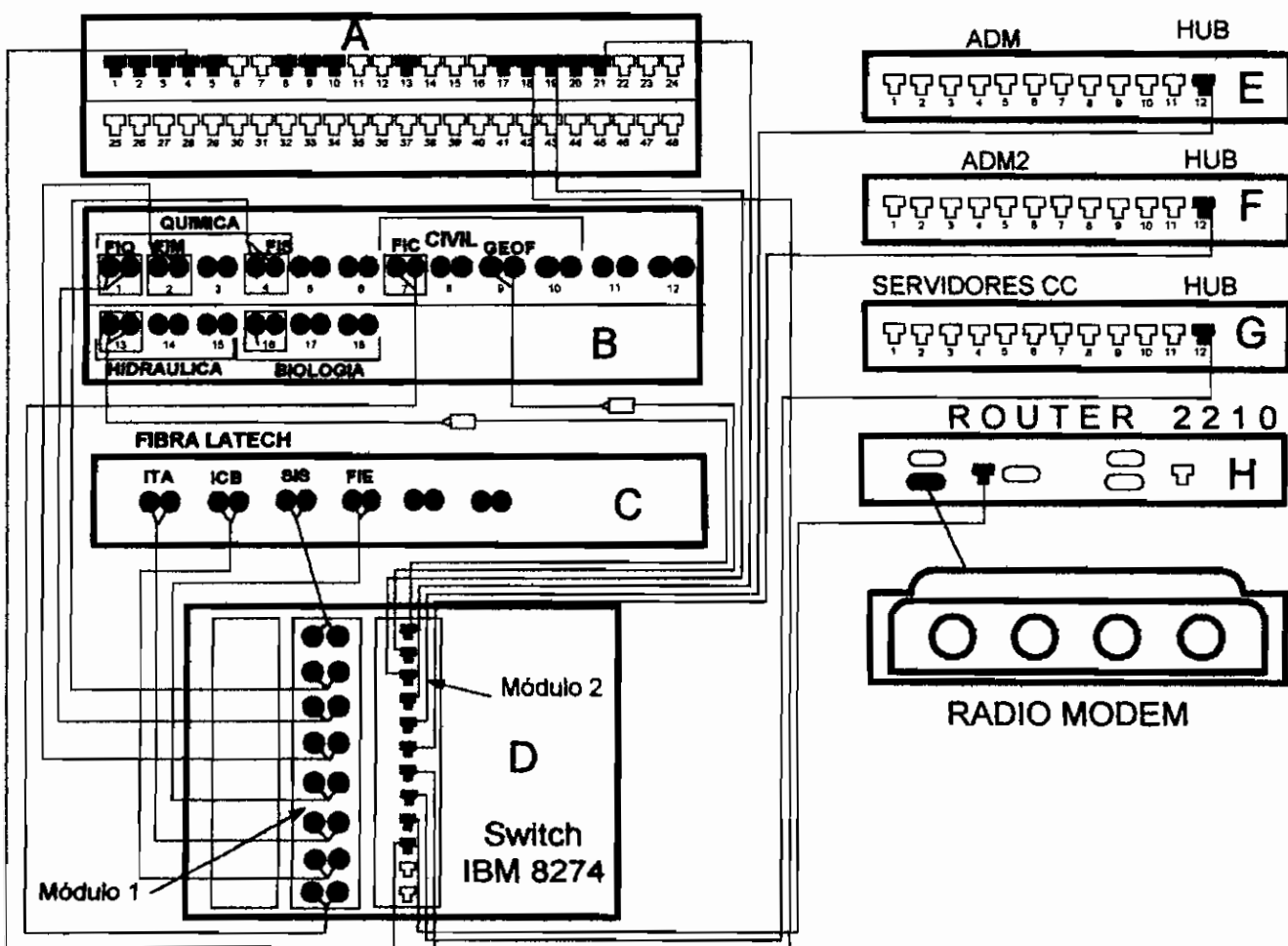


Figura 3.3 Conexiones al rack del Centro de Cómputo.

- El tercer *rack*, de fibra óptica, (C) proporcionado por la empresa *Texas Instruments*. En éste se encuentran los puntos de salida del *backbone* para el ITA, instituto de Ciencias Básicas (ICB), y los facultades de Sistemas, Eléctrica.
- Para concentrar los puntos de cableado estructurado que se encuentran dentro del edificio de administración, se cuenta con dos *hubs* (E y F) para par trenzado, de marca 3COM, con 12 puertos cada uno. Otro *hub* de par trenzado (G) de 12 puertos, marca 3COM, cumple las funciones de concentrador para los servidores del centro de cómputo.
- Como parte central del sistema se cuenta con un *Switch* modular IBM 8274 (D) con dos módulos: el primero (módulo 1) con 8 puertos para fibra óptica y el segundo (módulo 2) de par trenzado con 12 puertos. Al primer módulo se conectan por medio de *patch cord* de fibra las facultades de Sistemas (la cual utiliza dos puertos), Química, Mecánica, Eléctrica, ITA, ICB, Civil. Al segundo módulo se conectan los HUB (E, F y G) además de los institutos de Hidráulica, y el Instituto Geofísico, a través de acopladores de medio (par trenzado a Fibra óptica o viceversa).
- Como salida final del sistema hacia el ISP (la empresa Cyberweb), se cuenta con un *router* (H) IBM 2210, el cual se encuentra conectado al *switch* por medio de un *patch cord* de par trenzado UTP; éste a su vez se conecta con el radio modem (propiedad de Cyberweb), por medio de un interfaz V.35.

3.2.2.2 Servicios que presta la Polired

La Polired presta servicios basados en las aplicaciones del modelo TCP/IP, como son:

- Correo electrónico.

- Hosts de páginas Web.
- FTP.
- Acceso a WWW.
- Telnet.

3.3 DEFINICIÓN DE SERVICIOS A PRESTARSE POR MEDIO DE LA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

Dentro del esquema de desenvolvimiento de la Unidad de Universidad Virtual, se tiene que distinguir la aplicabilidad tanto a nivel técnico como dentro de los aspectos de servicio en sí a la colectividad. Las aplicaciones, primeramente deben partir de las concepciones de servicios a darse a los clientes; entonces, se determinan los sistemas, subsistemas, requerimientos y características técnicas de los mismos. La consideración de clientes, aspectos de regulación y limitaciones técnicas a nivel de la Polired, la ciudad y la nación servirán de marco para la determinación de servicios.

En general, las aplicaciones a darse se enmarcan dentro de dos tipos de servicios:

- **Servicios grupales.**- Los cuales pueden ser vistos como servicios a redes de computadores (contemplando servicios empresariales o de educación a empresas), o sistemas de apoyo a distancia para fines académicos de la universidad (extensiones universitarias o centros de apoyo, donde sea posible).
- **Servicios individuales.**- Para aplicaciones de acceso remoto individual, se pueden realizar otras consideraciones. En este tipo de servicio, los costos son importantes, por lo que se restringirán las aplicaciones a medios de acceso a servicios de Internet, para los cuales se prevee el contar con un Proveedor de Servicios de Internet (ISP, *Internet Service Provider*) con base en la Escuela

Politécnica Nacional, o la contratación de los servicios de un ISP con las características a especificarse en el siguiente capítulo, de acuerdo a los sistemas que se propondrán.

La figura 3.4 muestra el esquema de aplicaciones vs. tecnologías aplicables al caso de la Universidad Virtual, desde el punto de vista de la ubicación geográfica del cliente. Un tratamiento detallado de los sistemas elegidos, se da a continuación, y más específicamente en el Capítulo IV.

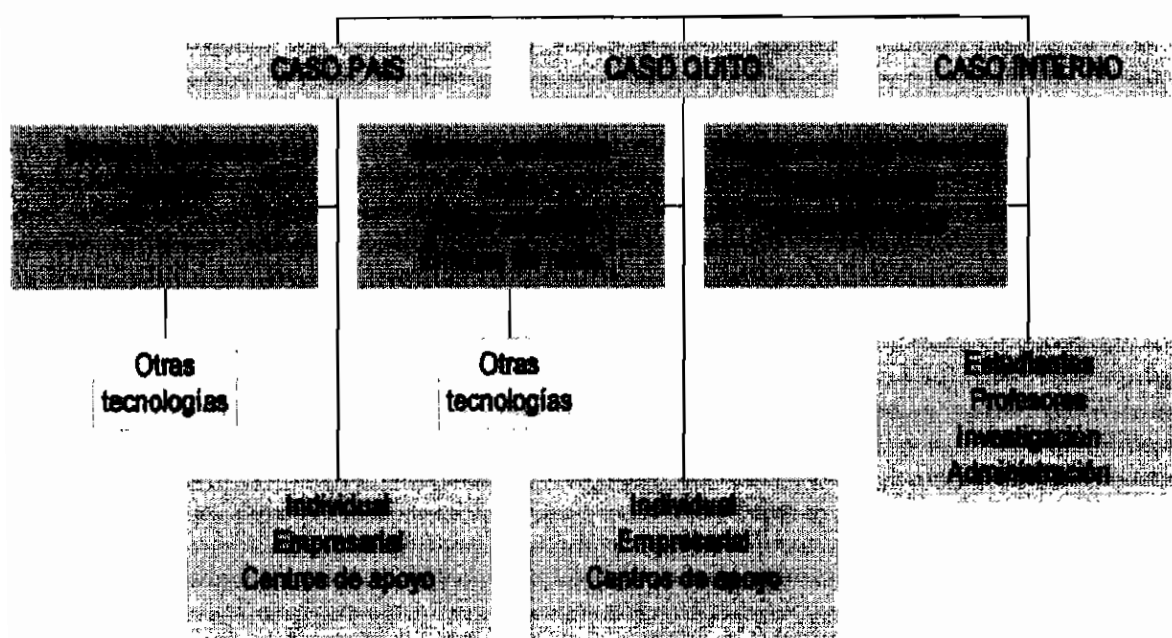


Figura 3.4 Sistemas de provisión de servicios de acuerdo a la ubicación geográfica del usuario.

3.3.1 SERVICIOS DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

3.3.1.1 Servicios de Universidad Virtual que pueden aplicarse al caso de país

Dentro del país, las conexiones de red o interred que pueden prestarse, tanto para aplicaciones grupales y/o individuales, considerando sobre todo el costo y

los anchos de banda involucrados, se las considera principalmente como servicios para conectividad grupales, y son las siguientes:

- Enlaces de radio.
- Enlaces satelitales; dentro de éstos se pueden considerar enlaces puntuales o de tipo VSAT.
- Enlaces de microondas.
- Enlaces de fibra óptica, entre Quito y Guayaquil.
- Enlaces tipo E1.

Las aplicaciones a darse, dependerán del tipo de enlace escogido (si la elección se basa principalmente en facilidades económicas o sistemas de enlace específicos que pudieran darse, tomando en cuenta las nuevas oportunidades brindadas por la participación en proyectos conjuntos con otras universidades o instituciones, y/o la participación en sistemas parte de esquemas de desarrollo de las entidades regulatorias de la educación superior¹⁰) o, inversamente, el tipo de enlace a escogerse dependerá del ancho de banda necesario para la aplicación, pudiendo analizarse comparativamente con apreciaciones de costos, servicio y confiabilidad, para aplicaciones específicas. Es necesario, de ser posible, una evaluación costo/desempeño (en relación a las aplicaciones, calidad de las mismas, e inclusive en cuanto al nivel de aprendizaje requerido, tomando en cuenta los diversos esquemas de presentaciones, compresión y demás factores involucrados en la transmisión de la información), lo que puede ser vital para la implantación del proyecto.

Se pueden descartar los enlaces de microondas y de radio para grandes distancias, debido a las restricciones de equipamiento y el nivel de confiabilidad logrado por dichos sistemas, en relación a su costo. Comparativamente, la implantación de sistemas VSAT o el uso de proveedores de servicios de

¹⁰ Consideración necesaria, debido a los esquemas de trabajo y regulación planteados en la Ley de Educación Superior, como por ejemplo la creación del Sistema Nacional de Educación Superior Ecuatoriano (Artículo 1), y el Sistema Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (Artículo 5), y la entidad superior de control, el Consejo Nacional de Educación Superior (Artículo 9).

transmisión de datos pueden dar mejores resultados, ya sea en cuanto a calidad y costo principalmente, debido al uso de infraestructura ya presente y sistemas probados, siempre y cuando los sistemas y los servicios presenten una adecuada utilización del enlace, pero tomando en cuenta los costos asociados con los servicios prestados.

Las aplicaciones principales dentro de este aspecto, radican en el uso del ancho de banda: videoconferencia, transmisión de voz y grandes flujos de datos. Se proveen servicios de acceso a redes remotas. Las restricciones de velocidad y ancho de banda serán determinadas en base de los servicios que ofrecen las empresas y las restricciones regulatorias (ley de Telecomunicaciones de la República del Ecuador y recomendaciones de la UIT-T).

Las aplicaciones a darse para acceso individual, radican en servicios basados en Internet, dentro de los cuales se pueden prever accesos por medio de los Centros de Apoyo. Estos centros son conceptualizados como redes diseñadas específicamente para usuarios de tele-educación del Sistema de Universidad Virtual de la Escuela Politécnica Nacional. Los accesos netamente individuales (accesos por medio de módem telefónico), restringirán las aplicaciones a transferencia de archivos, acceso a información mediante Intranet, acceso a información mediante Internet, uso de aplicaciones *groupware* y trabajo colaborativo. En general, las aplicaciones vistas en el capítulo I, se ubican dentro de las aplicaciones asincrónicas y de nivel 3, en cuanto a la clasificación de la herramientas colaborativas de escritura.

3.3.1.2 Servicios de Universidad Virtual que pueden aplicarse a nivel de la ciudad de Quito y sus alrededores

Las aplicaciones, conforme el área de dispersión geográfica tiende a reducirse, son más fáciles de implementar en cuanto a mayor ancho de banda, debido principalmente a los costos implicados.

A nivel grupal, enlaces dedicados son más factibles de implementar, dependiendo del tipo de arreglo económico entre las partes y los proveedores. No obstante, los anillos de fibra óptica a nivel intercentrales que prevee implementar Andinatel, con técnica SDH en el área del Distrito Metropolitano de la Ciudad de Quito^[D], permitirían disponer un gran ancho de banda para la comunicación desde y hacia los Centros de Apoyo. Esto se debe a la futura implantación de ATM como parte del servicio de la empresa, al igual que la implementación por medio de conexiones mediante ADSL como método de acceso a los servicios de Internet, ya vigente en la actualidad, pero con un costo alto, por la reciente introducción de la tecnología no sólo en el ámbito del país, sino en el ámbito mundial en general. ADSL también puede ser usado por clientes individuales, pero su costo viene a ser prácticamente prohibitivo a nivel individual, al menos mientras dicha tecnología se introduce en el mercado. La mayoría de accesos individuales pueden ser realizados por medio de modem telefónico convencional, dadas las condiciones de mercado.

Otras alternativas para sistemas de soporte, tales como enlaces dedicados en fibra óptica y/o microondas proporcionados por empresas de telecomunicaciones, deberán ser sometidas a un análisis técnico, con el fin de establecer la mejor infraestructura que brinde un soporte confiable para la Unidad de Universidad Virtual.

El uso de aplicaciones puede llegar a ser más amplio, abarcando incluso, dentro de las herramientas colaborativas, hasta a nivel 5, en casos especiales, donde se requieran de aplicaciones interactivas de gran ancho de banda, sincronismo, y participación simultánea de grupos de personas o usuarios.

3.3.1.3 Servicios de Universidad Virtual dentro de la Escuela Politécnica Nacional

Las principales aplicaciones están dentro de servicios de Intranet, comprendiendo la mayoría de aplicaciones basadas en la pila de protocolos TCP/IP, como por

ejemplo las que se han venido prestando hasta la actualidad por medio de la Polired, pero ampliadas a esquemas de Intranet, que permitan acceso remoto, trabajo con otros sistemas de redes y mayor versatilidad de trabajo.

Los servicios de conferencia interna, sobre todo de voz, pueden ser implementados, siempre y cuando las prestaciones de red que permitan soportar aplicaciones en tiempo real sean factibles de realizar, para lo cual se hace necesaria una reconsideración estructural y funcional desde el punto de vista técnico de la Polired.

Las conexiones, sobre todo a nivel del área de investigación, pueden ser consideradas como un caso especial de conectividad, permitiendo, los sistemas involucrados con dicha área, el soportar aplicaciones de videoconferencia, trabajo compartido, y aplicaciones de herramientas colaborativas hasta de nivel 5.

3.3.2 DETERMINACIÓN DE SERVICIOS A PRESTARSE POR MEDIO DE LA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

La figura 3.5 muestra las mayores aplicaciones dentro del marco más general de conceptualización de los servicios: soporte interno (caso dentro de la Escuela Politécnica Nacional), caso clientes a distancia (clientes individuales en general), y servicios empresariales (caso de servicios grupales). Un detalle de los sistemas de desarrolla en el Capítulo IV.

3.4 PROPOSICIÓN DE UN ESQUEMA FUNCIONAL PARA LA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

La Unidad de Universidad Virtual será la entidad encargada de manejar los recursos tanto físicos como de personal para el soporte de las aplicaciones. Dentro de los ámbitos de manejo de la Unidad, los de principal aplicación son a nivel operativo, ya que la esencia de las aplicaciones, será en base de programas y métodos de

estudio, los cuales estarán basados a su vez, en los programas académicos y las necesidades de enseñanza/aprendizaje que se requieran, mediante la dirección, regulación y supervisión de las entidades encargadas dentro del área de su competencia.

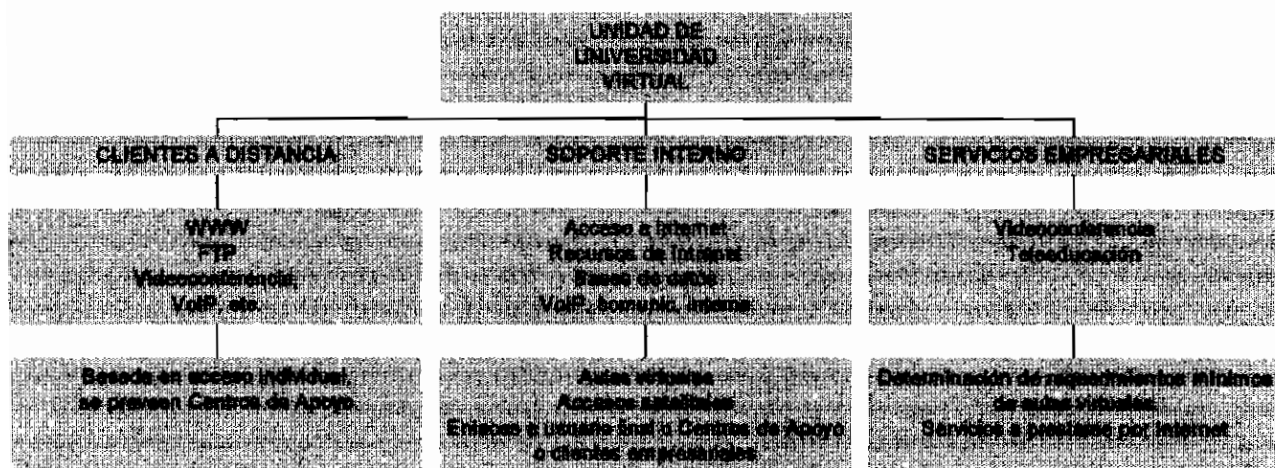


Figura 3.5: Servicios a prestarse por medio de la Unidad de Universidad Virtual.

La Unidad no propondrá cursos, sistemas o implementaciones a nivel de usuario; sólo dará asesoría con respecto del aspecto técnico requerido y mantendrá el sistema en funcionamiento, con la adecuada gestión de los subsistemas y equipos a su cargo, y en coordinación con las unidades encargadas de la Polired. Al ser un sistema integral, que comprende a todos los estamentos de la Escuela Politécnica Nacional, deberá regirse dentro del marco que gobierna la misma. La figura 3.6 muestra los estamentos partícipes en la Unidad de Universidad Virtual, basados en los Estatutos de la Escuela Politécnica Nacional, dentro de todos los niveles contemplados en los mismos.

El criterio de selección de los estamentos partícipes en la Unidad de Universidad Virtual propuesta, tiene que ver con la adecuada injerencia de los mismos a nivel educativo, administrativo y de planificación de la Escuela, dentro de cada nivel definido en los estatutos y los propósitos propuestos para dichos niveles dentro

del mismo estatuto. A la vez, la prestación de servicios a la comunidad, también ha sido considerada para ser parte de los estamentos relacionados con la unidad.



Figura 3.6 Estamentos partícipes en la Unidad de Universidad Virtual.

3.4.1 BASES DEL ESQUEMA ORGANIZACIONAL DE LA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

La organización del sistema de Universidad Virtual para la Escuela Politécnica Nacional, estará basada en el estatuto y funciones de la misma. Los servicios estarán enmarcados dentro de la Ley de Educación Superior, y los servicios y prestaciones enmarcados dentro de las funciones de la Universidad, pero debiendo contemplarse las interacciones adecuadas con los sistemas de trabajo que se desarrollaren con los Centros de Transferencia de Tecnología que se relacionaren con la Escuela Politécnica Nacional¹¹.

La Unidad de Universidad Virtual tendrá la siguiente base directriz, como se ve en la figura 3.7:

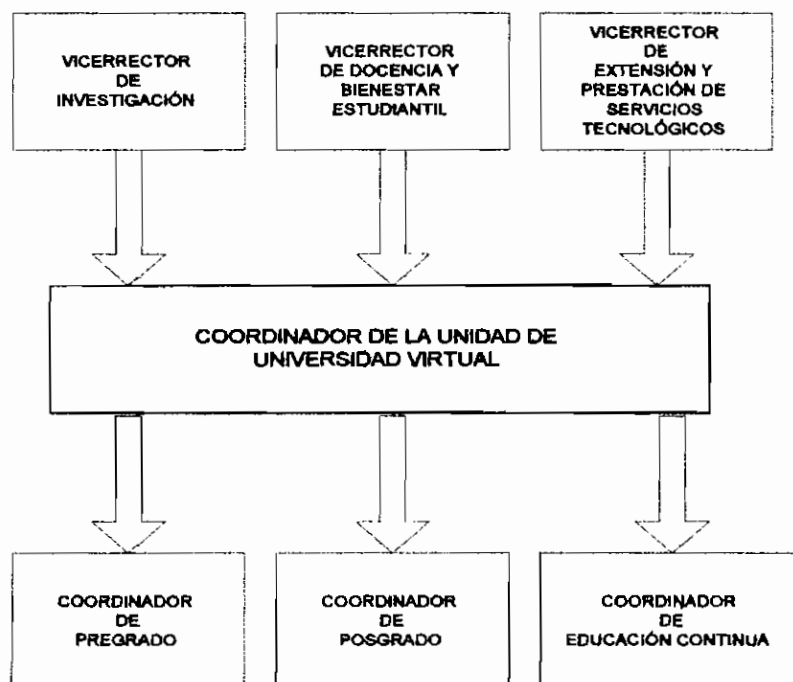


Figura 3.7 Esquema directriz de la Unidad de Universidad Virtual.

¹¹ Existiendo, para la creación de los Centros de Transferencia de Tecnologías, la Ley de los Centros de Transferencia y Desarrollo de Tecnologías (Suplemento, Registro Oficial del 16 de Noviembre de 1999), y un Reglamento General para la creación de Centros de Transferencia y Desarrollo de Tecnologías (Escuela Politécnica Nacional, Dirección de Asesoría Jurídica, Marzo del 2000), Resolución No. 40 de Consejo Politécnico, del 2 de Marzo del 2000.

El Coordinador de la Unidad de Universidad Virtual, tendrá a su cargo la asignación de actividades al personal de soporte, y la asignación de recursos de los diferentes subsistemas bajo control de la unidad, en concordancia con los demás estamentos participantes en el sistema educativo.

A su vez, los coordinadores parciales (a nivel de pregrado, posgrado, y educación continua), serán los encargados de los distintos sistemas previstos para sus áreas, debido a que cada una de ellas tendrá a su cargo sistemas con especificaciones y parámetros de calidad, evaluación, seguimiento, etc. diferentes.

Los vicerrectores (de investigación, de docencia y bienestar estudiantil, y de extensión y prestación de servicios tecnológicos), como entes superiores al coordinador de la unidad, guiarán los procesos académicos y planificación de los sistemas desde el punto de vista académico-orgánico-funcional de la Escuela.

3.4.2 INTERACCIÓN DEL SISTEMA CON EL ESQUEMA ORGANIZACIONAL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

La Unidad de Universidad Virtual no se interpondrá o superpondrá a las funciones de la Escuela Politécnica Nacional como entidad educativa de nivel superior. Los regímenes educativos a seguirse, estarán enmarcados dentro de los lineamientos de las autoridades, serán independientes de la transitoriedad de las mismas, y respetarán los estatutos y leyes que rigen a las Universidades y Escuelas Politécnicas de la nación.

Los aspectos administrativos y de regulación de sistemas educativos a implementarse, estarán basados en los propósitos de cada departamento, área académica y/o escuela, de acuerdo a los procedimientos normales a seguirse con una unidad de trabajo académico presencial normal, o de acuerdo a la normatividad que se dé por parte del CONESUP al respecto.

Los servicios a implementarse, los cuales pueden ser abiertos como servicios públicos independientes de la aplicación de Universidad Virtual, servirán como fuentes de financiación de la Unidad y de la Universidad, a la vez que permitirán un mayor control de la calidad de los servicios a darse.

3.5 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS A CUMPLIR POR EL SISTEMA DE SOPORTE DE LA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

El sistema de soporte de la Unidad de Universidad Virtual de la Escuela Politécnica Nacional, se basará en las siguientes áreas de soporte, las cuales darán servicios a los distintos usuarios de la misma:

3.5.1 DE LOS SERVICIOS BASADOS EN INTERNET

La mayoría de las aplicaciones a darse estarán basadas en Internet o Intranets¹². Para esto, se prevee la conformación de un Proveedor de Servicios de Internet (*ISP, Internet Service Provider*) adecuado a las características del sistema final. Los accesos a este medio serán por módem telefónico para los usuarios individuales, dentro de los cuales se definirán las diferentes aplicaciones y prestaciones características de los accesos, en forma más detallada en el capítulo IV.

Para los servicios corporativos, los accesos a implementarse dependerán del tipo de servicios requeridos por los grupos. El uso de Centros de Apoyo, los cuales serán redes LAN conectadas a los servicios de la Unidad de la Universidad Virtual y serán diseñadas de modo dedicado para propósitos de educación virtual, incluyendo servicios de tele-educación.

¹² Los servicios serán FTP, correo electrónico, Telnet, WWW, Chat, NewsGroup, y demás servicios comprendidos en tiempo real (Voz y vídeo sobre IP), entre los más representativos.

3.5.2 DE LAS CONEXIONES A LOS USUARIOS

Los usuarios, dependiendo del nivel de conectividad logrado hacia su punto de ingreso al sistema, accederán a distintos tipos de servicios, dependiendo de las máximas velocidades y anchos de banda disponibles para el mismo, y teniendo siempre en cuenta los costos asociados con los sistemas de comunicación.

3.5.2.1 Accesos a los usuarios grupales

Por usuarios grupales se entiende a conjuntos de personas trabajando simultáneamente y localizadas en un mismo punto de acceso a los recursos, ya sea trabajando bajo entorno de red de computadoras, o compartiendo recursos (audio, vídeo) dentro de una misma aula de clase.

Este tipo de acceso es determinado mediante enlaces satelitales fundamentalmente, debido al gran nivel de cobertura no sólo regional sino hasta global que puede darse, facilitando inclusive la interconectividad a nivel de red.

Se pueden contemplar otros recursos de conectividad tales como líneas dedicadas, enlaces de radio, microondas, etc., pero este tipo de conectividad debe ser analizado bajo las condiciones de las aplicaciones particulares a darse del sistema hacia otras redes.

La base del sistema será la Escuela Politécnica Nacional, tanto en el aspecto de producción como de emisión y fuente de los recursos educativos. La figura 3.8 muestra el esquema de comunicaciones grupales.

3.5.2.2 Accesos de los usuarios individuales

Los usuarios individuales son quienes tendrán mayor presencia cuantitativa con respecto al uso de los recursos de la Unidad de Universidad Virtual, debido a que

está orientada a brindar servicios para individuos que no puedan asistir con la completitud de tiempo a la universidad o a las actividades relacionadas con la misma.

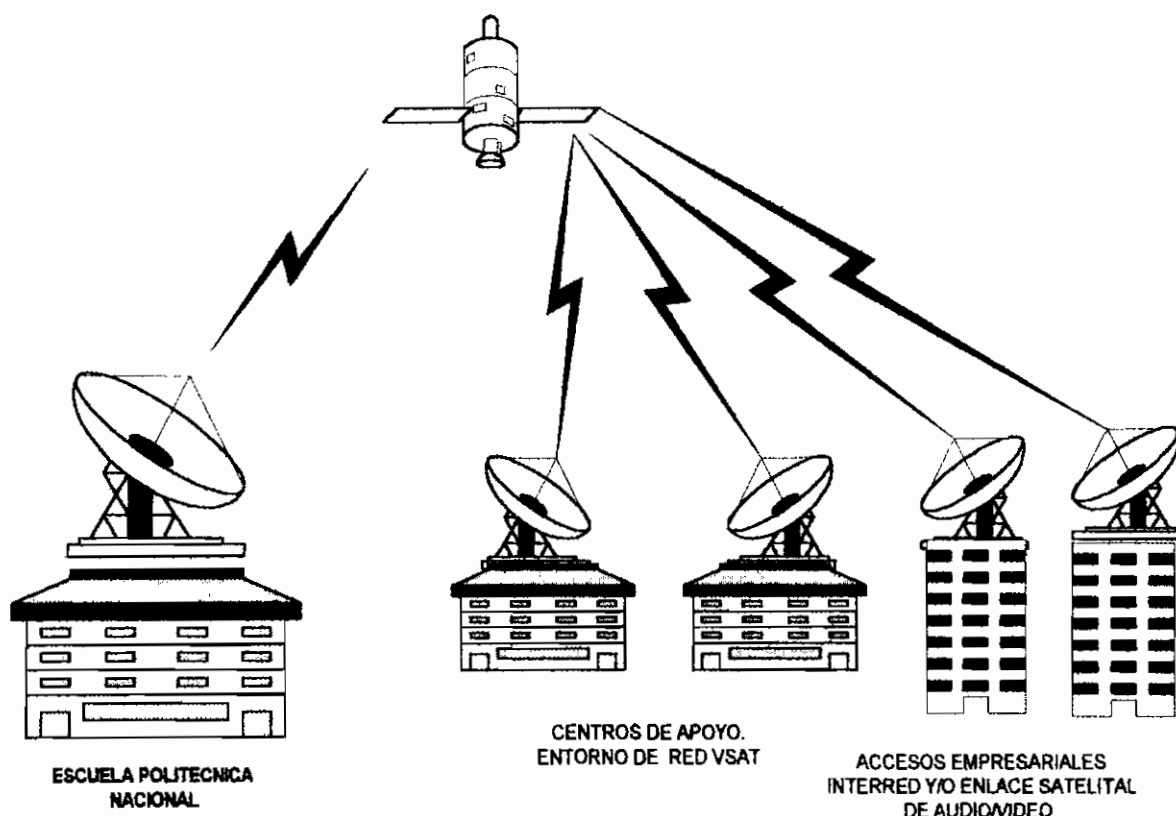


Figura 3.8 Esquema de comunicaciones grupales satelitales.

Es, en este sentido, que los métodos de acceso a recursos de red, especialmente de Internet, son los más aplicables al caso. Si bien el uso de accesos convencionales a dichos recursos, se reduce prácticamente al uso de módem telefónico, se ampliará cercanamente a una nueva tecnología de acceso: ADSL, la cual tiene ya una interesante difusión de entrada a los mercados mundiales, por aprovechar los mismos recursos de líneas telefónicas convencionales, pero reduciéndose su cobertura por limitaciones de alcance propias de la tecnología, a más de las restricciones de costo antes mencionadas. Con estos antecedentes, los accesos de usuario individual, se contemplan en la figura 3.9.

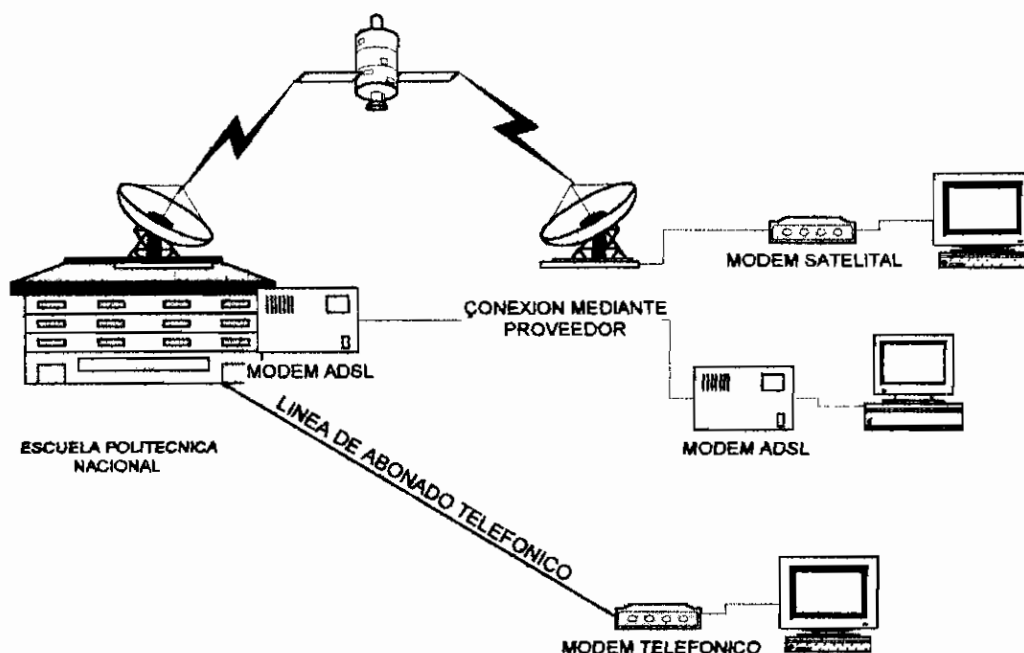


Figura 3.9 Accesos individuales.

3.5.2.3 Recursos de red internos para la Escuela Politécnica Nacional

Los recursos a manejarse bajo el entorno que abarca la Polired, implican dos aspectos a desarrollarse:

- Determinar equipamiento básico para soportar aplicaciones de gran ancho banda, en cuanto a servidores, equipos terminales, y estructura de red. Es decir, requerimientos de la Polired para un rediseño de la misma que permita esquemas de trabajo que requieran gran ancho de banda y aplicabilidad a nivel interno, así como la implementación de protocolos que permitan aplicaciones de trabajo en grupos, y sistemas de tiempo real.
- Diseño de aulas virtuales, las cuales pueden trabajar como apoyo al sistema de red pero para aplicaciones de muy alto requerimiento de ancho de banda, como vídeo compartido de dos sentidos de comunicación, y/o independientemente de red, como aulas de lecturas remotas: transmisión de

vídeo instruccional en tiempo real, en un sólo sentido, para sistemas de bajo o nulo nivel de interactividad.

REFERENCIAS

- [A] ESTATUTO DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, Enero del 2000.
- [B] **QUEVEDO TERAN, Francisco:** "Crónica de una jornada al servicio del Ecuador". Revista Recuento y Proyección. 50 Años, Facultad de Ingeniería Eléctrica. Diciembre de 1995.
- [C] Prospecto de la Escuela Politécnica Nacional. Página Web de la Escuela Politécnica Nacional
<http://www.epn.edu.ec>
- [D] **ANDINATEL S.A.:** Presentación al Foro de Proveedores. Subgerencia de Informática, Diciembre 1999.

SISTEMAS DE SOPORTE DE LA UNIDAD DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

INTRODUCCIÓN

La Unidad de Universidad Virtual propuesta dependerá funcionalmente de la Escuela Politécnica Nacional, pero para el accionar de los sistemas de apoyo tecnológico con los cuales se implementará el sistema, se determinarán en un inicio los objetivos de trabajo, por condiciones de mercado y de aplicabilidad a corto y mediano plazo, dentro de las condiciones del país y de la universidad en general. Las acciones a largo plazo serán mayormente estructuradas en función de propósitos educativos, antes que tecnológicos, debido a los altos costos y la gran incertidumbre ocasionada por la introducción en el mercado mundial de diversas tecnologías que pueden ser desechadas o poco aplicadas de acuerdo a las condiciones de mercado, tecnologías y estandarización. Es por esta razón que es necesario considerar esquemas de trabajo mediante uso de acceso vía módem telefónico al sistema, ya que si bien el grado de interactividad es muy bajo y/o limita en mucho las aplicaciones consideradas para la educación virtual (debido al poco ancho de banda brindado por el módem telefónico), dicho método de acceso es el más difundido y aplicable por costos para el usuario, como se detallará más adelante en este mismo capítulo. Los sistemas propuestos y desarrollados, corresponden a una etapa inicial del servicio, como punto de partida del mismo, pudiendo a futuro considerar la expansión del servicio a partir de los sistemas propuestos. Los costos de equipos corresponden a precios referenciales locales netos, sin considerar aspectos contractuales de instalación y mantenimiento, personal responsable, etc., salvo donde se mencione lo contrario.

En el presente capítulo de esta tesis se presenta los esquemas más amplios a considerarse para su aplicación y difusión, dejando de lado el análisis de tecnologías versus pedagogía, debido a que se requiere formación pedagógica y un trabajo de la Universidad como un ente organizativo/educativo para determinar

esquemas finales de trabajo, los mismos que tienen gran relación con el *software* de aplicación que se utilice o se implemente finalmente. Se considerarán 3 etapas de desarrollo de los sistemas:

- Etapa de Producción.
- Etapa de Almacenamiento y Difusión.
- Etapa de Interacción.

La *etapa de producción* implica el trabajo de elaboración de material a ser utilizado, para lograr que la información sea presentada en forma de audio, vídeo, o simplemente texto (hipertexto o material escrito). Esta etapa es medular en cuanto al sistema educativo en general: es ahí donde se presentan los errores del sistema de educación *como sistema de estudio* en sí. En lo que tiene que ver con los contenidos y alcances de los cursos, deben ser diseñados y desarrollados con la adecuada planificación y sentido comprensivo hacia el estudiante, los objetivos del curso, los materiales y herramientas a utilizarse, y demás aspectos relacionados.

La *etapa de almacenamiento y difusión* comprende el sistema de envío hacia el usuario del material ya elaborado, y el esquema de red en sí. En el aspecto que aborda esta tesis, el material (ya sea éste en forma de audio, vídeo o texto) es tratado como una cierta cantidad de bits a ser transmitidos hacia el usuario, tomando en cuenta las fuentes del material (almacenamiento del mismo en servidores, bases de datos, etc.), sea el modo de trabajo en tiempo real o no, dependiendo del sistema de trabajo con el usuario, y considerando el acceso a los recursos en forma individual o grupal, a fin de optimizar los mismos con respecto al uso de los sistemas de telecomunicaciones en general, y, a la vez, dependiendo del nivel de interactividad necesario o de la aplicación requerida.

La *etapa de interacción*, se refiere a la disponibilidad de recursos en tiempo real, los cuales dependerán del nivel de trabajo necesario para la aplicación a darse.

Los sistemas planteados en el capítulo anterior, tratan con el usuario final, pero no consideran el sistema de apoyo tecnológico necesario para los fines educativos pertinentes.¹

4.1 ETAPA DE PRODUCCIÓN

La producción del material a usarse para los fines educativos comprende el paso previo al despliegue de información escrita, recursos de audio, vídeo y material multimedia. Todos estos recursos pueden usarse con fines educativos, pero deberán ser orientados a efectivizar el proceso de enseñanza/aprendizaje, teniendo en cuenta también el aspecto económico de las soluciones.

4.1.1 DE LA PRODUCCIÓN DE INFORMACIÓN ESCRITA

La información escrita puede ser presentada bajo distintas formas, de acuerdo al contexto de trabajo:

4.1.1.1 Material escrito como texto guía

Este material es previamente elaborado para estudio o lectura del individuo como preparación a una clase magistral (que puede ser difundida por medio de televisión abierta o vía cable, o por medio de videoconferencia hacia las aulas remotas ubicadas en los Centros de Apoyo), o preparación para una clase presencial en el campus, estando esta información disponible al acceder a los recursos de la Polired vía Internet, o por medio de Intranet. La difusión de este material será en formato texto vía FTP, o usando formato HTML para visualizarlo en páginas WWW, u otros formatos presentes en el mercado, como por ejemplo, el formato PDF (*Portable Document Format*).

En casos especiales, el envío de material impreso hacia el usuario, se puede justificar si el material hace uso de un gran despliegue gráfico que haría que el

¹ Es decir, el esquema presentado en el capítulo III, abarca el punto de vista de usuario únicamente.

usuario requiera demasiado tiempo para descargarlo desde la red, o preveyendo el almacenamiento permanente de la información. Este material puede ser enviado por medio de CDs con recursos multimedia, inclusive, requiriéndose para este efecto, el definir las prestaciones mínimas de *hardware* y/o *software* que debe tener el estudiante para poder utilizar dicho material adecuadamente.

4.1.1.2 Material escrito para uso *in situ*

El recurso de usar material en formato HTML, puede ser incluido dentro de la pedagogía a emplearse, y si se requiere, el uso de protocolos que permitan aplicaciones en tiempo real (del tipo *real audio*), de modo que el estudiante tenga una guía de voz a la vez que sigue el material escrito por medio de la charla. Es decir, este material viene a ser una mezcla de texto con audio.

De las consideraciones realizadas, para la etapa de producción del material escrito, será necesario tomar en cuenta:

- Elaboración de los materiales. Ya sea por medio de un Centro de Ediciones de la Escuela Politécnica Nacional, o por medio de otros centros de publicaciones, se imprimirán o darán formatos de presentación a los materiales elaborados: impresiones, páginas Web, elaboración de CDs, conjuntamente con los otros recursos para presentaciones multimedia.
- Editores de material para adecuarlos a los medios de difusión (*software* de trabajo). En este aspecto, la metodología comprende diversa presentación para archivos de apoyo, en comparación con los archivos de trabajo *in situ*².
- Servidores para el almacenamiento y la difusión del material elaborado: FTP, *hosting* de páginas para WWW, y servidor multimedia, inclusive.

² Considerando el nivel de interactividad a darse en las aplicaciones, no es lo mismo elaborar documentos o aplicaciones para uso individual (que pueden ser documentos de editores de texto, hojas electrónicas, etc.), que la realización de aplicaciones de trabajo compartido (por ejemplo *Cu-See Mee*, aplicaciones de grupo en tiempo real, etc.)

- Accesos de red, ya sean hacia recursos de Internet o de Intranet: servidores de red, en caso de trabajo dentro de la Universidad (recursos de la Polired), o de acceso remoto (usuario individual), o en caso de trabajo dentro de los Centros de Apoyo, acceso a bases de datos y recursos de red (ya sea dentro de los Centros de Apoyo, o basadas en la Universidad).

4.1.2 ETAPA DE PRODUCCION DE LOS RECURSOS DE AUDIO

Los recursos de audio pueden trabajar conjuntamente con los recursos de texto usando aplicaciones de tiempo real³, y, obviamente, con los recursos de vídeo, como se enunció anteriormente. Para el desarrollo de este tipo de aplicaciones, se requerirá:

- Estudio de grabación digital, de modo que se pueda realizar el proceso de edición, almacenamiento y difusión primaria⁴ de manera completa y que permita la aplicabilidad a recursos independientes de red: por ejemplo, el almacenamiento en discos ópticos (discos compactos) como recurso de ayuda para el estudiante o la implementación del recurso de audio para medios de difusión masiva (por ejemplo, que permitan la traslación a otros formatos de trabajo, mediante la aplicación de diversos esquemas de compresión).
- Servidores de audio, para la aplicación propia con el usuario final, considerando el trabajo a realizarse con este tipo de material por medio de redes, ya que, al igual que con el texto, el material de audio que reúna ciertas características especiales (formatos, tamaño) puede ser enviado en forma de CDs o inclusive *cassettes* al usuario.
- Implementación de protocolos que permitan la aplicación en tiempo real, en caso de ser necesarios, de acuerdo a las condiciones de red, dentro de la transmisión final hacia el usuario.

³ Por ejemplo, en un modo afín a los sistemas de autoaprendizaje antiguos, el seguir un texto mediante indicaciones o conferencias de voz.

⁴ Difusión primaria, comprende el envío del material, una vez terminado, por parte de las unidades de elaboración de material hacia las unidades de difusión finales (redes de usuario final).

4.1.3 ETAPA DE PRODUCCIÓN DE LOS RECURSOS DE VÍDEO

El vídeo y la producción del mismo para fines educativos, requiere de un trabajo más elaborado. El uso de pequeños archivos de vídeo asociados al material impreso, permite el reforzar la instrucción. La etapa de producción de vídeo, necesitará de:

- Estudio de grabación de vídeo digital. De modo que se tenga una base de trabajo de difusión más amplia, la cual podría incluir formatos de transmisión a televisión abierta y/o codificada.
- Uso de servidores de vídeo para acceder a estos recursos mediante aplicaciones de red.
- Implementación de protocolos que permitan las aplicaciones en tiempo real, dependiendo de los recursos de red disponibles.

4.2 ETAPA DE ALMACENAMIENTO Y DIFUSIÓN

La etapa de almacenamiento y difusión es la parte fundamental de diseño del sistema de apoyo para el soporte de la Unidad de Universidad Virtual. Aquí, se consideran los sistemas determinados en el capítulo anterior, ya que son fundamentalmente orientados al cliente, no al proceso previo.

El diagrama del sistema de producción propuesto como parte del sistema de Universidad Virtual se muestra en la figura 4.1

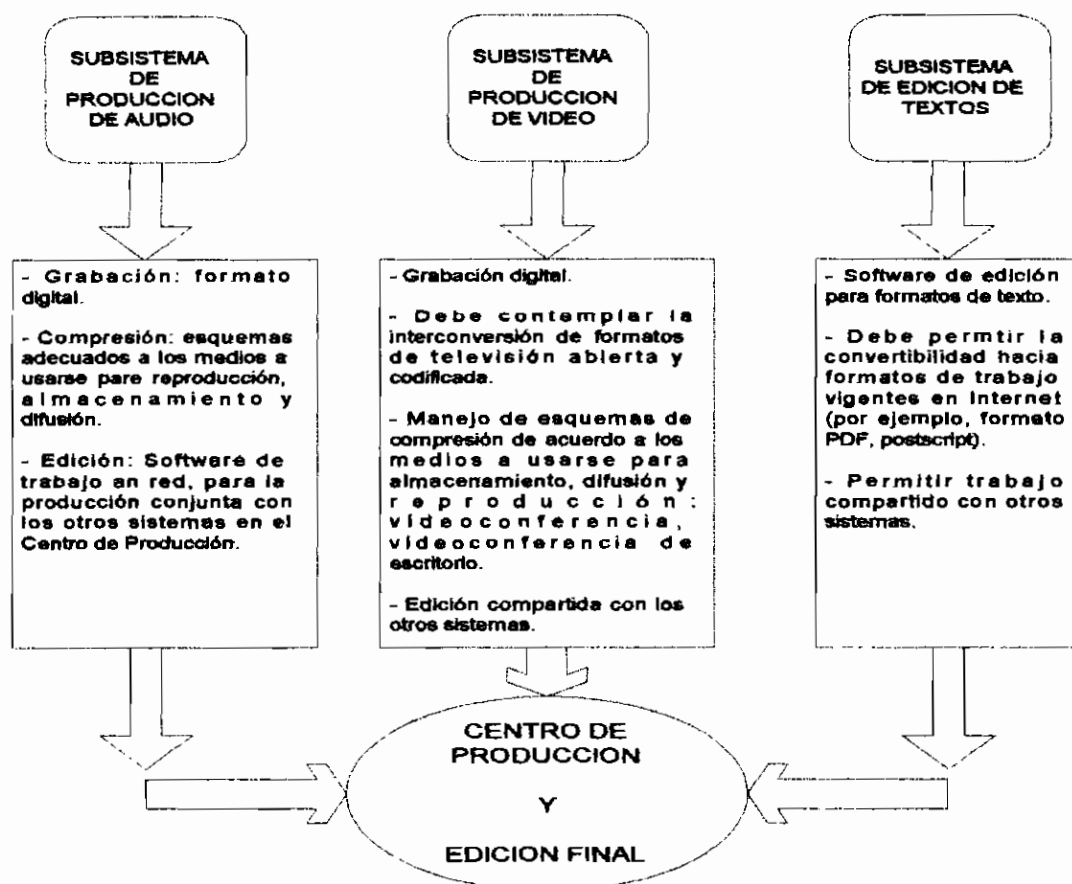


Figura 4.1 Sistema de producción del Sistema de Universidad Virtual

4.2.1 POLIRED

La Polired, dentro de su estructura actual, no puede sustentar mayores aplicaciones que las mencionadas en el capítulo anterior. Los usuarios, tanto a nivel de estudiantes como de profesores, no pueden acceder de modo aceptable (sobre todo en cuanto a tiempo de respuesta), dadas las condiciones actuales, a recursos como la WWW y FTP. Como el número de usuarios y las prestaciones del servicio deben ser mejoradas, a la vez que el sistema total propuesto es más amplio (de acuerdo al desarrollo del presente capítulo), es necesario el manejar un mayor ancho de banda para acceder a los recursos de Internet.

Este sistema, como red, ha crecido sin una mayor planificación, y las subredes que comprenden el área de trabajo con computadoras de cada facultad sólo han

crecido en función de demandas inmediatas de servicios de trabajo (procesadores de palabras y hojas de cálculo, principalmente, y ciertos paquetes de *software* de acuerdo a las especialidades), dando servicio para los estudiantes que no poseen computadora o *software* legalizado para su difusión. El *software* empleado es sólo de nivel unipersonal, y no se ha podido implementar paquetes de trabajo compartido o recursos audiovisuales por medio de las redes internas de cada facultad.

Mención especial merecen las consideraciones de dos áreas: Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Eléctrica, especialidad en Electrónica y Telecomunicaciones, debido a su directa relación con el estudio y trabajo en redes de computadoras. Los servicios existentes en estas áreas tienen subredes determinadas por el uso de servidores de *proxy*, que permiten la creación de subredes, pero limitan la aplicación de protocolos y sistemas de tiempo real.

4.2.1.1 Aspectos de servicios de red a considerarse en un nuevo esquema de Polired, enfocado a servicios de Universidad Virtual

La Polired, como red interna de la Escuela Politécnica Nacional, puede ser considerada en tres áreas de trabajo, pero diferenciándolas de las áreas funcionales actuales, basadas en carreras, departamentos y edificios de facultades:

Area 1: Servicios Educativos.

Area 2: Servicios Administrativos.

Area 3: Servicios de Investigación.

Area 1: Servicios educativos.- Los servicios educativos, deben enmarcar su ámbito de trabajo bajo una denominada *Red de Apoyo Educativo*. Dicha red, trabajará con los servicios de educación a los estudiantes tanto en campus como remotos de la Escuela Politécnica Nacional; es decir, con servicios de información bibliográfica, acceso a Internet, y accesos a otros recursos localizados dentro del campus Rubén Orellana en los sistemas a crearse. Los servicios son un recurso

adicional con fines de estudio o de ampliación de los programas de estudio con base en el campus.

Area 2: Servicios administrativos.- Estos servicios estarán dados dentro de los esquemas administrativo-funcionales de la Escuela. El acceso a estos recursos estará limitado al uso de bases de datos y procesos de matriculación/validación, por lo que será la subred administrativa la menos compleja en cuanto a recursos de red o técnicos de trabajo dentro de la universidad, por las aplicaciones a darse: FTP, acceso a bases de datos e inclusive trabajo en esquema de Intranet, pero requiriendo mayores prestaciones en cuanto a seguridad, de acuerdo a los servicios.

Area 3: Servicios de investigación.- Los servicios de dicha área, basados en los Institutos de Investigación y los Centros de Investigación localizados en el campus, tendrán un tratamiento independiente, dado el alcance de su trabajo y preveyendo el mismo con otras instituciones de nivel superior o inclusive con empresas, y dependiendo del grado de participación en redes especializadas.

4.2.1.2 Proposición funcional de la Polired

Tomando en cuenta las áreas de trabajo del punto anterior, se deben plantear las mismas áreas como aspectos *funcionales* de la Polired. Es decir, se consideran las subredes administrativas, de investigación y de servicios educativos. Adicionalmente, al igual que con los Centros de Apoyo, se debe prever la implementación de aulas virtuales en la Escuela Politécnica Nacional, considerando a éste un sistema con tratamiento preferencial. Esto, debido a la expresa dedicación hacia aplicaciones de gran ancho de banda y alto nivel de interactividad (se deberá tomar en cuenta otras aplicaciones diferentes a las consideradas en los esquemas de estudio a distancia de los Centros de Apoyo, lo que se analizará posteriormente en este capítulo, en la sección 4.2.4), de modo que no interfieran con las labores de las subredes o las labores de la Polired en general. Debe, a su vez, no afectar en manera significativa un rediseño futuro de

la Polired, notando que el limitante actual es la infraestructura de interconectividad de la misma.

Se considera a la Subred de Servicios Virtuales, como una pequeña red de alto rendimiento que permite el uso de aplicaciones avanzadas en educación virtual, siendo una LAN paralela a la Polired, pero orientada a aplicaciones de gran ancho de banda y tiempo real, principalmente, que a la vez facilite una mejor utilización de los recursos de dicha red la mayor parte del tiempo, evitando la subutilización de los mismos en cuanto a tiempo y espacio, y también gastos innecesarios de mantenimiento, personal y sistemas de comunicaciones con respecto a la implementación de dichas aulas en cada carrera y/o departamento.

El esquema de red total de la Polired, al seccionar la misma en cuatro subredes, permite un mejor desempeño, y permite el uso de la actual Polired para servicios que se adapten a la disposición de la red, con las mejoras necesarias que implique la funcionalidad de cada área propuesta. De este modo, se plantea la siguiente división *funcional* de la Polired, como se muestra en la figura 4.2, y se detalla a continuación:

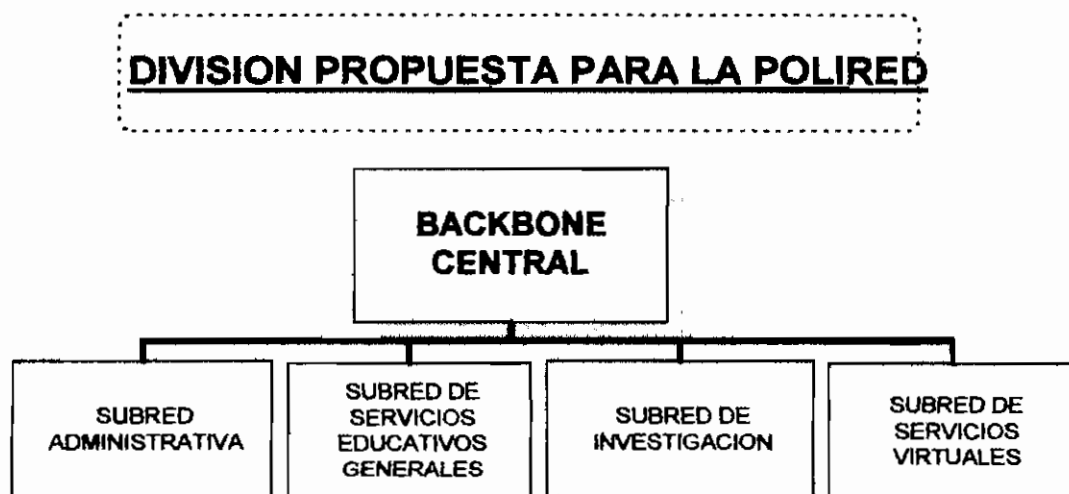


Figura 4.2 División funcional de la Polired

a) La Subred Administrativa.

La cual se manejará con la estructura de la Polired actual, pero asumiendo una futura implementación de *backbone* de mayor velocidad en el mejor de los casos, tal y como se describió en el capítulo anterior. Publicaciones de notas, accesos a bases de datos relativos a la administración de la Escuela en general, pueden ser implementados con facilidad en la red actual, debido a los pocos requerimientos de tiempo y aplicaciones relacionadas. Un aspecto a tomarse en cuenta con la Subred Administrativa, radica en el hecho de implementar sistemas de seguridad, autenticación y certificación adecuados, aspectos básicos y sumamente necesarios cuando se trata con sistemas de bases de datos con información delicada (registros de notas, e inclusive, registros de las evaluaciones a distancia), y más aún, si se preveen sistemas de pago a distancia, dentro del proceso de matrícula común a los sistemas de estudio, ya sea en campus o a distancia (aplicaciones de comercio electrónico).

b) La Subred de Servicios Educativos Generales.

La estructura de árbol⁵ en la cual se basa la conformación de la Polired actual, permitirá el trabajo de los laboratorios y servicios meramente educativos dentro de la Escuela, pudiendo implementarse, por facilidad, bajo forma de Intranet. Permitirá a los estudiantes el ingreso vía un enlace de la Escuela a Internet, ya sea, en una etapa inicial, mediante un proveedor de servicios, o mediante el esquema de la Escuela como un ISP a plantearse más adelante.

c) La Subred de Investigación.

Las conexiones o enlaces de los Centros e Institutos de Investigación, hacia otros centros o unidades de prestación de servicios empresariales, o

⁵ Organizativamente, bajo el contexto físico de facultades se sigue un esquema de árbol para los accesos a las distintas redes y subredes. Un nuevo diseño de la Polired, manejará los nuevos esquemas propuestos de escuelas y departamentos, lo cual escapa al margen de previsibilidad del presente trabajo.

directamente hacia otras empresas o institutos de investigación y servicios, dependerán de las necesidades de conectividad con dichas redes o sistemas. Debe considerarse principalmente el uso de protocolos dedicados que permitan aplicaciones para trabajo compartido, aunque a nivel de investigación compartida con otros Institutos o Centros, sean nacionales o extranjeros, serán necesarios estudios puntuales de las aplicaciones. Dependiendo del nivel de trabajo con otras instituciones, empresas, y centros de investigación, es necesario la previsión de aplicaciones de redes privadas virtuales, permitiendo el trabajo mediante *tunneling*⁶ o encapsulado usando la infraestructura de Internet, eliminando conexiones dedicadas y problemas de uso de protocolos si se implementa interconectividad basada en sistemas portadores.

En caso de ser necesaria la conectividad entre sistemas mediante servicios portadores, deberá ser necesario el análisis en base a los requerimientos específicos en cuanto a la conexión final, debiendo considerarse entre otros, los siguientes aspectos:

- Nivel de aplicaciones.- Ya que éstas determinarán el ancho de banda necesario, en base de la orientación a tiempo real, sincronismo o asincronismo de aplicaciones, trabajo compartido y sistemas de difusión que sean necesarios.
- Ancho de banda necesario vs. disponible.- Lo cual restringirá las soluciones considerando la implementación de protocolos y formatos de trabajo, sobre todo en cuanto al uso de aplicaciones de difusión y tiempo real.
- Orientación a soporte multiprotocolo e interconectividad entre los sistemas.- Los sistemas portadores trabajan mayoritariamente bajo

⁶ Tunneling: técnica mediante la cual, la información puede viajar a través de otras redes, generalmente públicas, por medio de caminos virtuales dedicados para el efecto, permitiendo aplicaciones de carácter privado.

circuitos digitales TDM, X.25, Frame Relay y ATM, y los desarrollos actuales de interconectividad (sobre todo en cuanto a aplicaciones de tiempo real, y el uso para transmisiones de voz) requieren una inmersión más profunda en el desarrollo de los mismos⁷. El uso de sistemas de *clear channel* (canales limpios, en los cuales el usuario obtiene un canal y puede hacer implementaciones sobre el mismo de acuerdo a sus necesidades), también puede considerarse de acuerdo a las condiciones de servicios y facilidad de implementaciones.

- Costos asociados con el servicio, disponibilidad de los mismos y respaldo para con el servicio contratado. Este factor será determinante para la determinación de las aplicaciones finales a implementarse en el sistema.

d) Subred de Servicios Virtuales.

Se localizarán tres aulas de Servicios Virtuales dentro del Campus Rubén Orellana, como punto de partida del sistema, pudiendo el número de aulas incrementarse de acuerdo a las necesidades. Estas aulas forman la Subred de Servicios Virtuales, y permiten el uso de equipos con los debidos elementos e interfaces que permitan su adecuado desempeño de instrucción virtual. Las aulas de Servicios Virtuales se esquematizan posteriormente, en este mismo capítulo. Debido a los costos asociados con la implementación de las mismas (considerando los aspectos de red, el equipamiento de terminales de usuario, los sistemas de audio y vídeo, inclusive sistemas de videoconferencia), y al uso horario (debido a que las aplicaciones a darse serían especializadas, lo cual implica selección adecuada de recursos y de la instrucción a darse), permitirán, con la adecuada distribución, su manejo óptimo por parte de las carreras y departamentos de la Escuela, de acuerdo a las necesidades de los mismos, y permitiendo el acceso a las otras subredes, en caso de ser necesario. El acceso a Internet, a la vez que permita la implantación de

⁷ Se manejan actualmente, sobre todo en cuanto a voz, distintos desarrollos : VoIP (voz sobre IP), VoFR (Voz sobre Frame Relay), y VoATM (Voz sobre ATM), y a su vez, el soporte de IP sobre dichos sistemas, principalmente ATM (mediante *LAN-emulation* y *classical IP*).

protocolos que faciliten su trabajo para los fines previstos, debe ser contemplado dentro de este subsistema.

En la figura 4.3 se muestra una disposición básica de un aula virtual, la misma que puede implementarse ya sea en el campus o en los Centros de Apoyo.

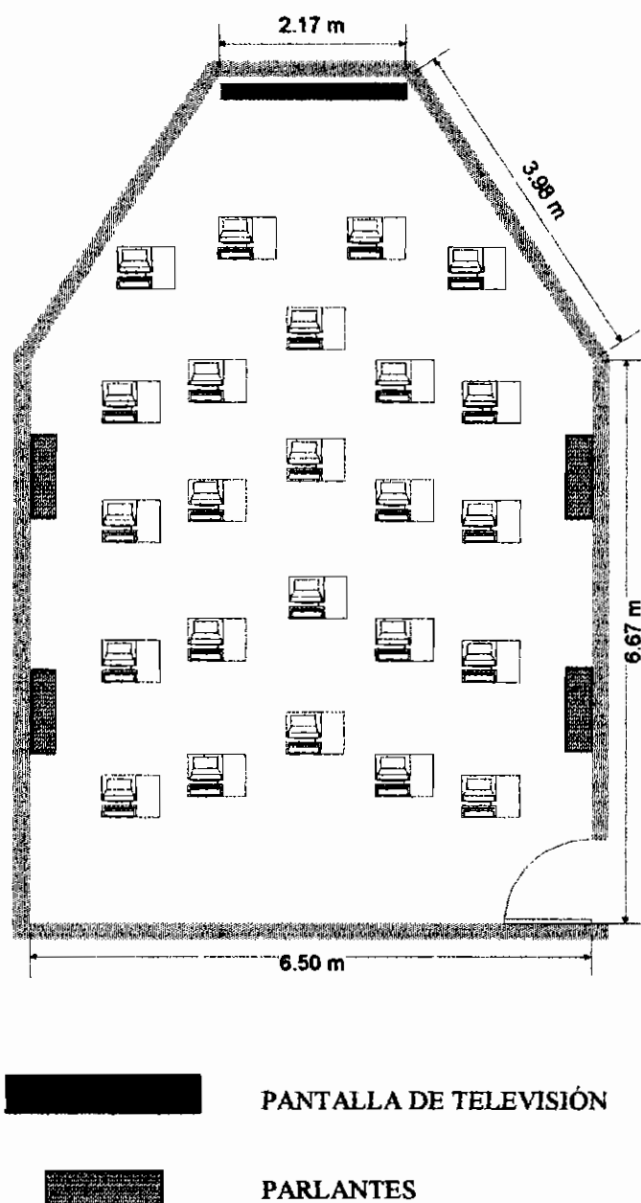


Figura 4.3 Disposición básica de un aula virtual

La figura anterior muestra una disposición sugerida para el aula virtual. Las consideraciones de dimensiones son tentativas, y, en cierto modo, consideran las formas generales de la mayoría de aulas de la Escuela Politécnica Nacional (más largas que anchas); el uso de un aula no rectangular, radica en que, de acuerdo con la disposición del sistema de salida de audio, puede mejorar las prestaciones acústicas del salón⁸. La disposición de las computadoras, es menos estricta y rígida que las disposiciones comunes, facilitando la visión en la pantalla.

4.2.2 SUBRED DE SERVICIOS EDUCATIVOS GENERALES

La subred de Servicios Educativos Generales tiene su base en el esquema actual de la Polired, y hace uso de las divisiones y subdivisiones funcionales y orgánicas actuales, pero notando que no es una subred de carácter administrativo. Las prestaciones que deben cumplirse dentro del sistema actual, para fines específicamente educativos, pero que, a la vez, permitan una funcionalidad con los otros subsistemas propuestos, son las siguientes:

- a) Un incremento del ancho de banda disponible para el usuario final, a fin de permitir un aumento en la capacidad de servicios a darse dentro de los subsistemas actuales de redes internas de computadores de cada facultad⁹, para lo cual el sistema implementado sobre el *backbone* actual debe migrar a un esquema de mayor velocidad, debido a que dicho *backbone* de fibra óptica puede permitir la implementación de nuevas tecnologías que están en boga y que prestan una mayor utilidad (ATM, *Fast Ethernet* entre otros). Actualmente, el sistema cuenta con un esquema de red Ethernet (10 [Mbps] de velocidad), preveándose la migración a un esquema Fast Ethernet (100 [Mbps]). El aumento de ancho de banda debe contemplar simultáneamente dos aspectos principales:

⁸ Considerando la disposición acústica del local dependiente de las aplicaciones. No obstante, para fines educativos, las características acústicas de los locales presentan poca complejidad, en general, debido a las aplicaciones a darse.

⁹ Si bien en los estatutos vigentes, la forma de facultades desaparece como entidad funcional, la mención del término *facultades*, a partir de ahora, hace referencia a los edificios que albergan las estructuras de carreras académicas dentro del Campus Rubén Orellana.

1. *Rediseñar las subredes dentro de la Polired.*- Adicionalmente comprenderá el rediseño de los esquemas de interconectividad al *backbone* del Campus, de modo que se logre el aprovechamiento del ancho de banda en un modo más equitativo, y con menos carga de origen. La figura 4.4 muestra aplicaciones con fines educativos, y su relación con las prestaciones de red, en cuanto a velocidad, que permiten una adecuada aplicación de diversos recursos.

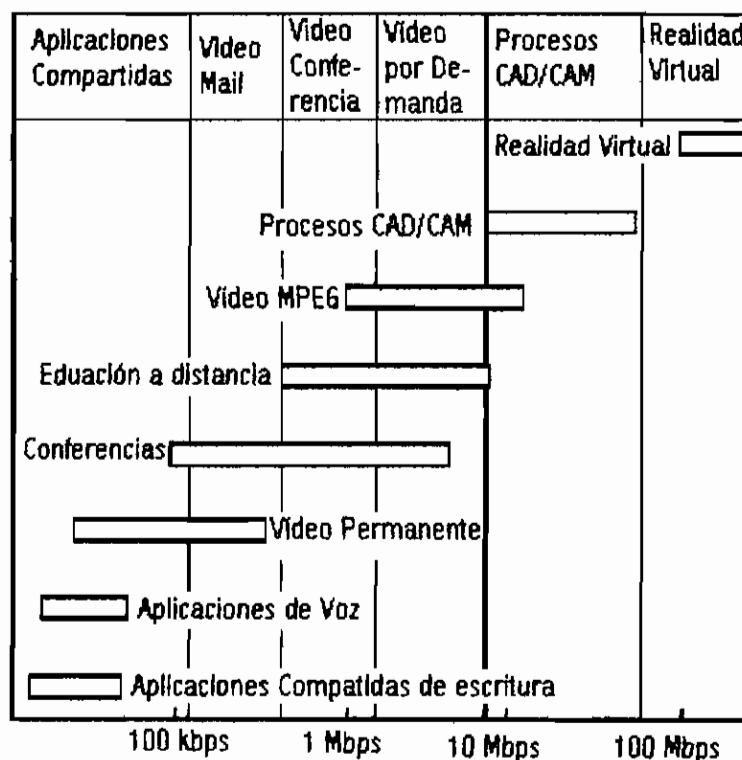


Figura 4.4 Aplicaciones vs. prestaciones de red ^[A]

La figura anterior muestra la aplicación y su directo impacto en el ancho de banda necesario para el usuario. A un menor ancho de banda disponible para la aplicación, se poseerá una menor calidad de la misma.

El uso de *switches* permite un mayor aprovechamiento de ancho de banda, contrario al uso de *hubs*, cuya labor prácticamente divide el ancho de banda

entre los usuarios¹⁰; pero se debe tomar en cuenta el nivel de enrutamiento requerido para las aplicaciones.

2. Mayor capacidad de salida de red.- Ya sea hacia proveedores de servicios de Internet, o hacia portadores, en caso de ser necesaria la interconectividad hacia otros sistemas de redes o para el trabajo con los Centros de Apoyo. Se debe incrementar la capacidad de salida (incrementar la velocidad del enlace), a fin de evitar en lo posible diversos grados de congestión, si se tiene en cuenta que el ISP al que se conecta la Polired tiene actualmente un radioenlace de 192 [Kbps] como soporte para todo el sistema, que teóricamente funciona a 10 [Mbps], debido al esquema de red *Ethernet* vigente. Si se considera el trabajo mediante esquema de redes VSAT (una de las opciones de conectividad para el sistema de Centros de Apoyo), la consideración hacia el proveedor de servicios portadores disminuye, pero para con el ISP debe considerarse un aumento significativo del ancho de banda.

- b) Implementación de plataformas de protocolos y servidores dedicados al tipo de aplicaciones a darse dentro del sistema, así como la provisión del *hardware* y el *software* necesario para las mismas. Los protocolos a manejarse, dependerán de las aplicaciones y el nivel de trabajo de las mismas, pero se debe hacer énfasis en la utilización protocolar adecuada para lograr un mejor aprovechamiento en cuanto a ruteo, calidad de servicio¹¹, y control y administración general de la red.

4.2.3 SUBRED DE INVESTIGACIÓN

La Subred de Investigación brindará soporte principalmente para aplicaciones de trabajo compartido, conferencias de audio/vídeo de escritorio, y los servicios comunes de Internet. La Subred de Investigación debe tener un acceso preferencial a recursos de Internet y/o aplicaciones compartidas basadas en la

¹⁰ Tal como se indicó en el Capítulo II, en la sección relativa a la explicación de los elementos de interconectividad.

¹¹ Los aspectos relativos a Calidad de Servicio en redes de computadores son revisados en el Anexo E.

misma, a la vez que deben permitir el acceso a sus bases de datos, para brindar un soporte a la labor de la Escuela Politécnica Nacional, dando facilidad para la difusión del trabajo de dicha área.

4.2.4 SUBRED DE SERVICIOS VIRTUALES

Esta subred está planteada para ubicarse dentro del campus de la Escuela, y será expresamente dedicada para aplicaciones virtuales en el más amplio sentido del término: desarrollo, aplicación y uso de procesos de tiempo real compartido, procesos CAD-CAM, implementación y trabajo en aplicaciones de realidad virtual. La Subred de Servicios Virtuales de la Escuela Politécnica Nacional, contempla los siguientes aspectos de diseño:

- Una red LAN dividida en tres subredes, cada una concebida para un aula virtual, teniendo una capacidad de máximo 72-75 usuarios (24-25 alumnos por aula). La consideración se realiza por lo explicado anteriormente en cuanto a costos, tiempo de uso y aplicaciones especiales, de las cuales se encargaría esta red.
- Servidores dedicados: audio, voz, vídeo, multimedia y los que se establecieron, de acuerdo a los requerimientos de los sistemas finales.
- Servicios de videoconferencia interactiva, principalmente.

La Subred de Servicios Virtuales no tendrá dependencia alguna de carreras, departamentos y escuelas específicas, dentro del esquema de estudios y trabajo de la Escuela, al ser, prácticamente una red *dedicada* de alto nivel, por los costos asociados a su creación (la inclusión de servidores de alto rendimiento, unidades terminales del mismo nivel y los recursos de *hardware* y *software* necesarios para tal fin), y también, principalmente, debido a que el uso de aplicaciones verdaderamente virtuales no se justifica en gran parte de las carreras, las materias y sistemas asociadas de las mismas, el trabajo en dichas redes será compartido entre las diversas carreras, escuelas, y/o departamentos de la

Escuela, debiendo, en el aspecto participativo, tender a la utilización equitativa de recursos dentro de dicha Subred.

En la figura 4.5, se muestra el esquema de la Subred de Servicios Virtuales a implementarse en el Campus Rubén Orellana:

SUBRED DE SERVICIOS VIRTUALES, E.P.N.

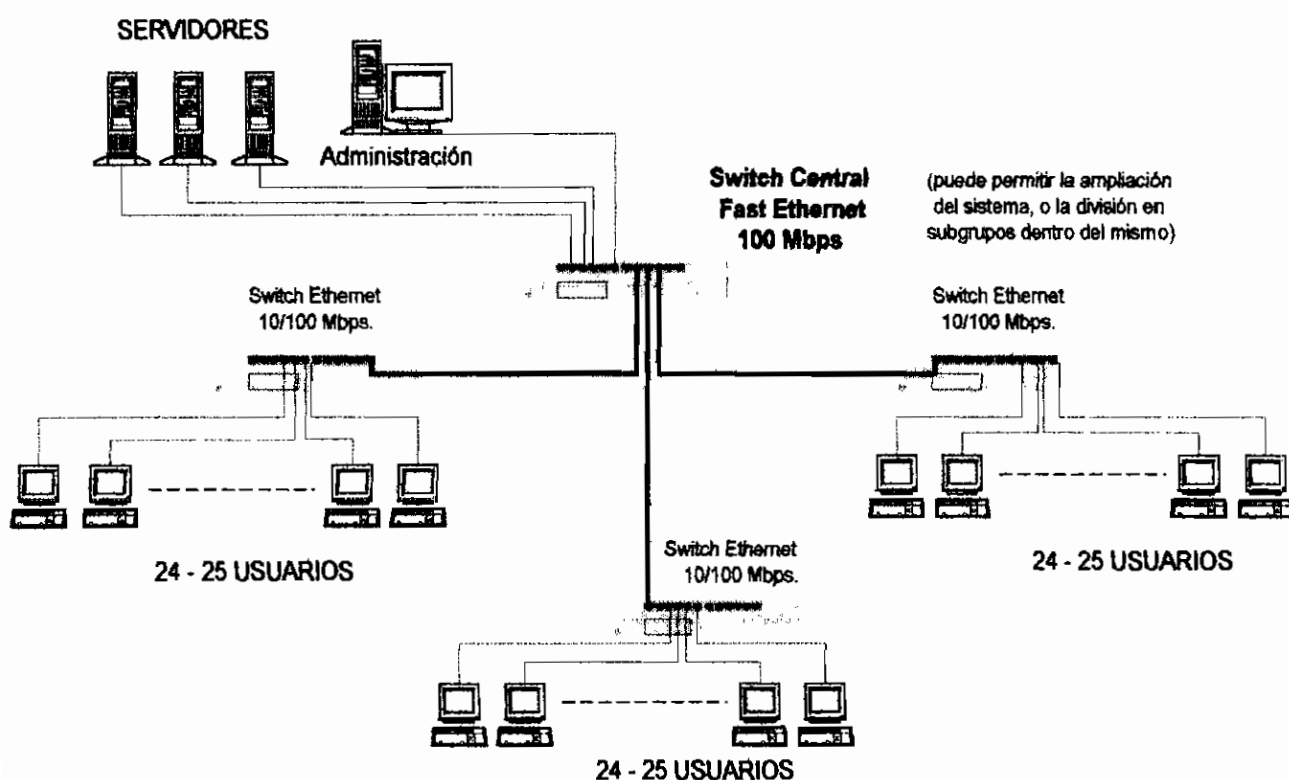


Figura 4.5 Esquema de la Subred de Servicios Virtuales en el Campus Rubén Orellana

Como se puede apreciar en la figura anterior, se prioriza la velocidad de las subredes y la red total, para sustentar adecuadamente a las aplicaciones a darse, las cuales serán, en esta Subred de Servicios Virtuales, aplicaciones orientadas a un muy alto nivel de interacción, virtualidad y aplicaciones que requieran un gran ancho de banda. El uso de switches 10/100 [Mbps] permiten un trabajo adecuado

en velocidad, cercano al uso de dispositivos *fast ethernet*, que sustenta las velocidades necesarias para las aplicaciones. No se contempla el uso de esquemas de velocidades más avanzadas (ATM por ejemplo), debido a los costos implicados y a las dificultades protocolares subyacentes, si se tiene en cuenta el trabajo bajo esquema de TCP/IP. La ubicación de los servidores, dependerá de la funcionalidad prevista de las redes parciales de la subred, pudiendo contemplarse el uso de servidores dedicados o esquemas de mayor velocidad en caso de ser necesarios. El uso de servidores centralizados para la subred tratada, ahorra costos y problemas de implementación, mediante un previo análisis que considere las aplicaciones a sustentar, el número de usuarios y los requerimientos del *software* a usar. El aspecto de la conexión con Polired, permite el trabajo con las otras subredes, así como la debida relación para salida a Internet y conectividad a otras redes.

4.2.5 RED DE CENTROS DE APOYO

La Red de Centros de Apoyo es conceptualizada como una serie de redes LAN interconectadas al Campus Rubén Orellana (a la Polired). Los Centros de Apoyo se conformarán por dos aulas de 24 o 25 alumnos cada una (como punto de partida del sistema), siendo cada aula una subred, formando una red LAN de máximo 50 computadores, con servidores asociados a las mismas, para facilitar la rapidez de acceso a recursos y la disminución del ancho de banda de interconectividad necesario para la prestación de servicios, si los recursos estarían centralizados en servidores o aplicaciones basadas en la Polired. El aula tipo a implementarse, es similar al aula virtual sugerida para el campus Rubén Orellana, con las consideraciones debidas en cada Centro de Apoyo.

Consideraciones para la implementación y el diseño de los sistemas de apoyo educativo de los Centros de Apoyo.- Los Centros de Apoyo serán centros de estudio que a la vez son sub-centros de la Escuela Politécnica Nacional, que se regirán por las normativas vigentes en la Escuela, en cuanto a sus diversos aspectos ya sean orgánicos, funcionales, y, principalmente, académicos. La enseñanza en dichos centros no será meramente a distancia, debiendo ser

analizadas debidamente las materias y carreras que requieran y sean propicias a ser presenciales *in-situ*, las que requieran de sistemas computacionales como ayuda instruccional, e incluso las que requieran de sistemas avanzados de simulación y ejecución en tiempo real, justificando el uso de aulas de servicios virtuales con tales fines. Las consideraciones de la cantidad de estudiantes, las carreras y/o cursos a ofrecerse dentro del sistema de enseñanza basado en Centros de Apoyo, escapan a las consideraciones técnicas y de sistemas de apoyo a desarrollarse para las mismas. Existen tres sistemas a implementarse dentro de un Centro de Apoyo:

a) Sistema de videoconferencia.

El sistema de videoconferencia a implementarse en una primera etapa, será netamente de carácter grupal, y considera las velocidades básicas de transmisión del servicio con calidad aceptable (128 [Kbps], del tipo de conferencia a obtenerse por medio de ISDN para aplicaciones de escritorio). Las conferencias transmitidas por este medio se establecen bajo pedido, según los requerimientos del sistema. El uso del ancho de banda necesario para la implementación del servicio seguirá este esquema por solicitud a los sistemas portadores que se contraten para enlazar los Centros Remotos hacia los recursos del Campus Rubén Orellana.

b) Sistema de red, el cual estaría formado por una red LAN que comprende dos subredes:

- Una subred de servicios computacionales, la cual puede permitir el uso de aplicaciones generales de Internet y acceso a dicho servicio, trabajo compartido, pero no considera aplicaciones virtuales de gran nivel, como por ejemplo trabajo de videoconferencia de escritorio, y aplicaciones interactivas. Por la baja cantidad de usuarios, se pueden dar dichas aplicaciones, pero no se asegura la calidad de las mismas.

- Una red dedicada para servicios virtuales, la cual es del tipo implementado en la Escuela Politécnica Nacional dentro de la Subred de Servicios Virtuales, teniendo las mismas cualidades y servicios que dicha subred.

- c) Sistema de comunicación con los recursos basados en el campus Rubén Orellana; es decir, acceso a recursos de Internet, acceso a los sistemas de información académicos y administrativos dentro de los niveles de acceso permitidos, y a los sistemas de investigación, a la vez que se establezcan las facilidades para videoconferencia que tendrán como fuente un estudio en el Campus Rubén Orellana, el mismo que será parte del Centro de Ediciones de la Escuela o basado en una empresa o entidad que suministre dicho servicio; para este sistema, se considera la conectividad mediante líneas dedicadas de sistemas portadores que operen en las localidades en las que los Centros Remotos se ubiquen. Como localidades iniciales del sistema de educación virtual de la Escuela Politécnica Nacional, se determinan a las ciudades de Guayaquil, Cuenca y Ambato, por su tamaño y desarrollo económico, aspectos que las ubican como un *target* de mercado para nuestros servicios.

4.2.5.1 Sistema de videoconferencia

Cada aula del tipo Centros de Apoyo, tendrá, independientemente de los recursos de red, un sistema de videoconferencia, el cual puede ser difundido por medio de un sistema de vídeo grupal, o, dependiendo de la aplicación y el nivel de interactividad, permitir el envío a sistemas de escritorio y la respuesta por sistemas de red, como una aplicación futura.

Dentro del vídeo a transmitir, se debe tomar en cuenta el ancho de banda necesario para determinado tipo de calidad de imagen, en base de los esquemas de compresión y presentación a darse, y debiendo considerarse la relación ancho de banda/calidad de imagen/costo/calidad subjetiva-educativa. En la figura 4.6, se muestran las velocidades de transmisión necesarias para una cierta calidad de vídeo:

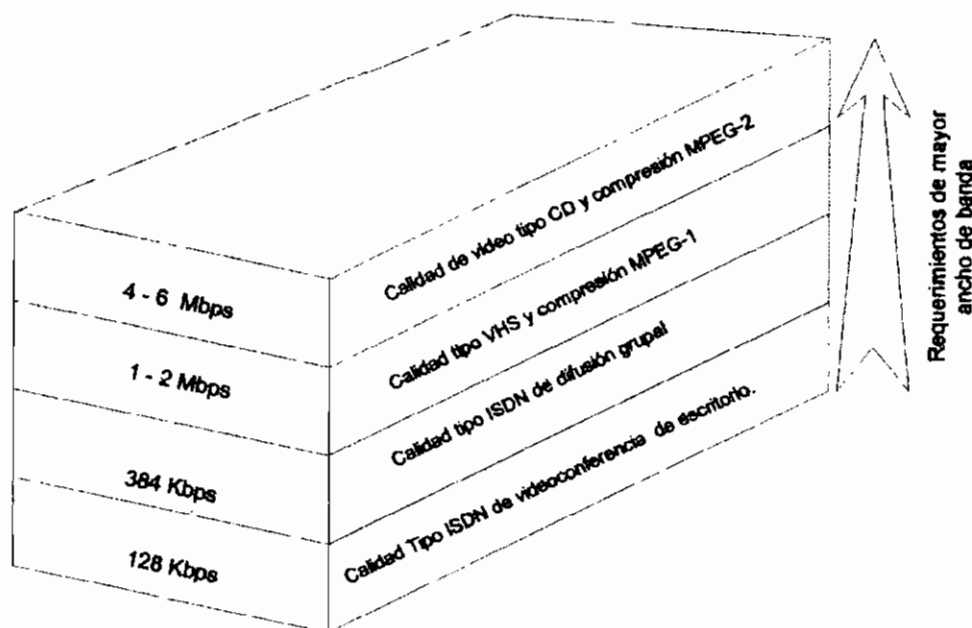


Figura 4.6 Velocidades de transmisión necesarias para una cierta calidad de vídeo.

El esquema de transmisión de vídeo más utilizado con fines educativos (del tipo teleconferencia con calidad VHS), es el que usa la compresión MPEG-1, el cual cuenta con un promedio de velocidad de transmisión de 1.5 [Mbps], siendo el tipo de esquema a usarse para la aplicación de vídeo grupal por medio de alguna empresa Proveedora de Servicios de Aplicaciones (*ASP, Application Service Provider*), y a implementarse por medio de un sistema de vídeo dedicado; debiendo usarse, de acuerdo a los niveles de interactividad, ya sea aplicaciones del tipo *groupware*, o por medio de teclados de respuesta para sistemas de teleeducación vigentes en el mercado¹². Como punto de partida del sistema a implementarse, se prestará servicios de videoconferencia con calidad de ISDN, es decir, se requerirán 128 [Kbps] de velocidad de transmisión dentro de los

¹² En la actualidad, en nuestro medio se cuenta con este tipo de sistemas por parte de las empresas Globatel e Impsat, pero presentan opciones de trabajo excesivamente dependientes de dichos sistemas orgánicamente, y con un alto costo final para el usuario. Este tipo de sistemas hacen uso de videoconferencia interactiva con respuesta mediante dispositivos de teclado.

requerimientos de conectividad hacia el Campus Rubén Orellana, pero dicho ancho de banda será solicitado bajo pedido, es decir, a las horas y por el tiempo necesario para la transmisión, como un ancho de banda incremental sobre el ancho de banda a solicitarse para los fines de interconectividad de los centros hacia el campus (los cuales serán fijos y permanentes en tiempo, 24 horas al día).

4.2.5.2 Red LAN tipo para un Centro de Apoyo

La red tipo para un Centro de Apoyo, tiene un total máximo de 50 usuarios, pero a la vez, dicho tipo de red dependerá de los requerimientos de las localidades remotas y los sistemas de estudio a ofrecerse en las mismas, la cantidad de estudiantes y los recursos de red necesarios que se establecieren con fines educativos.

La figura 4.7 muestra la red tipo para un Centro de Apoyo, la cual tiene una estructura similar a la de las aulas dedicadas propuestas para el Campus Rubén Orellana.

Las consideraciones a realizarse para con este tipo de red de un Centro de Apoyo, guardan similitud con las consideraciones realizadas para la Subred de Servicios Virtuales del Campus Rubén Orellana, debido a la dedicación de los servicios a los fines explícitamente educativos. Tanto los servicios virtuales propiamente dichos como los servicios de uso común estarán sustentados por medio del uso de *switches* 10/100 [Mbps]. No obstante, al igual que lo notado para las redes parciales de la subred de Centros de Apoyo del Campus Rubén Orellana, el uso de servidores dedicados o inclusive esquemas de mayores velocidades dependerá de las aplicaciones a darse.

RED LAN TIPO PARA UN CENTRO DE APOYO

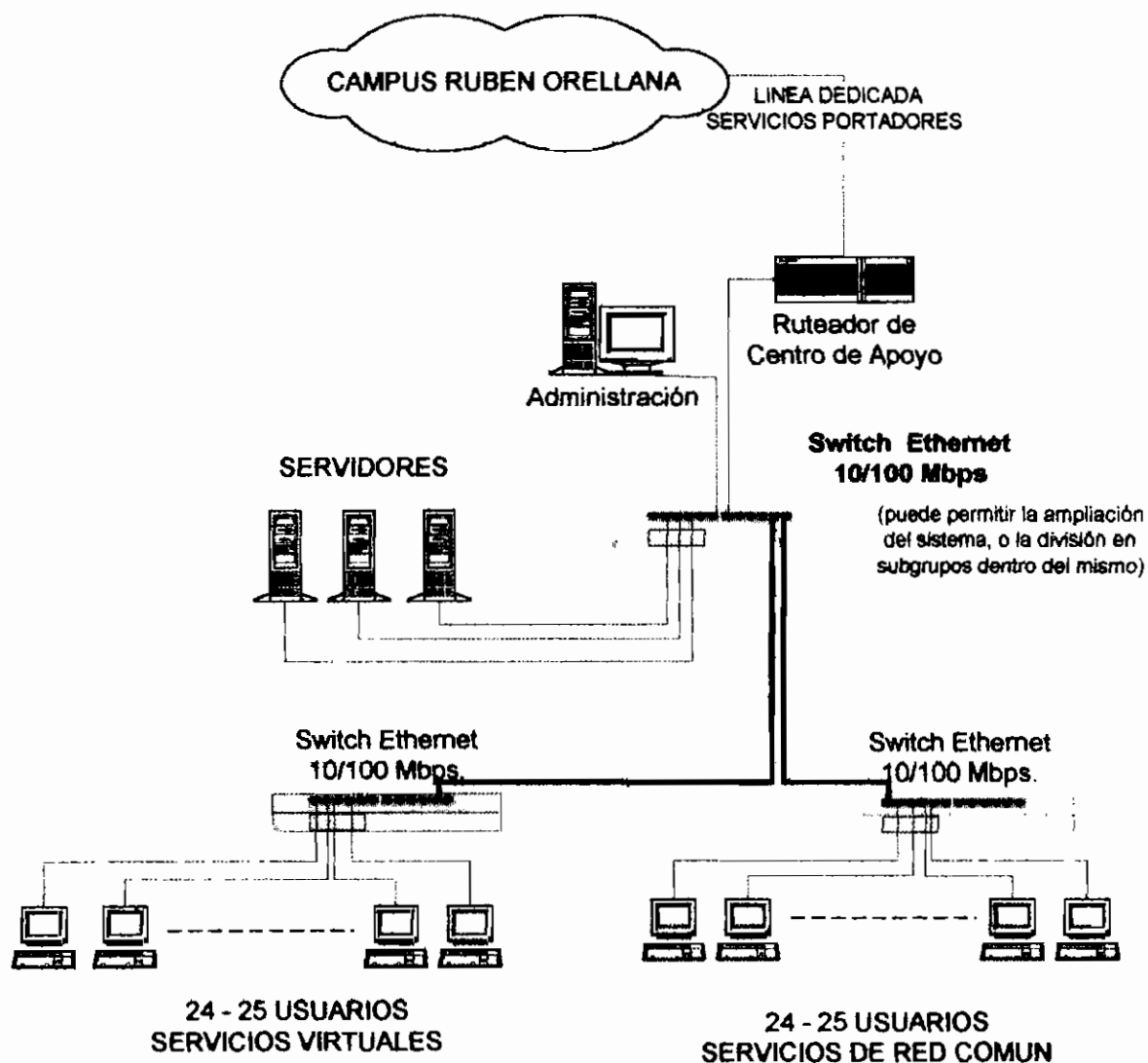


Figura 4.7 Esquema de red para un Centro de Apoyo tipo, considerando los dos tipos de subredes propuestas.

4.2.6 ACCESO REMOTO A LOS SERVICIOS DE UNIVERSIDAD VIRTUAL

El acceso remoto a los servicios de Universidad Virtual a brindarse, será por medio de módems telefónicos de los especificados en la recomendación V.90-

1996 de la UIT-T, ya que se ingresará a los recursos basados en la Polired y también a recursos de Internet como parte de la formación y uso de aplicaciones útiles para los fines de servicio determinados previamente. Se contempla exclusivamente el acceso vía módem telefónico, debido a su amplia difusión en el mercado local, y, básicamente, debido a los costos asociados, tanto a nivel de equipo como de los costos asociados con el servicio de Internet propiamente.

Los usuarios de las aulas de los Centros de Apoyo, así como los usuarios internos del Campus Rubén Orellana, tendrán también acceso al servicio, dependiendo de las disposiciones finales de acceso e interconectividad para con los usuarios, y deberá preverse las facilidades de interconectividad entre las subredes¹³ y la red total, como parte del sistema final.

No se contemplan inicialmente esquemas de acceso a los servicios de Internet por medio de otros tipos de conexión, por las siguientes razones:

a) xDSL.- El uso de tecnologías xDSL, principalmente ADSL, implica un costo alto para el usuario o a su vez, un costo compartido entre el proveedor de servicios y el usuario final, considerando el medio y las aplicaciones del sistema, en relación al tipo de servicios de los que dispondrá el usuario desde su casa. A su vez, el uso de dichas tecnologías -mayoritariamente ADSL-, son altamente dependientes de la distancia hacia el centro proveedor de servicios (no mayor a 5.5 [Km]), lo que, en caso de darse, requeriría tratos comerciales y de negocios con Andinatel y su subsidiaria Andinanet. La primera es la empresa dueña de la infraestructura del cableado de cobre que soporta toda la red telefónica, y la segunda, por dicho antecedente, es quien ofrece el servicio de ADSL, pudiendo producirse problemas en cuanto a los esquemas de enrutamiento y protocolos a implementarse para las aplicaciones, y para con

¹³ Considerando ya el uso y las necesidades de intercambio de información, dentro del aspecto funcional-orgánico del sistema; por ejemplo, el área de investigación no va a tener un mayor intercambio de datos con el área relativa a registro y admisiones. Ciertos departamentos en sí, en algunas aplicaciones tampoco van a tener mayores necesidades de conectividad, ya sea que consideremos el ancho de banda necesario, o el uso de protocolos específicos (en aplicaciones de tiempo real, VoIP, etc).

los servicios de Internet de la Escuela Politécnica Nacional, que pasaría a ser un competidor.

- b) ISDN.- El uso de N-ISDN (**Narrowband-ISDN**, ISDN de banda angosta), que es un sistema implementado en la actualidad, también requerirá una completa negociación con la empresa Andinatel S.A., quien es la proveedora de dicho servicio; teniendo en cuenta que las velocidades máximas con ISDN pueden llegar hasta 128 [Kbps], permitiendo la transmisión de vídeo. A su vez, los costos por uso de servicios de ISDN son más altos con respecto al uso del módem telefónico como medio de acceso a Internet, ya que el acceso a Internet por medio del módem telefónico se factura como una llamada local. La necesidad de usar ISDN para permitir difusión de vídeo hacia los usuarios del servicio, debe ser comparada adecuadamente con respecto a la utilidad o no del servicio, la calidad del mismo y los costos asociados.
- c) Módem de cable.- La regulación de servicios de Internet basados en redes de cable no se ha dado de manera específica en la legislación de telecomunicaciones de la nación; y el uso de cable módem para servicios de Internet no se ha establecido, debido a dichas restricciones, con fines comerciales en el país. No obstante, la red de cable, para la transmisión de vídeo de difusión puede ser tomada en cuenta, ya que existen canales dentro del sistema de cable que permanecen sin uso, y, en un aspecto comercial, puede llegar a implementarse la difusión de conferencias vía TV en un canal dedicado al servicio de la Escuela, teniendo como respaldo el acceso vía módem telefónico a Internet para la interacción con el centro de información y difusión y el acceso a los recursos bibliográficos del sistema.

Líneas dedicadas.- La aplicación de servicios de líneas dedicadas puede ser entendida de dos modos: el uso de dichas líneas como un servicio de acceso a Internet corporativo independiente del sistema educativo que se propone, lo que ayudaría, desde el punto de vista comercial, a la implementación, mejora y/o expansión de los servicios estudiantiles (los cuales, en lo posible, deberán ser tarifados como un servicio que permita un margen de ganancia menor al

usual dentro de los proveedores de servicios de Internet, debido a la aplicabilidad con fines educativos); y el uso de dichas líneas como medio de enlace a servicios de capacitación a empresas, educación continua o similares, de carácter temporal, siempre y cuando se puedan cumplir los requerimientos técnicos necesarios para el tipo de aplicaciones. El uso de líneas dedicadas como soporte de conectividad para los Centros de Apoyo, es contemplado en su etapa inicial.

4.2.6.1 Dimensionamiento primario para el acceso remoto individual a los servicios de Universidad Virtual

Para el diseño del acceso remoto, se tomarán en cuenta los siguientes supuestos:

- La conexión para usuarios comunes será vía módem telefónico (*dial-up*), con una velocidad de 33.6 [Kbps].
- El diseño se lo realizará para un número de 4500 usuarios.¹⁴
- El tiempo promedio de ocupación por usuario (t_m) será de 40-50 minutos. El tiempo promedio de conexión para los usuarios de un ISP normal (es decir, el que trata con el usuario comercial común de recursos de Internet), es de 30 a 40 minutos,^[B] por consideraciones de uso de los recursos a ofrecerse con fines educativos dedicados, se justifica la determinación de un tiempo mayor de ocupación. No obstante, una vez implementado el sistema, y con los sistemas de estudio y herramientas desarrollados completamente, se determinarán, en base de la práctica, los tiempos promedio de uso, sirviendo de base para la proyección de usuarios futuros.

a) Dimensionamiento del número de líneas telefónicas necesarias para usuarios comunes (*dial-up*).

¹⁴ Proyecciones de número de usuarios de acceso remoto se realizan en el Anexo B, considerando únicamente el acceso de estudiantes, por información facilitada por el Centro de Cómputo General de la Escuela Politécnica Nacional.

Aplicando la teoría de tráfico telefónico:

$$A = Y + R \quad (4.1)$$

$$C_A = C_Y + C_R \quad (4.2)$$

$$A = C_A \cdot t_m \quad (4.3)$$

$$Y = C_Y \cdot t_m \quad (4.4)$$

$$R = C_R \cdot t_m \quad (4.5)$$

$$B = C_R / C_A \quad (4.6)$$

Donde:

A es tráfico ofrecido.

Y es tráfico cursado.

R es tráfico rechazado.

C_A es el número de ocupaciones promedio ofrecidas en la unidad de tiempo.

C_Y es el número de ocupaciones promedio cursadas en la unidad de tiempo.

C_R es el número de ocupaciones promedio rechazadas en la unidad de tiempo.

t_m es el tiempo promedio de ocupación.

B es la probabilidad de pérdida.

Según Erlang, la probabilidad de bloqueo o pérdida (B) para un sistema con arribos randómicos desde una fuente infinita, es:^[C]

$$B = \frac{A^N}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} \quad (4.7)$$

Por mediciones hechas en ISP ya implementados en el país, se establece que aproximadamente el 10% del total de usuarios *dial-up* se conectan en el transcurso de la hora pico.^[B]

$$C_Y = 4500[\text{usuarios}] * 10\% \left[\frac{\text{llamadas}}{\text{usuarios} * \text{hora} - \text{pico}} \right] = 450 \left[\frac{\text{llamadas}}{\text{hora} - \text{pico}} \right]$$

El cuadro 4.1 muestra el número de líneas telefónicas necesarias (N) para cursar el tráfico ofrecido, con un cierto porcentaje de pérdidas (B) y para diversos tiempos promedios de conexión de los usuarios (que, como se estableció anteriormente, está entre 40 y 50 minutos).

tm	C _Y	B	C _A =C _Y /(1-B)	A=C _A *tm	N
[min/llamada]	[llamadas/hora]	Pérdida[%]	[llamadas/hora]	[Erl]	[Líneas]
40	450	10	500	333.33	310
50	450		500	416.67	385
40	450	5	473.68	315.78	355
50	450		473.68	394.73	430
40	450	1	454.55	303.03	327
50	450		454.55	378.79	403
40	450	0.1	450.45	300.3	345
50	450		450.45	375.38	418

Cuadro 4.1 Número de líneas necesarias para diferentes niveles de pérdidas.

Del cuadro anterior, se puede establecer que se necesitan N= 403 líneas telefónicas para cursar todo el tráfico generado, con un promedio de pérdida de un 1%^[C] y un tiempo promedio de ocupación de 50 minutos. Este resultado dá un promedio de aproximadamente 11 usuarios por línea en la hora pico. Estándares internacionales recomiendan de 10 a 12 usuarios por línea telefónica, para un Proveedor de Servicios de Internet, lo cual debe considerarse, debido a que se puede contemplar el que la Escuela Politécnica Nacional actúe como tal, a fin de facilitar los servicios y acceso a los estudiantes.

La consideración del acceso remoto a los servicios de red, y la diferenciación del mismo de un acceso normal a un proveedor de servicios de Internet, radica principalmente en que el costo asociado a servicios de acceso a Internet es alto todavía, pero tiene una clara tendencia a la baja en medios económicos más desarrollados^[D]. Por lo pronto, la mayoría de la población de la Escuela Politécnica Nacional vista como objetivo para acceder a los servicios de Internet, no tiene los debidos recursos para sustentar los mismos, y deberá esperarse un buen tiempo a que dicha oferta de servicios gratuitos de acceso a Internet (basada en contenido y no en tiempo de uso), se imponga en el mercado.

Consideraciones para el dimensionamiento del proveedor de servicios de Internet, o características a requerirse.- La opción más adecuada de reducir costos, puede ser vista de un modo sencillo ya que el tiempo de navegación en Internet tendrá dependencia de la necesidad de acceso a recursos distantes. Pero si dichos recursos pueden ser descargados y almacenados adecuadamente en servidores localizados en el Campus Rubén Orellana, se reduce la conectividad a un acceso remoto a red, y se reduce también de este modo el ancho de banda necesario para soportar el servicio de Internet, ya sea directamente, por medio de un enlace satelital, o un enlace a un proveedor de servicios o servicio portador.

Otra consideración necesaria para el diseño del proveedor de servicios de Internet de la Escuela, y la que justifica también el mismo, es que se tendría un sistema atípico al común de los sistemas de servicio de Internet comerciales: una mayor orientación al uso de recursos de vídeo, audio, y sobre todo difusión, tendiendo a la implementación y conexión hacia fuentes de dichos recursos, sin descuidar los usos comunes del servicio, pero debiendo tenerse un mayor control del servicio y la implementación de los protocolos que permitan los niveles adecuados de las aplicaciones. Es necesario, considerando este punto, un adecuado estudio de los tiempos de descarga, esquemas de compresión, y las necesidades de aplicaciones, pero orientadas a los servicios a implementarse.

Para un exhaustivo diseño de un ISP basado en la Escuela Politécnica Nacional, el cual tendrá clientes dedicados a servicios educativos virtuales, así como los

requerimientos para con un proveedor de servicios que pueda sustentar a los mismos, se deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos generales:

- **Tiempo de conexión por usuario.-** El cual dependerá de las aplicaciones a darse, y puede llegar a ser mayor que el promedio dentro de los usuarios comunes de dichos servicios.
- **Hora pico de acceso a los servicios.-** tomando en cuenta que el cliente de estos servicios es un usuario especial con fines educativos, las consideraciones de hora pico, se alteran, y requerirán un estudio particular para lograr una organización adecuada de la planificación de carga o requerimientos que permitan sustentar el acceso al sistema.
- **Tipos de aplicaciones, ya sea para trabajo compartido, interactivas, tiempo real, u otras cualidades, y el tiempo asociado de descarga a las mismas, debiendo preverse de este modo los servidores asociados.**
- **Velocidades máximas a alcanzarse.**
- **Calidad de servicio.-** Debiendo implementarse en lo posible este servicio, ya que el protocolo IPv4 no tiene suficientes características que permitan el control de la calidad de servicio se recomendaría migrar a IPv6, el cual mejora estas características, pero aún no tiene adecuada difusión por estar en una etapa inicial de desarrollo e implementación.
- **Protocolos necesarios.-** Sobre todo se debe tomar en cuenta los protocolos orientados a multidifusión y soporte de tiempo real¹⁵, pero considerando los protocolos subyacentes o de capas inferiores, los cuales tienen implicación en la efectividad de la implementación. Por ejemplo, el uso del protocolo PPP en vez del SLIP como protocolo de acceso, permite un mejor control de flujo y autenticación, lo cual puede permitir una mejor implementación de difusión de

¹⁵ Protocolos de Tiempo Real (RTP y RTCP) : ver Anexo F, Voz sobre IP.

audio y vídeo hacia los usuarios. Del mismo modo, el enrutamiento debe ser implementado adecuadamente, ya sea en servidores y protocolarmente¹⁶, por lo expuesto anteriormente.

- Simultaneidad de accesos, siendo éste un factor importante en el dimensionamiento de los servidores asociados y basados en el campus, así como de los posibles esquemas de enrutamiento, en caso de trabajo con otros sistemas de redes e interconectividad por medio del acceso de la E.P.N.
- Accesos por medio de interconectividad.- Ya sean los usuarios localizados dentro del Campus Rubén Orellana, como los usuarios localizados en los Centros de Apoyo, éstos también deberán contar con las facilidades para el acceso a Internet, incidiendo el número de usuarios simultáneos a las horas determinadas como horas pico, en el ancho de banda final necesario para el canal a requerirse para la provisión adecuada del servicio.

4.2.6.2 Esquema del sistema de acceso

En la figura 4.8 se muestra la infraestructura básica para proveer servicios de acceso remoto hacia la red.

4.2.6.3 Infraestructura

Los equipos necesarios para el sistema de acceso remoto, se detallan a continuación, tomando en cuenta los accesos a servicios de Internet:

- **De los computadores de los usuarios.-** En un inicio, los requerimientos para acceder a Internet vía *dial-up* eran:
 - PC 486 o superior.

¹⁶ Es muy importante la correcta elección del dispositivo (*hardware*) pudiendo ser éste de propósito general o de propósito específico, así también se debe tener en cuenta el protocolo (*software*) del dispositivo y sus opciones y facilidades de configuración.

- Velocidad del reloj 25 MHz.
- 8 Mbytes en memoria RAM.
- Módem de 9600 bps

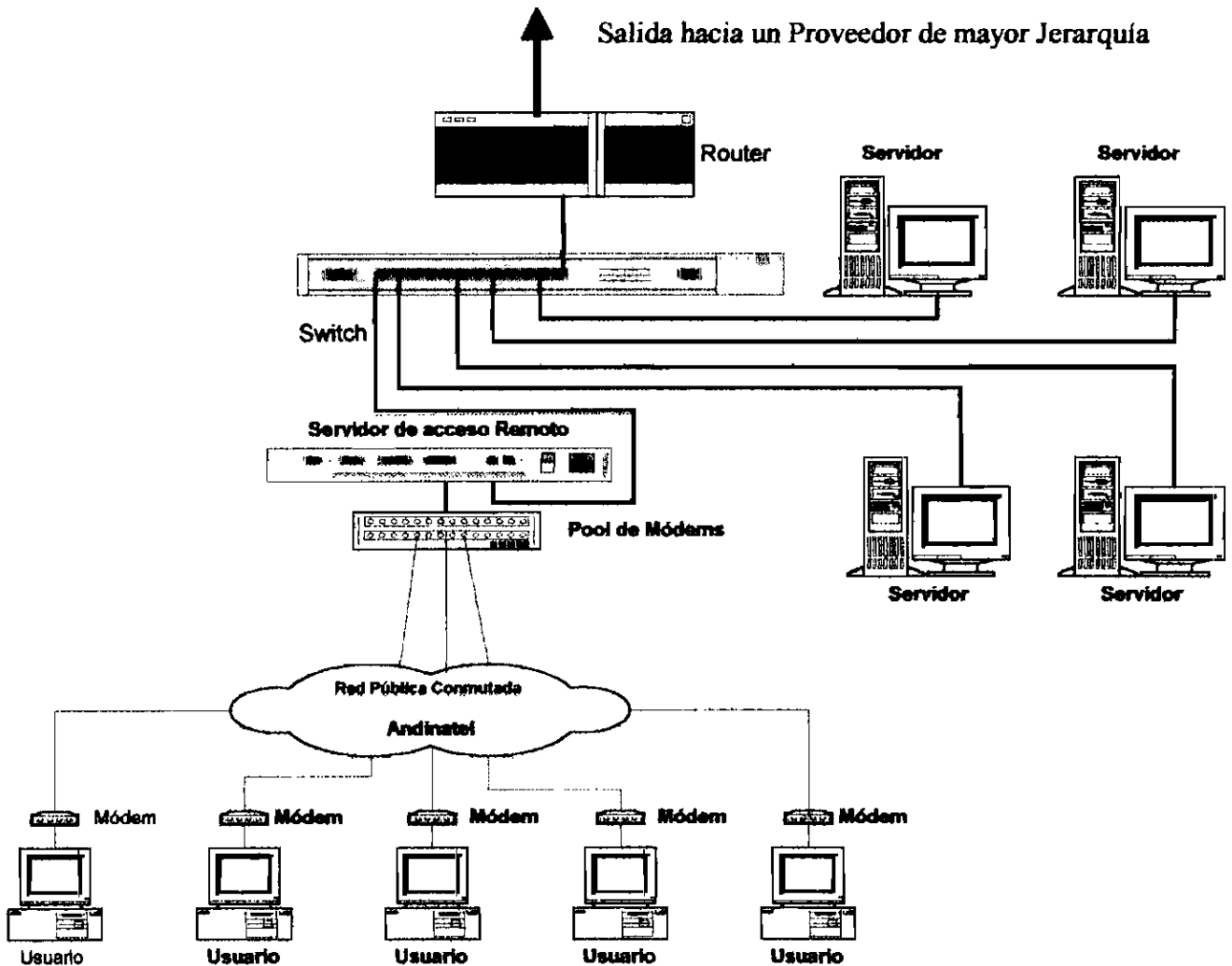


Figura 4.8 Infraestructura básica para proveer acceso remoto a la red.

Estos requerimientos estaban basados en aplicaciones simples y que demandaban anchos de banda muy pequeños, tales como terminal virtual (*Telnet*). En estos momentos, para las aplicaciones multimedia distribuidas por Internet, como páginas WWW, este *hardware*, no haría posible un buen

desempeño de la aplicación, por lo que se recomienda un PC con los siguientes requerimientos:

- PC Pentium III o superior (recomendado).
- Velocidad de reloj 500 [MHz].
- Al menos 64 [MB] en memoria RAM.
- Disco duro de por lo menos 8.2 [GB].
- Módem de 56.6 [kbps] estandar V.90.

Aunque estos requerimientos son los mínimos, se puede notar que las computadoras existentes en el mercado hoy en día, superan estos requerimientos periódicamente, y, entre mejores cualidades de *hardware* posea la computadora, se podrá obtener un mejor rendimiento de las aplicaciones.

• De los Módems

Estos dispositivos van conectados entre el Servidor de Acceso Remoto (RAS, *Remote Access Server*) y el computador del usuario. Su principal función es acondicionar (codificar-decodificar y/o modular-demodular) la señal digital para poder transmitirla por las líneas telefónicas. Los estándares definidos por la ITU, son:

Recomendación	Velocidad que permite	Uso
V. 32	9600 bps	Líneas conmutadas o Líneas dedicadas
V. 32 bis	14.4 kpbs	Líneas conmutadas o Líneas dedicadas
V. 34	28.8 kbps	Líneas conmutadas
V. 34 - 1996	31.2 kbps - 33.6 kbps	Líneas conmutadas.
V.90	56 kbps	Líneas conmutadas

Cuadro 4.2 Recomendaciones de la UIT para módems telefónicos^[F1].

El esquema de conexión mediante 2 módems, se muestra en la figura 4.9.

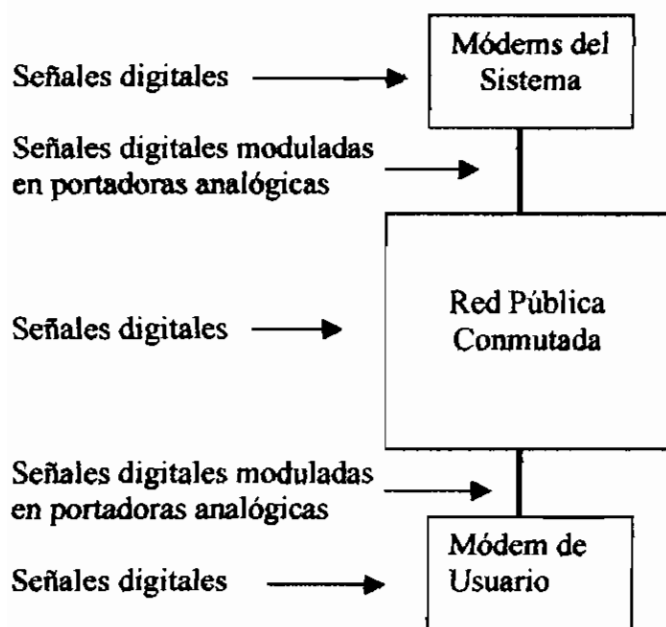


Figura 4.9 Esquema de conexión mediante dos módems.

La calidad de los módems, determina en gran parte la calidad del sistema de acceso; aunque se podría tener módems con recomendación V. 90, que permiten una velocidad máxima de 56 [kbps], éstos no podrán alcanzar esta velocidad por el error de cuantización que limita la capacidad real del canal^[E], poseyendo una velocidad máxima en la práctica de alrededor de 35 [kbps]¹⁷, dependiendo de la relación señal a ruido del mismo. Por esta razón, se podría utilizar módems con estándar V.34 -1996.

- **De los servidores de acceso remoto**

El Servidor de Acceso Remoto (RAS, *Remote Access Server*) es un dispositivo utilizado para conectar los usuarios remotos que utilizan módems a un sistema de red. El RAS captura la información de autenticación del usuario y la envía al servidor de autenticación correspondiente; luego de este proceso, si dicha

¹⁷ Llegando a este valor con una relación señal a ruido superior a los 30 [dB].

información es correcta, este dispositivo asigna una dirección IP al usuario remoto, debiendo contar para este propósito con un banco de direcciones IP.

Las principales características que hay que tomar en cuenta para la adquisición de un RAS son las siguientes:

- El número de pórtricos seriales, necesarios para soportar los usuarios simultáneos.
- Puertos de interconectividad a red.
- Administración
- Configuración.
- Opciones de Seguridad.
- Crecimiento futuro según las necesidades del ISP.
- Protocolos que maneja.
- Tipos de puertos necesarios.

De acuerdo a las necesidades del ISP se necesita accesabilidad por medio de 403 líneas telefónicas. De los productos existentes en el mercado, referencialmente, se disponen de RAS que soportan 60 y 120 módems internos (2 y 4 puertos E1 respectivamente), en base de los cuales se tiene:

- Se requieren 7 RAS de 60 módems internos (total 420 módems), o 4 RAS de 120 módems internos (480 módems en total).
- Cada RAS debe disponer de dos puertos *Fast Ethernet* para la conectividad con el *switch* central.
- Alimentación eléctrica de 110 [V]/60 [Hz].

• **Del Switch**

La principal característica de un *switch*, es la de mantener el ancho de banda, proveyendo líneas dedicadas o conexiones virtuales temporales simultáneas entre usuarios y los recursos que se requieren. Las principales características que deben ser tomadas en cuenta para la adquisición del *switch*, son:

- Número de capas del conmutador.
- Número de puertos: de acuerdo a la cantidad de usuarios y a la proyección de los mismos.
- Velocidad de los puertos 10/100 *autosensing*: lo cual es un aspecto fundamental, para aplicaciones de alto rendimiento en ancho de banda.
- Arquitectura, de modo que permita el soporte de ciertos protocolos y aplicaciones. Aspecto a considerarse para implementaciones de propósito general y otras específicas como son: multidifusión y tiempo real.
- Algoritmos utilizados para la conmutación de puertos: que puede permitir una mejor utilización de aplicaciones de tiempo real y protocolos de ruteo.
- Autoconfiguración: característica que permite una facilidad en la implementación.
- Relación costo/eficiencia, con respecto de las aplicaciones, usuarios del sistema práctico.
- Protocolos de las diferentes capas del conmutador.
- Soporte de VLANs.

Las características mínimas necesarias para los *switches* a utilizarse dentro del sistema, son las siguientes:

- *Switch* de capa 3.
- 48 puertos 10/100 Base Tx *autosensing*.
- 2 puertos 100 Base X.
- *Backplane* de mínimo 5 [Gbps].
- *Throughput*: 2.5 [Mpps] mínimo.
- Capacidad *half/full duplex* en los puertos.
- Capacidad de soporte de VLANs a nivel de capa 2 y capa 3, mínimo 24 VLANs.
- Memoria DRAM de 32 [MB] mínimo.
- Debe poseer memoria *Flash* para actualizaciones de *software*.

- Capacidad de ser administrado por SNMP, BOOTP, TFTP.
- Soporte de protocolos RIP I y II, OSPF, IP, multicasting vía PIM.
- Soporte de 802.1 Q.
- Alimentación eléctrica de 110 [V]/60 [Hz].
- Manuales del equipo.
- Cables eléctricos y de datos.
- Garantía de dos años en los equipos.

• De los servidores

Para implementar un buen sistema, se necesita obtener la óptima combinación entre el *hardware*, los sistemas operativos y el *software* de aplicaciones. Los servidores y características de cada uno de ellos, depende de las aplicaciones que va a soportar; aunque una misma máquina, por sus características, puede utilizarse como servidor para múltiples aplicaciones, se recomienda usar máquinas únicas para aplicaciones que demanden grandes flujos de información, como son los servidores de *E-mail* o servidores de páginas HTTP (Web), servidores de Vídeo, servidores de audio, etc.

El cuadro 4.3 muestra los principales sistemas operativos (plataformas), frente a las aplicaciones que pueden o no soportar; de esta manera, se podrá escoger la plataforma de *software* que la red requiera.

Sistema Operativo	DNS	<i>E-mail</i>	<i>Gopher</i>	HTTP	<i>Telnet</i>	FTP	<i>News</i>	Java
OS/2	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
MVS	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si
OS/400	No	Si	Si	Si	Si	Si	No	No
Windows 98	C	Si	C	Si	C	C	Si	Si
NT v4.0	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

(C) aplicación solo para el lado cliente

Cuadro 4.3 Sistemas Operativos versus Aplicaciones^[FIG]

Si se considera a la E.P.N. como un ISP, los servidores necesarios para la implantación del servicio serán:

- Servidor de DNS.
- Servidor de *mail*.
- Servidor de autenticación y tarificación.
- Servidor de HTTP, FTP, Proxy.

Las características de los servidores a solicitarse para este fin son:

- Velocidades de procesamiento mínima de 400 [Mhz].
- Multiprocesadores de alto rendimiento.
- Discos duros de al menos 15 [GB]. En la cantidad necesaria de acuerdo al servicio a implementarse.
- Memoria RAM, 1 [GB] mínimo.
- Unidad de CD-ROM. Mínimo 32X.
- Tarjetas de interfaz a red 100 [Mbps], con puertos RJ-45.
- Unidad de *diskette* 3 1/2, de 1.44 [MB].
- Puertos seriales RS-232.
- 1 puerto para teclado, un puerto para mouse.
- Monitor mínimo VGA de 14 [pulg]
- Soporte de protocolos de administración, SNMP.

- **Del Router**

Su principal función es examinar las cabeceras IP y decidir por donde deben ser enviados los datagramas; esta función se la realiza a velocidades extremadamente altas, por lo que se recomienda que se utilicen ruteadores de propósito específico.

Las principales características para escoger un ruteador, son:

- Administración.- Las herramientas de administración deben permitir el fácil ajuste de los parámetros y la configuración de los mismos.
- Filtros.- El *router* debe proveer capacidad de filtrado, de tal manera que pueda permitir el paso o no del flujo de paquetes, y la capacidad de aceptar un *firewall*.
- Protocolos de ruteo.- Esta característica, determina en gran parte el rendimiento del *router*, de esta manera será mejor un ruteador que maneje múltiples protocolos de ruteo como son OSPF, MOSPF, RIP, BGP. Los protocolos de ruteo deben ser compatibles con los escogidos al otro extremo final del circuito, y son un aspecto fundamental en las aplicaciones a darse con fines educativos, sobre todo para fines de multidifusión¹⁸.

Es primordial escoger el protocolo de ruteo tanto de pasarela interior (IGP, *Internal Gateway Protocol*) como los de pasarela externa (EGP, *External Gateway Protocol*), los cuales permitirán un adecuado trabajo de esquemas de ruteo, sirviendo como una base sustancial para la efectividad de sistemas de tiempo real y multicasting. La elección del protocolo dependerá de los requerimientos y las políticas en cada caso, aunque se recomienda no usar el protocolo *Hello* por lo limitado de su información.^[H]

Para el caso del sistema propuesto se necesitan tres tipos de ruteadores con diferentes características cada uno, dependiendo de la cantidad de tráfico a cursar y la complejidad de la red; es así como los ruteadores de los Centros de Apoyo son de menores características que los otros dos ruteados localizados en el Campus Ruben Orellana.

¹⁸ Una explicación de *multicasting* y los protocolos relacionados a este tipo de difusión de la información se detalla en el Anexo C.

a) Router para Centros de Apoyo remotos.

- 1 puerto serial sincrónico-asincrónico tipo V.35, manejo de velocidades desde 19.2 [Kbps] hasta 256 [Kbps] o superior. El interfaz V.35 debe disponer de un conector M34 macho (winchester Macho).
- 1 puerto de consola RS-232.
- 1 puerto Ethernet 10/100 Base T, con conector RJ45.
- 2 puertos de voz con interfaz tipo FXS, con conector RJ11 o RJ45.
- Manejo de voz sobre protocolos IP y/o Frame Relay.
- Compresión de voz, mínimo 8 [Kbps] estándar UIT-T G.729.
- *Hardware* y/o *software* necesarios para manejo de compresión y encriptación de datos, manejando los mismos algoritmos del ruteador del sitio central.
- Memoria DRAM, mínimo 8 [MB], expandible.
- Memoria tipo FLASH, que permita el almacenamiento del sistema operativo del ruteador con todos los protocolos solicitados.
- Soporte de protocolos: por lo menos Frame Relay, PPP, X.25, TCP/IP, RIP, OSPF, *multicast* PIM.
- Capacidad de crecimiento de al menos 1 puerto V.35 y dos puertos de voz.
- Alimentación eléctrica de 110 [V]/60 [Hz].
- Manuales del equipo.
- Cables eléctricos y de datos.
- Garantía de dos años en los equipos.
- Módulos *Hot swap* (cambio en caliente).
- Fuente de poder de respaldo.

b) Router para la conectividad Centros Remotos-Campus Rubén Orellana.

- 4 puertos seriales sincrónico-asincrónico tipo V.35, manejo de velocidades desde 64 [Kbps] hasta 256 [Kbps] o superior. El interfaz V.35 debe disponer de un conector M34 macho (winchester Macho).
- 1 puerto de consola RS-232.

- 1 puerto Ethernet 10/100 Base T, con conector RJ45.
- 4 puertos de voz con interfaz tipo FXO, con conector RJ11 o RJ45.
- Manejo de voz sobre protocolos IP y/o Frame Relay.
- Compresión de voz, mínimo 8 [Kbps] estándar UIT-T G.729.
- *Hardware y/o software* necesarios para manejo de compresión y encriptación de datos, manejando los mismos algoritmos de los ruteadores de los Centros de Apoyo.
- Memoria DRAM, mínimo 32 [MB], expandible.
- Memoria tipo FLASH, que permita el almacenamiento del sistema operativo del ruteador con todos los protocolos solicitados.
- Soporte de protocolos: por lo menos Frame Relay, PPP, X.25, TCP/IP, RIP, OSPF, *multicast* PIM.
- Capacidad de crecimiento de al menos 2 puertos V.35 y 4 puertos de voz.
 - Alimentación eléctrica de 110 [V]/60 [Hz].
 - Manuales del equipo.
 - Cables eléctricos y de datos.
 - Garantía de dos años en los equipos.
 - Módulos *Hot Swap* (cambio en caliente).
 - Fuente de poder de respaldo.

c) *Router* del ISP.

- 2 puertos seriales sincrónico-asincrónico tipo V.35, manejo de velocidades de 128 [kbps] hasta 2.048 [Mbps]. El interfaz V.35 debe disponer de un conector M34 macho (*Winchester* Macho).
- 1 puerto de consola RS-232.
- 1 puertos *Ethernet* 10/100 Base T, con conector RJ45.
- Manejo de voz sobre protocolos IP y/o Frame Relay.
- Compresión de voz, mínimo 8 [Kbps] estándar G.279.
- *Hardware y/o software* necesarios para manejo de compresión y encriptación de datos, manejando los mismos algoritmos que los otros ruteadores.
- Memoria DRAM, mínimo 64 [MB], expandible.

- Memoria tipo FLASH, que permita el almacenamiento del sistema operativo del ruteador con todos los protocolos solicitados.
- Soporte de protocolos: por lo menos Frame Relay, PPP, X.25, TCP/IP, RIP, OSPF, *multicast* PIM, BGP4.
- Soporte (*NAT, Network Address Translation*)
- Capacidad de crecimiento de al menos 1 puerto V.35 , un puerto sincrónico-asincrónico RS232, 2 puertos Ethernet 10/100 base T.
- Alimentación eléctrica de 110 [V]/60 [Hz].
- Manuales del equipo.
- Cables eléctricos y de datos.
- Garantía de dos años en los equipos.
- Módulos *Hot Swap* (cambio en caliente).
- Fuente de poder de respaldo.

En la figura 4.10 se presenta un esquema del sistema final de Universidad Virtual integrando tanto los Centros de Apoyo, Aulas Virtuales, Polired y el ISP.

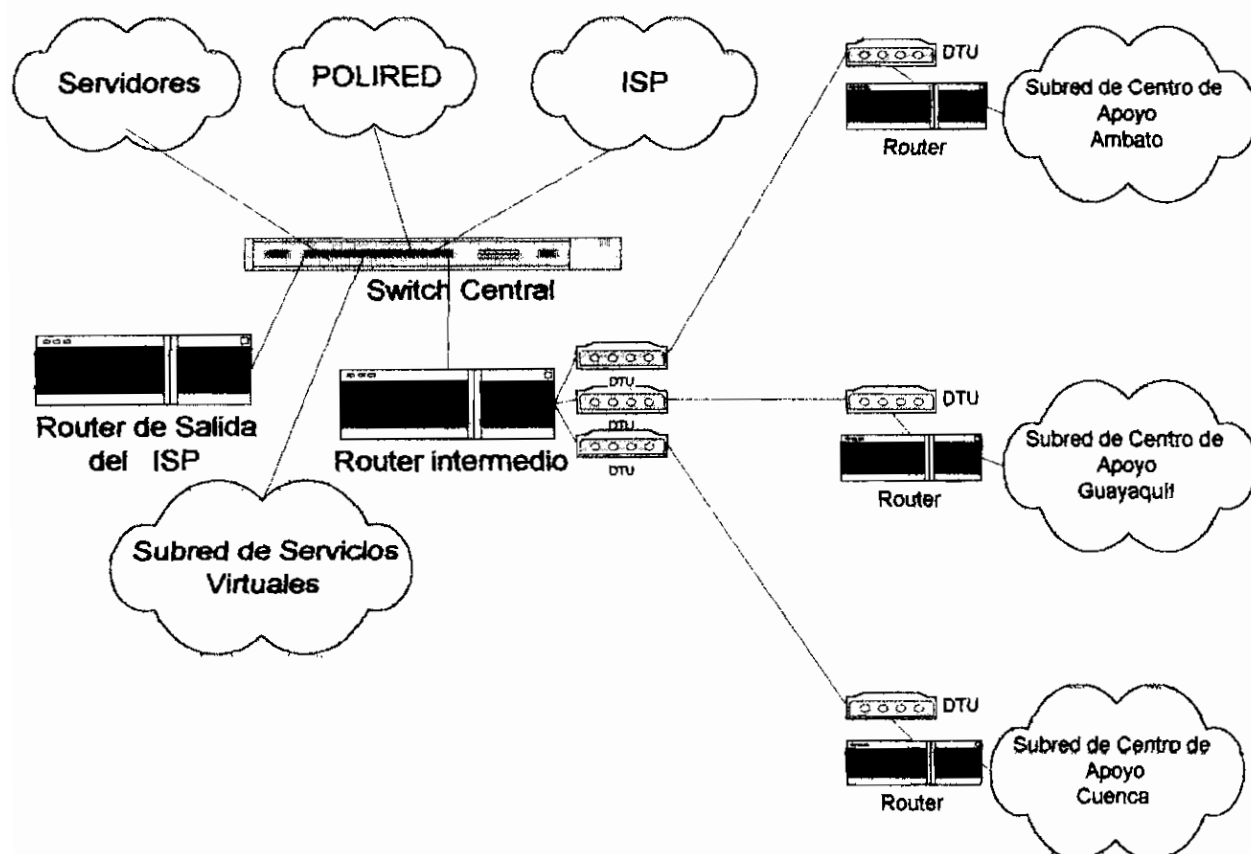


Figura 4.10 Sistema Integrado de Universidad Virtual

• Firewall

La seguridad dentro de la red es una preocupación para todos los usuarios de la misma; ya que es necesario mantener las instalaciones y equipos de comunicación libres de vandalismo a través de Internet se requiere el uso de un *firewall*. Para el sistema propuesto las características del *firewall* son:

- Capacidad de soportar 3200 sesiones simultáneas.
- Licencia para 3200 o más número de usuarios.
- 3 puertos *Fast Ethernet*.
- Capacidad de expansión.
- Procesador mínimo de 200 [MHz].
- Memoria RAM de al menos 64 [MB].

• Del enlace final de salida del sistema hacia Internet

Para el enlace de salida final del sistema, se tienen dos posibilidades:

- *Opción A: Salida mediante un enlace satelital.*- Mediante esta posibilidad, se provee una salida satelital directa hacia un ISP de mayor jerarquía o NAP localizado en el exterior, esta opción se ilustra en la figura 4.11.
- *Opción B: Salida mediante un ISP Local.*- Mediante esta posibilidad, se provee una salida por medio de un ISP local, como se muestra en la figura 4.12.

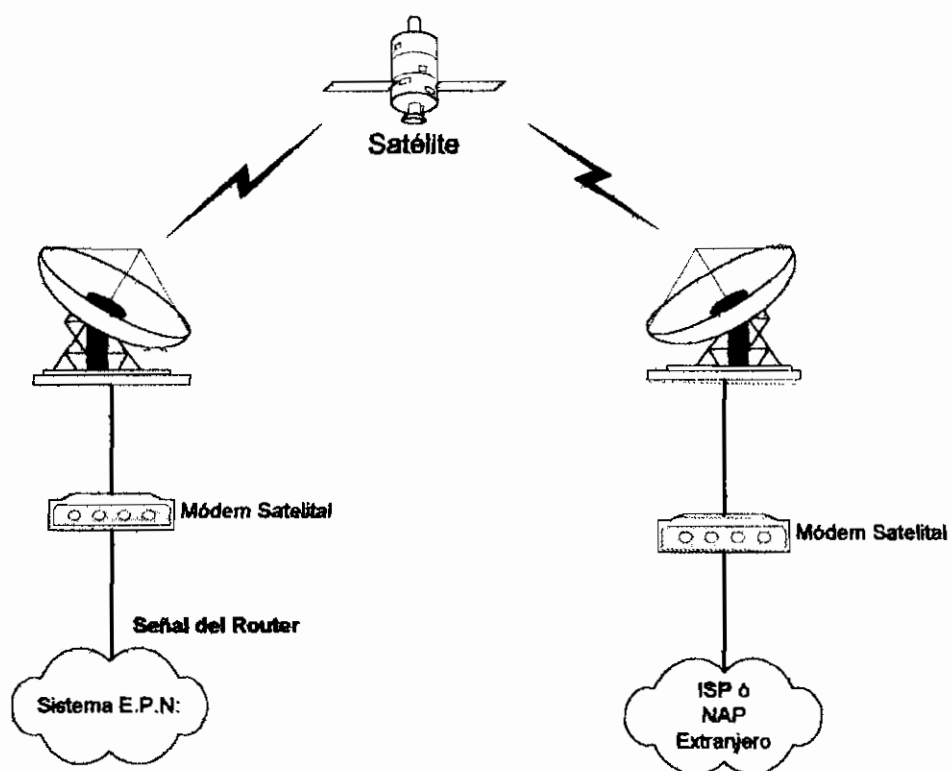


Figura 4.11 Salida mediante un enlace satelital

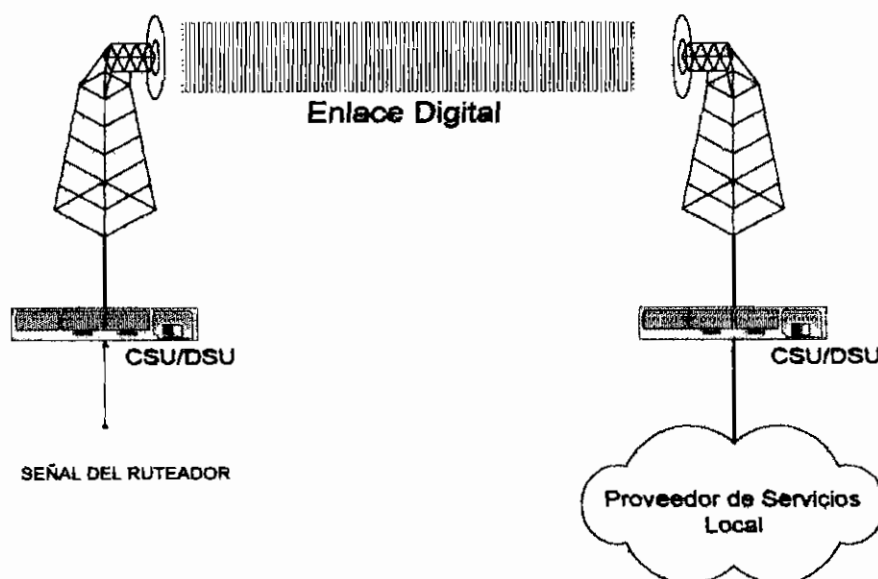


Figura 4.12 Salida mediante un ISP local

- **Del CSU/DSU**

El CSU/DSU (*Channel Service Unit / Data Service Unit*) hace posible la interconexión entre la red y la compañía proveedora de servicios de más alta jerarquía. El CSU realiza acondicionamiento de la línea, ecualización y provee capacidades de diagnóstico. El DSU provee una interfaz digital estándar, convirtiendo los flujos provenientes del ruteador en unidades de información multiplexadas por división de tiempo y viceversa.

- **Del enlace satelital**

Para realizar el diseño y determinar el ancho de banda del canal satelital necesario para el sistema total (acceso remoto y servicios de Internet), se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- El protocolo UDP es no orientado a conexión, no confiable (no necesita acuse de recibo), por lo que no es necesario retransmisión de datos dañados o perdidos; UDP no es sensible a retraso, lo que hace que el canal no posea tramas de datos retransmitidos o acuses de recibo que podrían congestionarlo.

- El protocolo TCP es orientado a conexión y confiable, por lo es sensible al retraso. Este protocolo es utilizado en varias aplicaciones, como son páginas HTTP, *e-mail*, FTP, etc. Para este tipo de aplicaciones, es muy importante dimensionar de manera acertada la ventana de congestión¹⁹.

- Se debe tener en cuenta la ventana de transmisión de *host*, que es el número de datos que pueden ser transmitidos antes de recibir un acuse de recibo.

- La ventana de recepción del *host*, la cual indica la cantidad de datos que puede recibir en la siguiente transmisión. La ventana de transmisión total deberá ser el

¹⁹ Ventana de congestión de la red: Es el tamaño máximo de segmento, en bytes, que la red podría procesar sin que éste sufra de problemas de congestión, como pérdidas de segmentos, sobrecarga en el receptor, sobresaturación de los *buffers*, etc.

mínimo valor entre las tres ventanas (ventana de congestión, ventana de transmisión, ventana de recepción).

- La mayoría del tráfico que soportará el enlace es el generado por requerimientos de páginas HTTP (para servicios de Internet comunes), las cuales poseen una característica asimétrica, por lo que el enlace de subida, *uplink*, será menor que el de bajada, *downlink*. Se recomienda, para diseños de proveedores de Internet comerciales, que la relación entre los enlaces sea de 1 a 4, así el enlace *uplink* será un cuarto del enlace *downlink*.^[F1]

- Requerimientos de disponibilidad y confiabilidad: este aspecto es muy importante, ya que una pérdida temporal en el enlace será crítica; por lo que desde este punto de vista, será mejor la opción B para la salida de nuestra red hacia los proveedores del servicio, que consiste en un enlace con un proveedor local de servicios de valor agregado, o ISP de mayor jerarquía. Mediante diversidad de espacio, se podría mejorar y asegurar la confiabilidad del enlace microonda y a su vez el ISP local de mayor jerarquía proporcionaría una salida hacia el exterior, garantizando disponibilidad y un grado de confianza adecuados para transmitir y/o recibir los datos generados por el sistema. La característica asimétrica del enlace deberá mantenerse.

- Para el diseño, se debe tomar en cuenta el tráfico generado en la hora pico, y dentro de ésta, la probabilidad de pedidos simultáneos.

- Se debe reservar una capacidad para un crecimiento futuro, en base de futuras expansiones del servicio, tanto en número de usuarios, aplicaciones, etc.

Una fórmula muy utilizada para la determinación del ancho de banda necesario para el enlace total satelital de un ISP, es la siguiente^[F1]:

$$AB = W_o + W_i + E_o + E_i + I_s + M_s - C_h \quad (4.8)$$

donde:

AB es el ancho de banda necesario por día.

Wo es la cantidad de información de páginas WWW pedida por usuarios *dial-up* en un día.

Wi es la cantidad de información de páginas WWW requerida internamente en un periodo de un día.

Eo: cantidad de usuarios por día, enviando un *e-mail* con un valor promedio de 8 [kbytes] por mensaje.

Ei: cantidad de usuarios por día, recibiendo *e-mail* con un valor promedio de 8[kbytes] por mensaje.

Is: otros servicios de Internet (*News*, *Telnet*, *FTP*, audio y video)

Ms: Servicios de administración (información de ruteo, DNS) con valores típicos de 20 bytes por datagrama y 370.000 datagramas por día.

Ch: son los recursos internos tales como servidores Proxy, o servidores *News* locales.

Aunque esta fórmula da una idea del ancho de banda necesario por día, esto no garantiza un grado de servicio, ya que no se toma en cuenta la hora pico en la que la red del ISP podría congestionarse. Se puede aplicar esta fórmula considerando los datos tomados de la hora pico, o en base de simulaciones adecuadas del comportamiento del sistema con la demanda.

El análisis matemático nos brinda un punto de partida, pero estos resultados, dependiendo de los recursos del ISP, deberán ser sobredimensionados, para que pueda permitir una expansión futura, y de esta manera el ISP brinde un buen ancho de banda a los usuarios (factor que es parte de la calidad de servicio).

- **Otros Equipos**

Dentro de los ISP actuales existen otros equipos que pueden ser tomados en cuenta como son los *Proxy Cache* y los *Traffic Shaper*, el primer equipo proporciona una memoria adicional rápida en la cual se almacena páginas HTML que son comunmente visitadas, de esta manera ya no se debe utilizar el enlace de salida de ISP porque que la información se encuentra dentro del ISP,

mejorando de esta manera el tiempo de respuesta. El segundo equipo asegura los anchos de banda para enlaces a través del Internet en el caso de usar redes privadas virtuales (*VPN, Virtual Private Network*)

- **De la conectividad de los Centros Remotos hacia la Escuela Politécnica Nacional**

En la figura 4. 13 se muestra las velocidades de transmisión necesarias para lograr la conectividad del sistema total, contando con los Centros de Apoyo de Guayaquil, Cuenca y Ambato. Los anchos de banda propuestos son mínimos, dadas las condiciones del servicio a plantearse; se prevee un mayor nivel de uso de recursos desde el Centro Remoto de la ciudad de Guayaquil. Se incluye el requerimiento del ancho de banda necesario para la implementación de videoconferencia a 128 [Kbps].

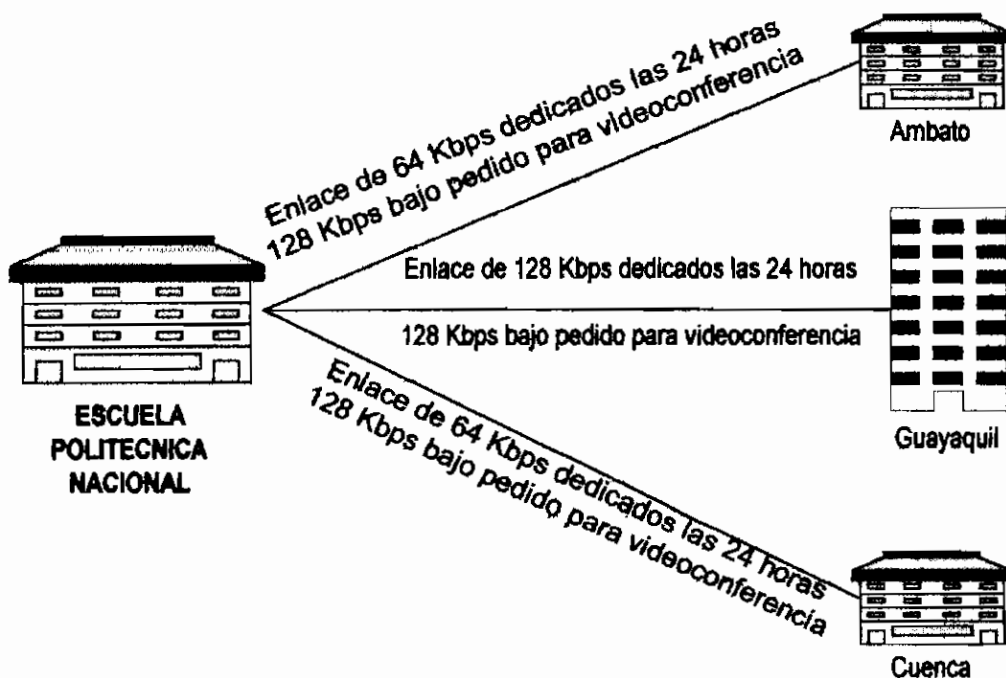


Figura 4. 13 Velocidades de Transmisión necesarias para lograr la conectividad del sistema con los Centros de Apoyo de Guayaquil, Cuenca y Ambato

4.3 ETAPA DE INTERACCIÓN

La etapa de interacción, comprende las consideraciones de capas superiores desde el punto de vista de arquitectura de red, por medio de las cuales los usuarios tendrán un nivel de interactividad determinado por la aplicación a utilizarse y las condiciones de equipo y de red disponibles.

Las consideraciones a tomarse en cuenta para definir adecuadamente una etapa de iteracción, son las siguientes:

4.3.1 APLICACIONES

Las aplicaciones a darse deberán justificar o no el nivel de interactividad requerido. Por ejemplo, el uso de recursos de vídeo en tiempo real, no siempre justificarán interacción del mismo tipo con la fuente de la información (conferencista, en el mayor de los casos). Si el recurso de las conferencias se refuerza por medio del material desplegado en forma de hipertexto, la interactividad puede estar dada por medio de cuestionarios a responderse *in situ*, o por la réplica de los mismos en forma de *e-mail*.

No obstante, la relación beneficio educativo–costo–herramienta debe ser siempre considerada. Lo ideal sería el nivel máximo de interactividad a todo momento, pero no siempre se justifica el mismo.

4.3.2 SOFTWARE UTILIZADO

Obviamente, junto con la aplicación, vendrá el *software* necesario que permita el sustento adecuado de la misma. El *software* que se utilice para el efecto, traerá consigo, si es de tipo fabricante, restricciones en cuanto al tipo de red, sistema operativo, protocolos y equipos terminales que pueden soportar el mismo²⁰. Si el

²⁰ Por ejemplo, el *software* provisto por Gilat, en cuanto a programas de alto nivel de interactividad (*Traimet, Learnet*), define las prestaciones mínimas de los sistemas trabajar adecuadamente.

software se desarrolla como parte de la etapa de producción, con fines específicos para adaptarse al sistema final a implementarse, deberá reunir los condicionamientos del sistema, y puede llegar a ser más efectivo que los programas comerciales, pero su desarrollo y puesta en operación puede significar un tiempo de retraso en la puesta en marcha del sistema.

4.3.3 EQUIPO TERMINAL DE USUARIO

Junto con las aplicaciones y el *software* necesario para sustentar las mismas, se puede considerar el uso o no de ciertos elementos de equipos terminales dedicados a las aplicaciones. La tendencia, en general, es la de realizar la mayor cantidad posible de trabajo en ambiente de red, contando con los elementos más comunes (es decir, con el computador personal), evitando (si los requerimientos técnico/económicos lo permiten) el uso de equipo dedicado, si se considera tanto los costos de los mismos, como los niveles de interactividad logrados.

Por ejemplo, se pueden citar los sistemas de videoconferencia comerciales, se considera un canal de regreso de información (hacia la fuente de la misma) de ancho de banda pequeño, pudiendo usarse teclados telefónicos como sistemas de envío de la información hacia el conferencista e inclusive la comunicación por medio del sistema de voz telefónico. Otras aplicaciones, utilizan un sistema basado sólo en teclados especiales, pero que limitan el margen de respuestas a un rango de contenido numérico y con códigos previamente definidos. Ambos casos limitan en mucho la interactividad. Pero si se considera un ancho de banda reducido para el sistema de vídeo y un sustento adecuado de red, añadido a una capa de aplicación adecuada, el uso de la computadora y los periféricos de la misma, de uso común (teclados, micrófonos, *joystick*, entre otros), se puede lograr un sistema adecuado, pero a la vez, puede reducir en cierto modo la consideración de tiempo real o no del sistema, debiendo, igualmente evaluarse este aspecto en la implementación final.

4.3.4 ESTRUCTURA DE RED SUBYACENTE

La red que se utilice, así como los servicios de empresas portadoras y/o empresas proveedores de servicios de Internet, deberán ser seleccionadas de acuerdo al soporte que éstas brinden para el adecuado sustento de las aplicaciones. En este sentido, las redes de alta velocidad que se pudieren contemplar (ATM, *Fast Ethernet* u otras), por la velocidad de las mismas, pueden permitir un adecuado nivel de interactividad en ese aspecto, pero el conjunto de protocolos adaptados a las mismas tiene que ser equiparado con las necesidades de las aplicaciones (por ejemplo, el sustento de IP sobre ATM).

4.4 DE LOS EQUIPOS TERMINALES DE USUARIO

La referencia de *equipos terminales de usuario*, se enmarca en el contexto de los dispositivos finales para trabajo con los estudiantes: computadores, sistemas de audio y vídeo para las aulas de los Centros de Apoyo, y otros equipos terminales que se necesitare.

4.4.1 DE LOS COMPUTADORES

Los computadores a usarse, dependiendo las prestaciones finales de los sistemas en cuanto al *software* que se use para las aplicaciones, deberán tener las suficientes prestaciones en lo que tiene que ver a memoria RAM y a velocidad de procesamiento. Los requerimientos de los computadores deberán especificarse dentro de tres aspectos mayores: usuarios a nivel de acceso remoto, usuarios de Centros de Apoyo y usuarios dentro del Campus Rubén Orellana (usuarios de la Polired).

4.4.1.1 Usuarios a nivel de acceso remoto

Los usuarios a nivel de acceso remoto son en sí, usuarios domésticos, los cuales accederán vía módem telefónico a los servicios de red basados en la Polired y en los servidores de cada facultad. En caso de necesidad de sistemas de

multidifusión o de difusión, la implementación de los protocolos de enrutamiento y los esquemas de trabajo que permitan la aplicación, puede darse, pero éste es un aspecto más dedicado a las aulas tipo de los Centros de Apoyo, que permiten una mayor regulación y estandarización del entorno, bajo condiciones más controladas del mismo. Las prestaciones de los computadores pueden ser las prestaciones comunes en el mercado actual:

- Procesador Pentium III o equivalente.
- Velocidad de procesamiento 300 [MHz].
- Capacidad de disco duro: 10 [GBytes].
- Capacidad de memoria RAM: 64 [MBytes].
- Tarjeta de multimedia.
- Módem 56.6 [Kbps].
- Tarjetas para VoIP (en caso de ser necesaria una buena calidad de voz, pero tomando en cuenta que aplicaciones de *software* comercial o inclusive del tipo *freeware* pueden permitir aplicaciones de VoIP sin necesidad de tarjetas especiales, sólo necesitando el acceso a Internet).
- Sistema de parlantes y micrófono externos, del tipo periférico, para alcanzar un mejor aprovechamiento de las aplicaciones multimedia y de voz/vídeo.
- Unidad de CD-ROM, con velocidad de lectura de 20X – 24X, o superior, ya que dicha velocidad de lectura permite un adecuado aprovechamiento de las aplicaciones multimedia de los discos compactos a crearse especialmente para fines educativos o de alto nivel de interacción, por medio del Centro de Ediciones.
- Impresora de inyección de tinta, con la resolución adecuada para una buena calidad, en caso de que se requiera la impresión de material fuente sólo imprimible para el usuario.

4.4.1.2 Usuarios de los Centros de Apoyo

Los usuarios de los Centros de Apoyo trabajarán mayoritariamente bajo entornos de red; se eliminan de este modo, o al menos se reducen los requerimientos para las unidades de CD-ROM y los sistemas de parlantes y micrófonos externos, si se

aplican combinaciones de audio y videoconferencia masivas (usando los sistemas de vídeo y de audio de las aulas tipo de dichos Centros), pero incrementando los requerimientos de conectividad para el tipo de red sugerido, tanto a nivel de tarjetas de red, como a nivel de los protocolos de enrutamiento y de aplicaciones de tiempo real a darse en el entorno de trabajo.

4.4.1.3 Usuarios de la Polired

Dentro de los usuarios de la Polired, a su vez, se deben considerar tres aspectos: el académico (que comprende tanto a profesores como estudiantes, en cuanto a actividad meramente docente), el administrativo (empleados administrativos y en algunos casos, profesores), y el de Investigación (profesores y estudiantes).

- a) Los usuarios de la Polired, en el aspecto académico, tendrán menos requerimientos de equipos periféricos para sus unidades de trabajo, ya que igualmente trabajarán bajo entornos de red, como sucede con las unidades de trabajo en los Centros de Apoyo. Aún así, los esquemas de red dependerán del tipo de red y de trabajo que se realice en cada facultad o carrera, pero permitiendo, de ser posible, el acceso a los recursos de red de mayor alcance; es decir, se debe tender a que la mayor cantidad de usuarios de la Polired pueda acceder a las aplicaciones de Internet o de Intranet a darse.
- b) En cuanto a los estudiantes, las prestaciones de los equipos, deberán ceñirse a lo enunciado en el párrafo anterior; pero en el caso de profesores, se debe incrementar las prestaciones en sus computadores hacia aquellas que permitan conectividad y compatibilidad de aplicaciones con respecto de los equipos de los Centros de Publicaciones, además de las herramientas necesarias en cuanto a *software* para la producción, en lo posible, del material básico de partida para las aplicaciones multimedia a desarrollarse por medio de los Centros de Publicaciones. Las prestaciones de los computadores podrían ser las siguientes:
 - Procesador Pentium III o equivalente.

- Velocidad del procesador 500 [MHz].
 - Capacidad de disco duro: 10 – 20 [GBytes].
 - Capacidad de memoria RAM: 64 o 128 [MBytes].
 - Tarjeta de multimedia.
 - Tarjeta de red.
 - Tarjetas de VoIP (en caso de ser necesaria).
 - Sistema de parlantes y micrófono externos, del tipo periférico.
 - Unidad de CD-ROM RW, con velocidad de lectura de 24X, o superior, debido a que dicha velocidad de lectura permite un adecuado aprovechamiento de las aplicaciones multimedia de los discos creados especialmente para fines educativos o de alto nivel de interacción, a la vez que permite la edición del material básico de trabajo para su posterior reedición y complementación que se lo hará en los Centros de Publicaciones.
 - Impresora láser monocromática, y/o a inyección de tinta a colores, en caso de ser necesaria la Impresión de material.
- c) Los usuarios administrativos, tendrán solamente un nivel de conectividad a la red interna de la Escuela Politécnica Nacional, permitiendo el acceso a Internet desde el hogar, como un servicio adicional de la E.P.N. a sus empleados. Dicho esquema necesitará una ampliación en el diseño del ISP. El permitir el acceso a Internet desde el sitio de trabajo, puede ser implementado sólo a nivel de mandos medios y altos, en cuanto se justifique el acceso a dichos recursos. El acceso a Internet desde el hogar (ya sea para personal administrativo o para servicios comerciales) no deberá interferir o afectar el rendimiento de los servicios educativos, los cuales son el propósito principal del sistema.

De este modo, los requerimientos mínimos de equipo pueden ser los siguientes:

- Procesador Pentium I.
- Velocidad 200 [MHz].

- Capacidad de disco duro: 4 [Gbytes].
- Capacidad de memoria RAM: 16 - 32 [Mbytes].
- Tarjeta de red, adecuada con el entorno.
- Sistema de parlantes y micrófono externos, del tipo periférico, para alcanzar un mejor aprovechamiento de las aplicaciones de voz, en caso de que se considere dicha implementación.
- Unidad de CD-ROM, con velocidad de lectura de 4X.

4.4.2 SISTEMAS DE AUDIO Y DE VÍDEO

Los sistemas de audio y de vídeo se implementarán en las aulas de los Centros de Apoyo, para soportar aplicaciones de lectura remota, basada en vídeo o audio conferencias, en combinación con los recursos de red de los Centros y la conectividad hacia la Escuela Politécnica Nacional y/o otros centros de origen de dichas conferencias. Cabe anotar que las prestaciones de los equipos necesarios y las características de los mismos estarán dadas mayoritariamente en función de los formatos, esquemas de compresión, y demás factores que se determinen en la etapa de producción, tal y como se enunció en este mismo capítulo.

Las características básicas de los sistemas a implementarse, son las siguientes:

4.4.2.1 Sistema de audio

El sistema de audio debe tener una adecuada calidad en su etapa de difusión en las aulas, dependiendo de la aplicación: por ejemplo, una simple conferencia de vídeo puede ser sustentada con un sistema del tipo monofónico; pero, si la aplicación requiere de un sistema de alta fidelidad, para crear efectos realistas sobre la audiencia, se puede contemplar el uso de sistemas del tipo estéreo, debiendo darse en origen la señal adecuada para su procesamiento y transmisión. Además, debe contar con los sistemas de codificación/decodificación adecuados para los esquemas de compresión posibles dentro del entorno de trabajo.

4.4.2.2 Sistema de vídeo

El sistema de vídeo debe permitir el trabajo con esquemas de compresión MPEG-1, principalmente, siendo éste el esquema de mayor difusión a nivel mundial y requiriendo una velocidad de transmisión de 1.5 [Mbps] en sistemas comerciales, lo cual incide ampliamente en el costo de la implementación de un sistema de videoconferencia por el ancho de banda del canal satelital necesario para la transmisión. No se considera el esquema de compresión MPEG-2, debido a que dicho esquema necesita como mínimo 4 [Mbps] para su transmisión, y un máximo de 6 [Mbps] haciendo extremadamente alto el costo del sistema final. Además, debe existir compatibilidad con el sistema de difusión de TV en el país, el NTSC, pudiendo permitir, de este modo, la difusión de la señal por medio de TV abierta o sistemas de cable.

No obstante, dependiendo del costo asociado del sistema y de la calidad de vídeo a enviarse (principalmente si la señal a transmitirse será de 15 o 30 tramas por segundo), se puede llegar a necesitar un canal de menor ancho de banda que lo propuesto, pudiendo inclusive transmitirse la señal de vídeo a un ritmo de 128 [Kbps], pero incidiendo esto en la apreciación del usuario final. Las especificaciones del equipo terminal de videoconferencia para el sistema a implementarse (conferencias para y desde Quito, Guayaquil, Cuenca y Ambato), son las siguientes:

- 1 puerto 10/100 Mbps *Ethernet*.
- Soporte de estándares ITU-T H.320, H.323.
- Estándares de vídeo ITU-T H.261.
- Estándares de audio ITU-T G.728, G.722, G.711.
- Estandar ITU-T H.221.
- Resolución de despliegue de vídeo H.261, H.263.
- Formato de transmisión de *slides*: ITU-T H.261.
- Captura de imágenes en formato JPEG.
- Transmisión de vídeo con estándar ITU-T H.320:
- 15 fps con un mínimo de 56 [Kbps].

- 30 fps con un mínimo de 384 [Kbps].
- Transmisión de vídeo con estándar ITU-T H.323:
 - Soporte de sistema NTSC.
 - Audio digital full-duplex.
 - Conectividad a red: Ethernet/Internet/Intranet. Soporte de protocolos: TCP/IP, DNS, SNMP, DHCP, ARP, WWW, FTP, *Telnet*.
- Alimentación eléctrica de 110 [V]/60 [Hz].
- Manuales del equipo.
- Cables eléctricos y de datos.
- Garantía de dos años en los equipos.

4.5 COSTOS REFERENCIALES DE EQUIPOS Y SERVICIOS

No es posible el determinar costos totales del sistema a implementarse, ya que se requiere de un estudio mucho más profundo sobre los sistemas finales, y debiendo considerar en detalle los siguientes aspectos:

- Locaciones físicas tanto de los sistemas de red a implantarse en el Campus Rubén Orellana, así como los Centros Remotos. La infraestructura física y las adecuaciones para los sistemas de cableado de las redes y aulas, es un aspecto grandmente incidente en costos y personal.
- Adaptación de los sistemas eléctricos y de ingeniería civil a los sistemas de aulas. Deben considerarse en este aspecto protecciones eléctricas a los equipos.
- Personal a cargo del proyecto, mantenimiento y soporte del sistema de educación virtual.
- Aspectos contractuales del servicio, en lo relativo a equipos y servicios: soporte técnico, garantías, seguros, supervisión del equipo y los servicios, tiempos de respuesta ante emergencias técnicas, reportes y seguimiento del servicio.
- Expansiones futuras de los servicios, actualizaciones y políticas de las empresas.
- *Upgrades* castigados/no castigados.

- *Software* y equipo propietario. Licencias, actualizaciones.

Los costos que se presentan a continuación, son referenciales para el mercado nacional. Debido a condicionantes relativos a las políticas de costos de las empresas, incluyendo aspectos de confidencialidad, los datos expresados a continuación obedecen a equipos que cumplen con los requerimientos mínimos antes enunciados, superando en algunos casos dichos requerimientos por configuraciones por defecto de los modelos.

Descripción	Cant.	Precio Uni. USD	Precio Total USD
Computadores terminales de usuario para Aulas Virtuales, y Centros de Apoyo	216	1,213.79	262,178.64
Servidor de Acceso Remoto (RAS) de 60 modems internos.	7	15,000.00	105,000.00
<i>Switches</i>	14	10,400.00	145,600.00
Servidor de DNS, Mail, Verificación y Autentificación	1	11,960.00	11,960.00
Servidor de HTTP, FTP, Proxy	1	10,960.00	10,960.00
Servidores de almacenamiento y respaldo	1	14,394.36	14,394.36
<i>Router</i> de los centros remotos	3	8,193.00	24,579.00
<i>Router</i> para conectividad Centros Remotos-Campus Rubén Orellana	1	25,231.00	25,231.00
<i>Router</i> del ISP	1	30,000.00	30,000.00
<i>Firewall</i>	1	28,000.00	28,000.00
Equipo Terminal de video conferencia	4	9,000.00	36,000.00
Total, USD			693,903.00

Los costos mensuales asociados con los requerimientos del sistema son:

Descripción	Valor mensual USD
2 enlaces de 64 [kbps] permanentes, <i>Clear Channel</i> (Quito-Cuenca, Quito-Ambato)	1,200.00
1 enlace de 128 [kbps] permanente, <i>Clear Channel</i> (Quito-Guayaquil)	650.00
Acceso a Internet, 512 [Kbps] dedicados	7,939.00

En los costos mensuales presentados, no se incluyen costos de instalación, y el ancho de banda bajo solicitud necesario para soportar las aplicaciones de videoconferencia (128 [Kbps] adicionales en cada enlace), las cuales requieren de contratos especiales por horas y dependen de los acuerdos comerciales con los sistemas portadores. Además, los costos no incluyen IVA (Impuesto al Valor Agregado), así como impuestos adicionales en caso de los enlaces.

4.6 OTRAS ALTERNATIVAS

El sistema desarrollado puede tener algunas alternativas de desarrollo, dependiendo de las políticas organizativas, dependencia de medios y costos asociados, así como de las prestaciones necesarias ante futuras expansiones geográficas y de aplicaciones. Se presentan las más importantes alternativas al sistema propuesto, a distintos niveles dentro del sistema total.

4.6.1 INTERCONECTIVIDAD DE LOS CENTROS REMOTOS MEDIANTE VSAT

Las características principales de usar una red VSAT para el trabajo de los Centros de Apoyo, son las siguientes:

- Independencia de distancia vs. el costo asociado con el servicio del enlace. Ya sea que un Centro de Apoyo se encuentre en el país o fuera de él, el costo no viene a ser un impedimento con relación a la distancia, lo que sí sería una seria restricción dentro de la consideración de otro tipo de

interconectividad, sobre todo si se trata de interconectividad a nivel internacional.

- Mayor nivel de cobertura.- El uso de sistemas basados en satélites aumenta el nivel de cobertura de los servicios, sobre todo en las aplicaciones de videoconferencia.
- Problemas asociados con los retardos inherentes a la transmisión.- Lo cual puede ser visto como una desventaja del sistema en aplicaciones en tiempo real entre dos localidades conectadas por el sistema, ya que los retardos de sistemas VSAT están entre 500-600 [ms]^[7], sólo a nivel de enlace.
- Costos del servicio y disponibilidad del ancho de banda.- Los sistemas de videoconferencia son los que más ancho de banda requieren (1.5 [Mbps], sólo en sistemas unidireccionales comerciales, si se trabaja con esquema de compresión MPEG-1), con respecto a la interconectividad de datos o voz dentro del sistema VSAT como medio de interconexión de las redes LAN de los Centros de Apoyo. El uso y las determinaciones de nivel de ancho de banda necesario, dependerán de un análisis más exhaustivo del sistema total, requiriendo simulaciones de uso de canal y niveles de carga de datos para poder prever métodos de trabajo que permitan ahorro de uso del sistema en tiempo y ancho de banda. Igualmente, el uso de *software* y/o *hardware* comerciales, para uso educativo por medio de videoconferencia, en caso de implementarse, determinan los requerimientos mínimos de participantes, localidades, protocolos y anchos de banda necesarios para cada uno de ellos.

Dentro de los servicios ofrecidos a nivel local, la velocidad máxima de transmisión lograda con sistemas VSAT es de 128 [Kbps] pico, y los sistemas implementados son de soporte de aplicaciones transaccionales comerciales. No se prevee la implementación de sistemas de mayor ancho de banda y mayores tamaños de antenas que permitan su uso, aunque en sistemas satelitales de otros países^[7] se

llegan a usar antenas parabólicas receptoras de hasta 4.2 [m] de diámetro, y se ofrecen servicios de hasta 24 [Mbps] de descarga, en arreglos asimétricos.

4.6.2 SISTEMA ALTERNATIVO DE TERMINALES DE USUARIO

El uso de sistema basados en computadores personales, ocasiona grandes problemas en lo relativo a actualizaciones, sistemas operativos y al uso de *software* legalizado dependiente de las versiones del producto, número de usuarios, etc. Algunas empresas están desarrollando entornos de red que disminuyan estos problemas, como se presenta en el caso de *Sun Microsystems*^[K]. Esta empresa ha desarrollado entornos completos de servidores y terminales de usuario que permiten aplicaciones basadas en Web, con compatibilidad de sistemas personales y facilidad de administración y configuración. Estos terminales (denominados *Sun Ray 1*) se presentan en arreglos de 25 y 100 terminales, con su servidor dedicado, ofreciéndose sistema operativo *Sun Solaris* para ilimitado número de usuarios y *software* de aplicaciones compatibles con la mayoría de herramientas *Microsoft* sin costo de licencias y actualizaciones. La mayoría de aplicaciones de estos sistemas ha sido implementada a nivel universitario, y la empresa desarrolla estos productos y facilidades para sistemas educativos principalmente.

REFERENCIAS

- [A] **Cisco CCIE Fundamentals:** " *Designing Internetworks for Multimedia*",
<http://www.cisco.com>
- [B] **BARRETO, Alexis:** " Diseño matemático de un ISP." Ponencia, XVIII
Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Escuela Politécnica
Nacional, Junio del 2000
- [C] **BELLAMY, John:** "*Digital telephony.*" Editorial John Wiley. E.U.A. 1991
- [D] **Bachelet, Pablo:** "*Navegar gratis*". Artículo de la serie "Especial
Convergencia". Revista América Economía, 18 de Noviembre de 1999.
- [E] **VARIOS:** "*Broadband access copper technologies.*" Revista IEEE
Communications, mayo de 1999.
- [F] **IBM Redbooks:** "*The Technical Side of Being an Internet Service
Provider.*", IBM.
<http://www.redbooks.ibm.com>
- [G] **IBM Redbooks:** "TCP/IP Tutorial and Technical Overview.", IBM.
<http://www.redbooks.ibm.com>
- [H] **BLACK, Uyles:** "Tecnologías emergentes para redes de computadoras".
Editorial Prentice-Hall, Segunda edición. México 1999
- [I] **TOMASI, Wayne:** "Sistemas de comunicaciones electrónicas", Editorial
Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Segunda edición. Mexico 1996.
- [J] **Hughes Network Systems:**
<http://www.hns.com>
- [K] **Sun Microsystems:**
<http://www.sun.es>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Si bien se hace un esfuerzo por llegar a una determinación de los sistemas a implementarse por medio de una Unidad de Universidad Virtual basada en la Escuela, éstos se ven limitados, debido a las siguientes razones:
 - Falta de información exacta y minuciosa con respecto a la infraestructura de la Escuela, dentro de cada facultad e instituto; se añade a esto, el proceso permanente de renovación de la institución, mediante nuevas estructuras organizacionales, de trabajo y marcos conceptuales de desarrollo. Sin embargo, se llega a proponer un esquema organizacional adecuado en el Capítulo III, previo el análisis de las condiciones y la información obtenida a lo largo del proceso.
 - Proyección debida de carreras, materias y servicios específicos por medio de la Unidad de Universidad Virtual, como una consecuencia inmediata de lo anotado anteriormente.
 - Estudios de carácter pedagógico con respecto a la temática tratada en la presente tesis, y leyes relativas a los mismos.
- Los entornos de trabajo, así como el desarrollo de los sistemas de redes computacionales hasta niveles de incursión cada vez más extensos, gracias al desarrollo y la expansión de la red de redes, el Internet, ampliaron el mundo del usuario computacional. Es así como ahora se puede encontrar gran variedad de recursos basados sobre la red mundial de la información: se puede explorar sitios de interés, comprar *on-line*, “conversar” por medio de texto, audio, vídeo, o una mezcla de los tres con personas ubicadas en cualquier lugar del mundo (literalmente). A nivel de entornos empresariales y educativos, estas expansiones no podían pasar desapercibidas: las fuentes no son sólo las inmediatas, las facilidades de tiempo, espacio, costos son evidentemente claras con respecto a la movilidad y el manejo de recursos cuando se usa sistemas

computacionales aplicados a la adquisición del conocimiento y que facilitan el trabajo. Los recursos pueden ser usados atemporalmente, o a nivel presencial en el momento requerido, siendo los costos y las facilidades de acceso dependientes del mercado y la tecnología subyacente para establecer la comunicación. Es así como ha surgido una nueva versión de avance social: la accesabilidad a recursos informáticos ya es tomada en cuenta como un parámetro de desarrollo de una nación y de sus individuos¹, y esto obedece a las razones de desarrollo antes expuestas.

- El uso de los recursos electrónicos, no puede ser visto como medio de educación a distancia o no presencial; los mismos recursos, pero a un mayor nivel de aprovechamiento se pueden usar como medio para extender las capacidades educativas presenciales in-situ, siendo en este contexto, más estrictamente virtuales.
- La interactividad y el tiempo real son materias de estudio profundo a nivel de sistemas de redes y computacionales de alto rendimiento, y deben ser muy bien considerados en aplicaciones avanzadas. Del mismo modo, el trabajo con sistemas de realidad virtual, considera prestaciones de red más críticas en lo relativo a niveles de respuesta, anchos de banda, implicando el desarrollo de sistemas complejos y costosos. Si bien las aulas virtuales definidas en la presente tesis permiten un gran nivel de acceso a recursos de red y mejores niveles de interactividad, todavía no alcanzan los niveles necesarios para una aplicación estricta de realidad virtual, siendo una sugerencia el desarrollo de tesis orientadas a este tipo de aplicaciones, considerando que este tipo de aplicaciones son interesantes desde el punto de vista de sistemas de red, sistemas de interfaces humano-máquina y experimentación en sistemas de diseño y modelado asistido por computadora, los mismos que pueden ser usados como herramientas de *software* de educación virtual.

¹ Tanto la UIT como el Banco Mundial utilizan estos parámetros como índice de comparación entre naciones, siendo ubicados inclusive a nivel de ingreso per cápita, producto nacional bruto, etc.

- El uso de la tecnología como un instrumento debe estar bien analizado desde el punto de vista pedagógico, y, debe necesariamente compararse con los costos implicados con el uso de los recursos de telecomunicaciones, para llegar a una solución técnica-metodológica para brindar los servicios denominados de “educación virtual”, donde la virtualidad del concepto radica en la diferenciación con respecto al uso de los recursos normales de educación - ya sean éstos libros, pizarrones, un aula de estudio, escritorios, bibliotecas - por medio de utilizar las formas “electrónicas” de estas ayudas, es decir, ayudarse de la tecnología como medio de enlazar personas en el tiempo y espacios diferentes, en distintas ubicaciones geográficas, o en una misma ubicación.
- La Unidad de Universidad Virtual poseerá tanto componentes personales (personal administrativo, profesores, empleados, etc.) como no personales (instalaciones físicas, equipos, *hardware* y *software*), orientando su servicio al cliente final. El objetivo mayor de la Unidad de Universidad Virtual será cubrir la demanda social de educación a distancia, utilizando para ello recursos de red como lo son *Intranets* e *Internet* para la difusión e integración de los contenidos, pero no se deberá perder la esencia de la Unidad de Universidad Virtual, que es el brindar educación a personas que por diversas razones no pueden acceder a una educación presencial. Adicionalmente, la Unidad de Universidad Virtual permite el aprovechamiento de las tecnologías de la información en el proceso de enseñanza/aprendizaje del estudiante localizado en el Campus Rubén Orellana.
- El éxito o fracaso de la unidad de universidad virtual no solo dependerá de la eficiencia de la red de comunicaciones y del *software* a utilizarse destinado para fines educativos; es de igual o mayor importancia los conocimientos incluidos en los contenidos a impartirse y la manera pedagógica de llegar al estudiante (usuario), para determinar el verdadero éxito de la unidad en el proceso de enseñanza aprendizaje. Lamentablemente la calificación de la efectividad de la Unidad de Universidad Virtual dependerá de un factor no cuantificable y distinto para cada persona, relativo a la percepción humana.

- Es necesario elevar el presupuesto para incrementar las prestaciones tecnológicas de la universidad y buscar apoyo internacional o de instituciones no gubernamentales, si se aprecian los costos relativos a la implementación propuesta, o, a su vez, buscar otros medios de obtención de recursos mediante la prestación de servicios. Se debe notar que los costos incluidos son referenciales y no incluyen aspectos más detallados, como se enuncia en el capítulo IV.
- El equipo determinado para ser usado como parte inicial del sistema de Universidad Virtual, es de uso común dentro del área de *networking* actual. El uso de *switches* presenta una solución idónea para el caso planteado, tanto a nivel de desempeño de equipo como de costos asociados, aunque el sistema final total tenga un costo elevado.
- Se debe notar la importancia de la implementación de protocolos que permitan las aplicaciones planteadas: multidifusión y tiempo real, principalmente. De dichas prestaciones necesarias, se nota que las especificaciones protocolares, velocidades de procesamiento, expansiones a nuevas tecnologías, son fundamentales para un buen servicio hacia el usuario. Con respecto a la multidifusión, a nivel de prácticas de redes en el entorno nacional, ya sea para entornos de trabajo con Internet y en ambientes de Intranet, no se ha implementado protocolos y sistemas de dichas características, pero ya se manejan aplicaciones que permiten el uso de protocolos de tiempo real, como por ejemplo en las aplicaciones de VoIP, específicamente telefonía sobre IP.
- Adicionalmente, el sistema debe ser planteado para ser funcional, y más no para ser parte de sistemas de poco aprovechamiento o como parte de soluciones inmediateistas o pasajeras, fruto de consideraciones fuera de contexto. El sistema educativo, misión fundamental de la universidad, debe prevalecer por sobre el sistema técnico, el cual es un medio para los fines establecidos.
- El uso de las distintas tecnologías, y el análisis de tendencias, siempre debe ser orientado hacia el futuro, pero evitando los gastos innecesarios bajo el pretexto

de disponer de tecnología de punta. Principalmente por los costos asociados, la tecnología más avanzada, no siempre es la mejor solución a un sistema; con la gran variedad de sistemas en continua evolución a nivel mundial, la previsión de desarrollos futuros de un estándar, de una marca, así como la inversión en tecnología debe ser considerada por su *funcionalidad* y relación costo/beneficio. De la solución propuesta en la presente tesis, y de lo expuesto anteriormente, se concluye que usando los recursos y sin perder de vista al usuario, se pueden obtener sistemas aceptables para educación virtual. Sería ilógico en el momento actual, especular con tecnologías poco maduras en el mercado nacional (ISDN, ADSL), mientras éstas no se encuentren difundidas lo suficiente y sean accesibles económicamente para el usuario, aunque a futuro, dependiendo del desarrollo alcanzado por las mismas, deberán considerarse aplicaciones o subsistemas basados en dichas tecnologías.

RECOMENDACIONES

- Es importante el considerar, como punto de partida de diseño, planeación y desarrollo de todo sistema de comunicaciones, la intencionalidad con el usuario final del mismo: no se pueden concebir sistemas orientados a usuario final como meros sistemas de transmisión de datos. Sobre todo en sistemas relativos al uso de tecnologías de la información, es necesario comprender siempre las necesidades a satisfacer, los recursos disponibles, el desarrollo y tendencias futuras, y el contexto de desenvolvimiento.
- Se recomienda el uso de la presente tesis como punto de partida para el desarrollo de otros temas de tesis que serían de gran utilidad para la Escuela Politécnica Nacional, a saber:
 - El estudio protocolar orientado a implementaciones en tiempo real para el sistema propuesto.

- El desarrollo de aplicaciones dedicadas (*software*) a los servicios a implementarse para educación a distancia, principalmente en lo relativo a trabajo colaborativo y uso de recursos en tiempo real.
 - Diseño del sistema de telecomunicaciones para conectar los Centros de Apoyo, contemplando el marco establecido en la presente tesis, considerando inclusive audio y vídeo.
 - Estudio de la calidad de servicio prestada por los ISP nacionales, orientada a aplicaciones en tiempo real y sustento para multidifusión.
 - El subsistema de videoconferencias, tanto a nivel de la E.P.N. como de los Centros de Apoyo.
 - Diseño del sistema del Centro de publicaciones y ediciones, considerando las prestaciones de trabajo en red requeridas, como los estudios de producción de audio y vídeo, debido al alto nivel de digitalización requerido.
- Para lograr efectividad en el desempeño de la Unidad de Universidad Virtual se deberá iniciar con la elaboración de un meticuloso plan de acción, teniendo muy claras las necesidades de los alumnos y del curso en general. Un apropiado uso de las comunicaciones y tecnologías de la información sólo se logrará luego que las necesidades de los usuarios hayan sido entendidas y satisfechas en detalle.
 - En el proceso de enseñanza aprendizaje tendrá una gran importancia la elaboración del material didáctico que será utilizado para impartir los cursos, por lo que es indispensable contar con un departamento destinado a la creación y mantenimiento de este material pedagógico, que será usado en las aulas virtuales y centros de apoyo.
 - Se debe buscar apoyo y asesoría de personas con experiencias similares en otros países en educación a distancia, tele-educación y virtual. Para lograr un

conocimiento previo y no caer en errores obvios que por falta de experiencia se pueden incurrir.

- Se recomienda el desarrollo del proyecto por medio de financiamiento de instituciones nacionales o internacionales, como por ejemplo el Banco Interamericano de Desarrollo, el cual presta el financiamiento y la ayuda a la implantación de sistemas en países en vías de desarrollo, con un mínimo aporte de la parte solicitante. La Escuela Politécnica Nacional tiene convenios con dichas entidades, y debe tener como política el sustentar el desarrollo de la misma, en sus distintos aspectos.
- En lo relativo a los costos, éstos justifican un sistema básico como el planteado, el cual, dependiendo de la operabilidad final, puede llegar a prestar réditos a la E.P.N., sin descuidar, obviamente, el aspecto fundamental de su funcionamiento. Dentro de los aspectos de mercado, la Escuela puede actuar por medio de alianzas estratégicas con empresas proveedoras de equipo o proveedoras de servicios, las cuales pueden facilitar el desarrollo de los sistemas, aplicaciones, capacitación, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **ANDINATEL S.A.:** Presentación al Foro de Proveedores. Subgerencia de Informática, Diciembre 1999.
- [2] **Bachelet, Pablo:** "*Navegar gratis*". Artículo de la serie "Especial Convergencia". Revista América Economía, 18 de Noviembre de 1999.
- [3] **BARRETO, Alexis:** " Diseño matemático de un ISP." Ponencia, XVIII Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Escuela Politécnica Nacional, Junio del 2000
- [4] **BELLAMY, John:** "*Digital telephony.*" Editorial John Wiley. E.U.A. 1991
- [5] **BERGE, Zane, COLLINS, Mauri & DAY, Michael:** "*Computer mediated communication in the on-line classroom.*" Volúmen 2, Hampton Press. E.U.A., 1995.
- [6] **BLACK, Uyles:** "Tecnologías emergentes para redes de computadoras". Editorial Prentice-Hall, Segunda edición. México 1999.
- [7] **BURCH, John & STRATFR, Felis:** "Sistemas de información, teoría y práctica". Editorial Noriega Limusa. México, 1991.
- [8] **Cable Datacom News:** "*Overview of cable modem technology and services.*" E.U.A. 1998.
- [9] **COLLIS, Betty:** "*Applications of Computer Communications in Education: an overview.*" IEEE Communications Magazine, Marzo de 1999.
- [10] **Consejo Nacional de Educación Superior, CONESUP:** "Universidades y escuelas politécnicas que imparten educación a distancia, virtual y teleeducación en el Ecuador." CONESUP, Sección de Coordinación Académica, mayo del 2000.
- [11] **ESTATUTO DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL,** Enero del 2000.
- [12] **FORD, Merilee; LEW, H. Kim; SPANIER, Steve & STEVENSON, Tim:** "Tecnologías de interconectividad de redes." Cisco Press, Editorial Prentice-Hall México 1998.
- [13] **FURHT, Borko & MILENKOVIC, Milan:** "*A guided tour of multimedia systems and applications*". IEEE Computer Society Press. E.U. A. 1995.

- [14] **GREGOIRE, Reginald; BROCEWELL, Robert y LAFERRIERE, Therese:** *"The contribution of New Technologies to learning and teaching in elementary and secondary schools"*. E.U.A., 1995.
- [15] **Hughes Research Laboratories:** *"Satellite communications in the global Internet: Issues, Pitfalls, and Potential"*. E.U.A. 1998.
- [16] **IEEE 802 Standard.** *"Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture"* IEEE. E.U.A., 1990.
- [17] **LANGFORS, Börje:** *"Teoría de los Sistemas de Información"*. Tercera edición. Editorial "El Ateneo". Argentina, 1982.
- [18] **LAMBERT, Dave.** *"VRML tutorial."* FX Laboratories. E.U.A., 1995.
- [19] **MIKOHN Daniel:** *"Providing global broadband Internet access using ion-earth orbity satellites"*, Teledesic Corporation, E.U.A. 1998
- [20] **MILLER, Mark A.:** *"Internetworking"*. Editorial M&T Books 1991.
- [21] **MOTOROLA** *"The basics book of Information Networking"* Motorola University Press - Addison-Wesley Publishing Company. Inc. E.U.A. 1992.
- [22] **Newbridge Networks:** *"An introduction to Dense Wavelength Division Multiplexing"*. E.U.A. 1998.
- [23] **PIATTINI, G Mario, DARYANANI, N Sunil** "Elementos y herramientas en el desarrollo de sistemas de información". Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, E.U.A 1995.
- [24] **PORTER, L.R..** " *Creating the virtual classroom: Distance learning with the Internet.*" John Wiley & Sons. E.U.A., 1997.
- [25] **QUEVEDO TERAN, Francisco:** "Crónica de una jornada al servicio del Ecuador". Revista Recuento y Proyección. 50 Años, Facultad de Ingeniería Eléctrica. Diciembre de 1995.
- [26] **SHELDON, Tom** "ENCICLOPEDIA LAN TIMES DE REDES (NETWORKING)" Editorial Osborne/McGraw-Hill España 1995.
- [27] **SHELDON, Tom** "Guia LAN TIMES de interoperabilidad. Soluciones para la interconectividad en red" Editorial Osborne/McGraw-Hill España 1996.
- [28] **STALLINGS, William:** *"Data and computer communications"*. Editorial Prentice-Hall Inc, Quinta Edición. EUA 1997.
- [29] **SULLIVAN, Kristina B.,** PCWeekly Magazine. E.U.A. 1997.

- [30] **TANEMBAUM, Andrew:** "Redes de computadoras". Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. Tercera Edición. México 1997.
- [31] **TOMASI, Wayne:** "Sistemas de comunicaciones electrónicas", Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Segunda edición P. Mexico 1996.
- [32] **Varios:** "*A technical guide to teleconferencing and distance learning.*" Tercera edición.; LANE, Carla: "*The distance learning technology resource guide.*" E.U.A., 1992.
- [33] **Varios:** "*What is ITFS?*" National ITFS Association. E.U.A., 1997
- [34] **Varios:** "*Internet Relay Chat.*" BoTree Consulting and training. E.U.A., 1999.
- [35] **VARIOS:** "*Broadband access copper technologies.*" Revista IEEE Communications, mayo de 1999.
- [36] **Cisco Systems**
<http://www.cisco.com>
- [37] **Prospecto de la Escuela Politécnica Nacional.**
<http://www.epn.edu.ec>
- [38] **Gilat Communications.**
<http://www.gilat.net>
- [39] **Hughes Network Systems.**
<http://www.hns.com>
- [40] **IBM Redbooks:**
<http://www.redbooks.ibm.com>
- [41] **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.**
<http://www.itesm.mx>
- [42] **Sun Microsystems.**
<http://www.sun.es>
- [43] **Universidad Técnica Particular de Loja.**
<http://www.utpl.edu.ec>

	Página
A.1 DIRECCIONES CLASE A	A1
A.2 DIRECCIONES CLASE B	A2
A.3 DIRECCIONES CLASE C	A2
A.4 DIRECCIONES CLASE D	A2
A.5 DIRECCIONES CLASE E	A3
Referencias Anexo A	A5

DIRECCIONES IP

Cada computador y enrutador que forma parte de Internet posee una dirección IP; conceptualmente cada dirección es un par en donde se identifica una red y un equipo anfitrión dentro de la red. De esta manera se codifica su número de red y su número de máquina.

La combinación es única. Todas las direcciones IP son de 32 bits de longitud. Generalmente en este formato, cada uno de los 4 bytes se escribe en notación decimal de 0 a 255, separados por medio de puntos. De esta manera la menor dirección IP es 0.0.0.0 y la mayor es 255.255.255.255 aunque no todas las combinaciones de direcciones posibles son utilizadas.

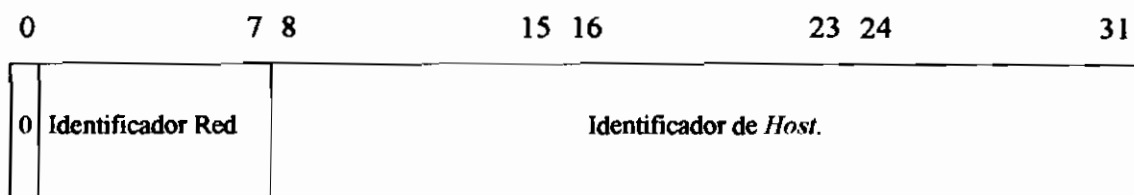
Debido a que las direcciones IP codifican tanto una red y un anfitrión en dicha red, esto especifica una conexión a la red y no a un computador particular.

Existen 5 clases de direcciones IP, siendo las más utilizadas las direcciones del tipo A, B y C:

A.1 DIRECCIONES CLASE A

Este tipo de direcciones permite la inclusión de pocas redes, con muchos *host*. Las direcciones tipo A, se utilizan para redes que poseen más de 2^{16} máquinas anfitrionas (*host*); se asignan 7 bits al campo identificador de red y 24 bits para el campo identificador del anfitrión.

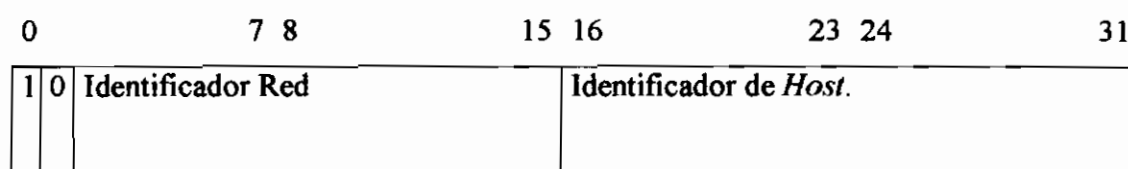
Las direcciones tipo A van desde de la 1.0.0.0 a 127.255.255.255



A.2 DIRECCIONES CLASE B

Usadas para redes intermedias, cada una con una cantidad media de *hosts*. Se notan como redes de tamaño mediano a las que tienen entre 2^8 y 2^{16} máquinas anfitrionas; se asigna 14 bits para el campo identificador de red y 16 bits para el campo identificador de *host*.

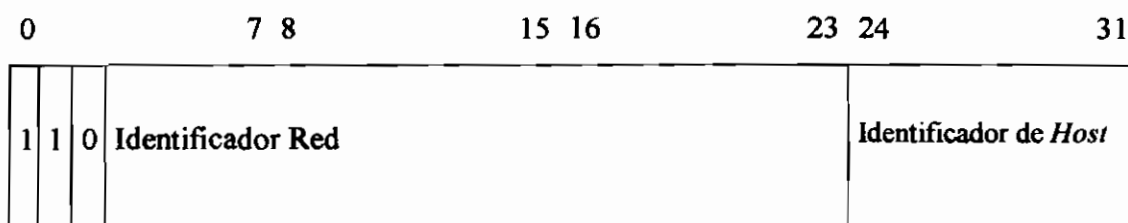
Las direcciones tipo B van desde la 128.0.0.0 a 191.255.255.255



A.3 DIRECCIONES CLASE C

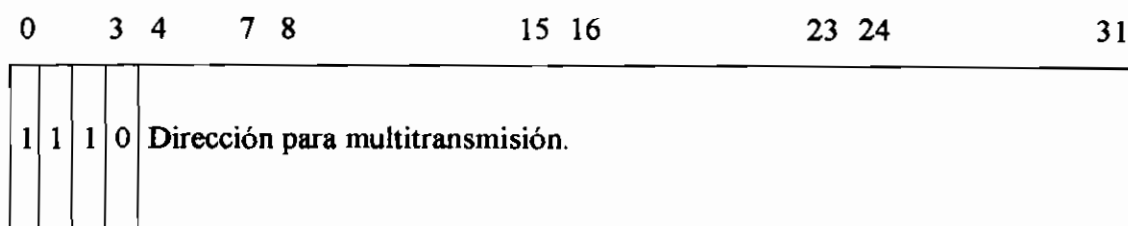
Permiten muchas redes con un número pequeño de *hosts*. Este formato es el más utilizado y permite menos de 2^8 máquinas anfitrionas; asigna 21 bits al campo identificador de red y 8 bits al identificador de *host*.

Las direcciones tipo C van desde la 192.0.0.0 a 223.255.255.255



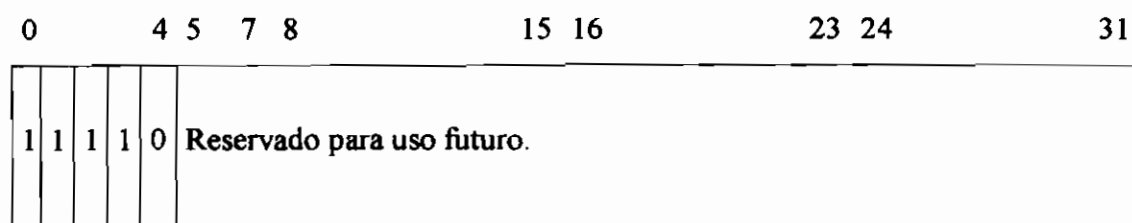
A.4 DIRECCIONES CLASE D

Usadas para definir grupos de *hosts* y se utiliza en direcciones para multitransmisión. Van desde la 224.0.0.0 a 339.255.255.255



A.5 DIRECCIONES CLASE E

Son reservados para uso futuro. Van desde el 240.0.0.0 a 247.255.255.255



Por regla general no se asigna un campo identificador de *host* igual a 0 a un anfitrión individual, una dirección con un campo así se utiliza para referirse a la red en sí misma. Además, las direcciones IP pueden utilizarse para especificar difusión; estas direcciones se transforman en difusión por *hardware*. Por regla general una dirección de difusión tiene todos los bits del campo identificador de *host* asignados como 1.

Otro tipo de dirección utilizada para difusión en redes de área local independiente de la dirección IP que posean los *host* anfitriones es la dirección de difusión para LAN con treinta y dos unos. Un *host* puede utilizar la dirección de difusión como parte del procedimiento de encendido antes de conocer su dirección IP, pero después de esto todas retoman su propia dirección IP dentro de la red.

ANEXO B

Proyección de la población estudiantil

	Página
B.1 PREDICCIÓN Y ANÁLISIS DE CRECIMIENTO	B1
B.2 RESULTADOS OBTENIDOS	B4
B.2.1 RESTRICCIONES EN EL CÁLCULO DE LOS USUARIOS	B4
B.2.1.1 La densidad telefónica en la ciudad	B5
B.2.1.2 Nivel de penetración de computadoras en el mercado potencial	B5
B.2.1.3 Costo asociado al uso de los recursos de comunicaciones	B5
B.2.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE USUARIOS FINALES	B6
B.3 DEMANDA ACTUAL	B8
B.4 PROYECCIÓN DE DEMANDA FUTURA	B9
Referencias Anexo B	B11

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL

B.1 PREDICCIÓN Y ANÁLISIS DE CRECIMIENTO

Para el diseño del acceso remoto a los servicios basados en la Escuela Politécnica Nacional, se ha realizado la proyección de la población estudiantil ^[A], para asegurar un buen desempeño del sistema proyectado hasta el año 2004. Se proyecta la población hasta dicho año, teniendo en cuenta un margen adecuado de tiempo, debido a que el sistema planteado es básico en su magnitud, considerándose como punto de partida del sistema general de Universidad Virtual. No se realiza una proyección mayor en tiempo, debido a la existencia de factores nuevos que afectan el número de estudiantes en la Escuela: nuevas estructuras de funcionamiento, nuevos sistemas de acreditación, mercado externo, nuevas carreras, etc. Por esta razón, la proyección se ha realizado tomando en cuenta las carreras y estructuras tradicionales de la Escuela.

La población estudiantil de la Escuela Politécnica Nacional ha tenido un pequeño pero constante crecimiento, como puede notarse en la figura B.1. No se disponen de los datos del semestre Octubre 2000 - Marzo 2001, debido a que las estadísticas relativas a dicho periodo son determinadas al final del mismo. En el gráfico, pueden notarse ciertas tendencias principales:

- La pendiente de crecimiento estudiantil es pequeña. Los factores que permiten el sostenimiento de dicha tendencia, son:
 - La existencia de un cupo máximo de estudiantes que pueden ingresar al nivel prepolitécnico por disposición de las autoridades, debido a limitaciones de personal y sobre todo de infraestructura, como parte de un proceso de selección estudiantil de la Escuela.
 - La existencia de otras universidades y/o institutos a nivel general dentro del país, los mismos que ofrecen las mismas o nuevas carreras con respecto a

las ofrecidas en la E.P.N., disminuyendo el potencial mercado estudiantil hacia la misma.

- La poca o casi inexistente flexibilidad de la Escuela Politécnica Nacional para crear nuevas carreras, realizar previsiones de oferta y demanda de las mismas hacia el mercado nacional, pudiendo establecerse que el crecimiento de la población estudiantil de la Escuela sigue un mismo patrón sostenido.

El número de estudiantes registrados en los periodos de marzo-agosto es siempre menor al número de estudiantes en los periodos octubre-marzo en un mismo año, razón por la cual, para proyectar una tendencia futura, se omiten los periodos marzo-agosto, y se trabaja sólo con los periodos octubre-marzo como puntos de función conocidos para la proyección.

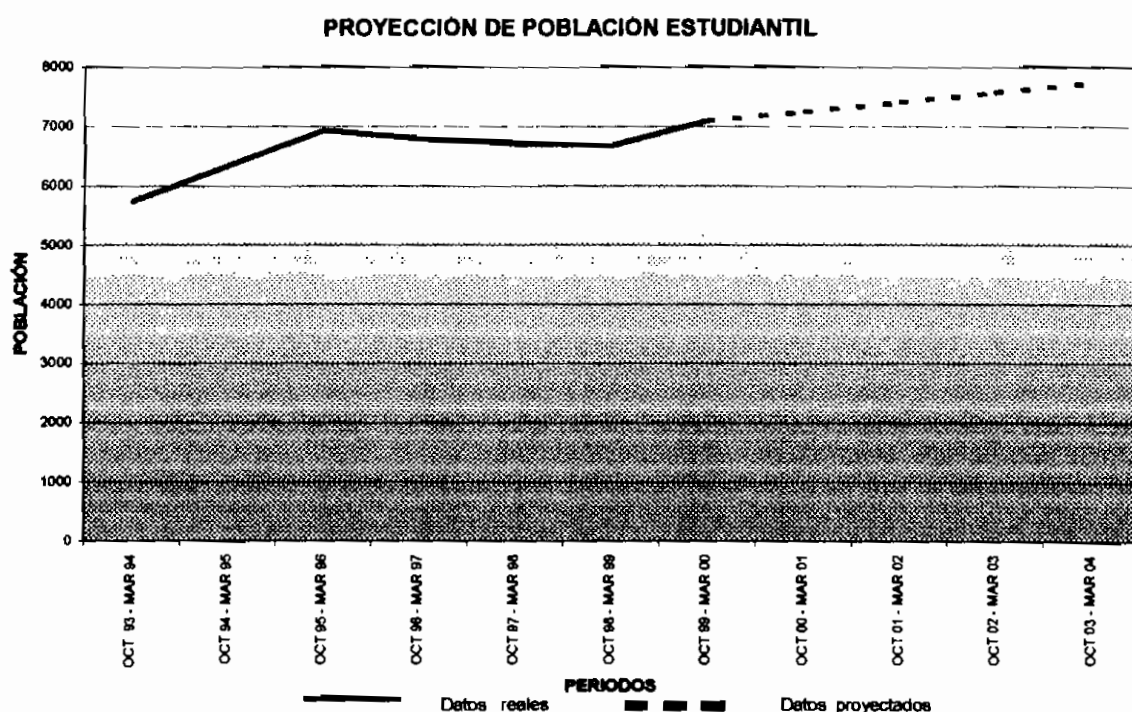


Figura B.1 Proyección de población estudiantil.

La proyección de población estudiantil se la ha realizado en base de una regresión lineal, la misma que también es conocida como *función pronóstico* dentro de los ambientes de hoja de trabajo; dicha función calcula o pronostica un valor futuro a través de los valores existentes. La predicción del valor, es un valor y , teniendo en cuenta un valor x , siendo x el periodo considerado y y el número de estudiantes de dicho periodo. Los valores conocidos son valores existentes, y el nuevo valor se pronostica utilizando la regresión lineal mencionada. Esta función, se puede utilizar para realizar previsiones de ventas, establecer requisitos de inventario o tendencias de los consumidores, ajustándose al caso presente.

PRONOSTICO (X ;conocido_ y ;conocido_ x)

La ecuación de la función PRONOSTICO utilizada es $y = a + bx$, donde:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

y:

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Donde:

X es el dato cuyo valor se desea predecir.

Conocido y es la matriz o rango de datos dependientes.

Conocido x es la matriz o rango de datos independientes.

n es la cantidad de valores disponibles (número de pares x,y).

Σ es el sumatorio desde $i=1$ hasta $i=n$.

\bar{Y} promedio de los datos dependientes.

\bar{X} promedio de los datos independientes.

B.2 RESULTADOS OBTENIDOS

Aplicando la función PRONOSTICO, se obtiene como resultado una población estudiantil estimada para el periodo octubre 2004 - marzo 2005 de 7793 estudiantes, como puede verse en la tabla B.1.

Período	Pronóstico (número de estudiantes)
OCT. 93 - MAR 94	5732
OCT 94 - MAR 95	6331
OCT 95 - MAR 96	6917
OCT 96 - MAR 97	6787
OCT 97 - MAR 98	6700
OCT 98 - MAR 99	6662
OCT 99 - MAR 00	7092
OCT 00 - MAR 01	7249
OCT 01 - MAR 02	7411
OCT 02 - MAR 03	7573
OCT 03 - MAR 04	7734

Tabla B.1 Resultados de la función pronóstico para la población estudiantil de la Escuela Politécnica Nacional.

B.2.1 RESTRICCIONES EN EL CÁLCULO DE LOS USUARIOS

Para el cálculo de los clientes de acceso remoto, se deben tomar en cuenta algunos factores que limitan el número total de usuarios. Dichos factores son los siguientes:

B.2.1.1 La densidad telefónica en la ciudad

La densidad telefónica y su crecimiento dentro de la ciudad de Quito es un factor muy importante desde el punto de vista que restringe el número de usuarios del sistema, ya que los usuarios finales tendrán acceso a los servicios que brinda la Escuela tanto a nivel de red como de ISP, vía línea telefónica (*dial-up*). La implementación de acceso por medio de conexiones ISDN sería muy limitada, en función de costos y de la relativa ventaja con respecto de la conexiones *dial-up* en cuanto a velocidades máximas de transmisión, y el tipo de aplicaciones que estas velocidades permiten soportar.

B.2.1.2 Nivel de penetración de computadoras en el mercado potencial (población estudiantil)

Otro factor limitante, es la poca o reducida accesabilidad de los estudiantes hacia una computadora casera que tenga los requerimientos adecuados tanto de *hardware* como de *software* necesarios para el uso de los servicios de red propuestos.

B.2.1.3 Costo asociado al uso de los recursos de comunicaciones

Un último factor que se podría tomar en cuenta como limitante, es la sectorización por grupos económicos y de origen, ya que un buen porcentaje de la población estudiantil es originaria de provincias, por un lado, y otro buen porcentaje pertenece a los grupos económicos de bajos ingresos, de acuerdo a los parámetros de clasificación para pago de matrículas en la Escuela Politécnica Nacional. Aunque teóricamente no debería ser limitante, en la práctica sí lo es, ya que mantener una suscripción mensual de acceso a los servicios de Internet (el mismo que debe ser siempre considerado, aunque la mayoría de aplicaciones y recursos se proveen serán basados en el campus Rubén Orellana), lamentablemente no será posible que sea cubierta por el 100% de los estudiantes, aún si éstos pueden tener acceso a servicio telefónico desde su residencia y posean una computadora, debido al nivel económico y a la situación

del país en general; y aún si, dentro de los grupos de ingreso económico superior (de acuerdo a la mencionada clasificación en grupos para pago de matrículas en la E.P.N.), existen estudiantes de provincia que pueden tener computadora personal, pero no pueden disponer de acceso a servicio telefónico personal desde su residencia.

B.2.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE USUARIOS FINALES

El número de usuarios finales, tendrá, en base de lo expuesto anteriormente, dos consideraciones: el acceso neto a Internet, desde la Escuela Politécnica Nacional o desde el domicilio del estudiante; y el acceso a los recursos de red de la Escuela.

Determinación de usuarios finales de acceso remoto

Ya sea para el acceso a Internet, como para el acceso a los recursos de red de la Escuela, el acceso vía telefónica debe ser determinado. Se consideran los siguientes casos de población para el diseño del acceso telefónico:

a) Se toma a la población estudiantil desde el grupo 4 hasta el grupo 10, dentro de la categoría de pago de matrículas, como posible usuaria del ISP por las siguientes razones:

- Existe una mayor probabilidad de acceso tanto a servicio telefónico, como la disposición de una computadora personal dentro de los estudiantes encasillados en dichos grupos.
- Mantener una suscripción mensual al Internet, sumada la tarifa telefónica de conexión, tiene un valor promedio de \$ 20 dólares mensuales¹, y en base de los niveles de pago de dichos grupos, existe una mayor probabilidad de que puedan sustentar el costo asociado de los servicios.

¹ Los costos son dados en base de las informaciones del mercado existentes en el país, y considerando servicios por horas (no ilimitado).

b) Se toma como población a los estudiantes provenientes de colegios de Quito, ya que éstos tendrán una mayor probabilidad de acceso a los requerimientos de conectividad. Dichos estudiantes representan alrededor del 68% de los estudiantes totales como puede verse en la figura B.2.

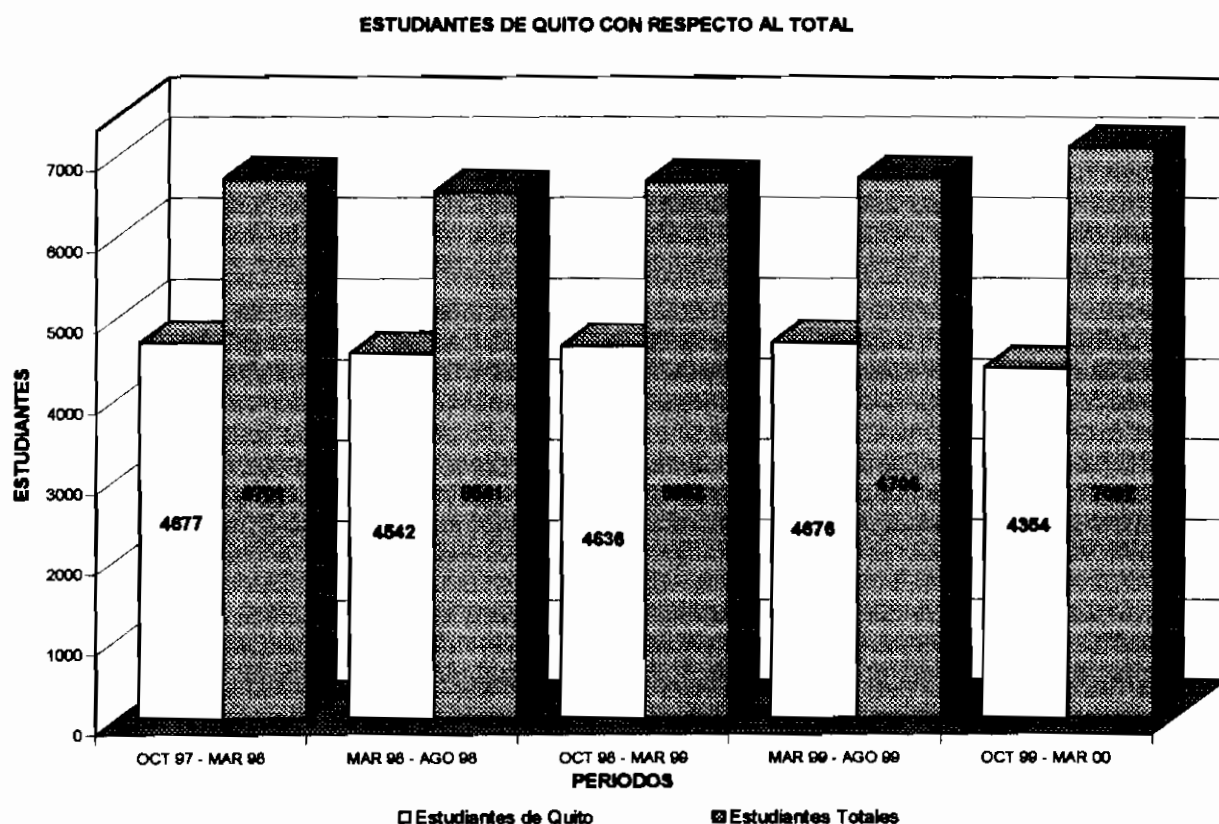


Figura B.2 Estudiantes de Quito con respecto al total de población estudiantil

En ambos casos, se debe aumentar a la población total, la población de profesores de la Escuela, debiendo ellos poseer también dicho acceso, por la participación de los mismos en los procesos educativos. De esta manera será posible el establecer la demanda actual y proyectar la demanda futura. No existen datos actualizados disponibles del número de profesores de la Escuela, si se consideran las nuevas estructuras de contratación y de carrera profesional vigentes. Se estiman alrededor de 600 usuarios adicionales que puedan ingresar

al sistema planteado, considerando tanto a profesores como a personal administrativo de la E.P.N.

B.3 DEMANDA ACTUAL

- Por factor densidad telefónica.

$$\begin{aligned} \text{Demanda actual} &= \text{Número de estudiantes actual} * \text{densidad telefónica}^2 \\ &= 7092 * 28\% \\ &= 1986 \text{ [usuarios]}. \end{aligned}$$

- Factor penetración de computadoras^[B].

	Internet			Estimación		Computadores personales, por cada 100 habitantes
	Hosts totales	Hosts por 10000 habitantes	Usuarios (miles)	Hosts por 10000 habitantes	Usuarios (miles)	Porcentaje
Ecuador	1,548	1.27	15.0	12.32	225	1.85
América	32,099,278	399.05	73,519.0	913.98	149,638	19.53

Debe tomarse especial atención en este grupo, debido a la gran cantidad de computadores tipo *clones*³ existentes en el mercado, y que no se consideran en las estadísticas asociadas al mercado formal de computadores. No obstante, los índices de penetración de computadores no son tomados en cuenta para los fines de proyección, debido a que los índices generales no son característicos de la población estudiantil de la E.P.N., dentro de la cual existirá un mayor porcentaje de computadores, y siendo un buen porcentaje de los mismos del tipo clon.

² Datos extraoficiales para el cantón Quito. Fuente: Andinatel.

³ *Clon*: En la terminología de mercado, este término se refiere a los computadores armados con componentes de distintos fabricantes comprados por separado, no poseyendo una marca propia o genérica de fabricante.

- Factor de grupos

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	TOTAL
OCT 98 - MAR 99	2003	1314	1196	619	398	228	82	25	8	9	5882

MAR 99 - AGO 99	0	1257	1864	1043	778	513	363	300	184	229	6531
Porcentaje	0.0%	19.2%	28.5%	16.0%	11.9%	7.9%	5.6%	4.6%	2.8%	3.5%	100.0%

Suma desde G4 52,21%

OCT 99 - MAR 00	0	1469	1941	1083	765	545	382	289	187	200	6861
Porcentaje	0.0%	21.4%	28.3%	15.8%	11.1%	7.9%	5.6%	4.2%	2.7%	2.9%	100.0%

Suma desde G4 50.30%

AGO 99 - SEP 99	0	240	371	214	134	101	69	45	27	42	1243
Porcentaje	0.0%	19.3%	29.8%	17.2%	10.8%	8.1%	5.6%	3.6%	2.2%	3.4%	100.0%

Suma desde G4 50.84%

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda actual} &= N.\text{estudiantes} * \text{densidad de grupo}^4 \\
 &= 7092 * 50.30\% \\
 &= 3567 \text{ [usuarios]}
 \end{aligned}$$

B.4 PROYECCIÓN DE DEMANDA FUTURA

- Factor de densidad telefónica

Con el crecimiento de 10%⁵ anual de penetración a los cuatro años se tendrá una penetración total de 41% (partiendo de la densidad telefónica actual, incrementando cada año el 10% de la densidad existente^(C)).

$$\text{Demanda futura} = N \text{ estudiantes finales} * \text{densidad telefónica futura}$$

⁴ El factor de grupo se describe como el porcentaje de la suma de estudiantes desde el grupo 4 hasta el grupo 10 con respecto al total de estudiantes de la EPN en cada período correspondiente.

⁵ Estimación proporcionada por Andinatel, dentro de las proyecciones de servicios por medio del incremento de la capacidad instalada.

$$\begin{aligned} &= 7734 * 41\% \\ &= 3170 \text{ [usuarios]} \end{aligned}$$

- **Factor de Grupo:** promedio de los factores de grupo del antecedente histórico proporcionado por el Centro de Cómputo General de la E.P.N.

$$\begin{aligned} \text{Demanda futura} &= 7734 * 51.12\% \\ &= 3954 \text{ [usuarios]} \end{aligned}$$

Como puede notarse, una mayor demanda se proyecta por el factor de grupo, y con este valor proyectaremos el número de líneas de acceso remoto, ya que la restricción por factor de grupo, en el futuro, podría no ser importante debido a que los valores tanto en tarifas como en accesos a Internet tienden a la baja. Para fines de desarrollo, tomando en cuenta los 600 usuarios adicionales, se tendrá:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de usuarios totales para la proyección} &= 3954 + 600 \\ &= 4554 \text{ [usuarios]} \\ &\cong 4500 \text{ [usuarios]}. \end{aligned}$$

REFERENCIAS

- [A] **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**, Centro de Cómputo General: Estadísticas generales. Datos estadísticos facilitados por el Centro de Cómputo General de la Escuela Politécnica Nacional, en el mes de marzo del año 2000.
- [B] **UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**: Índices de accesabilidad a Internet, año 1998, en base de un informe del Banco Mundial.
<http://www.itu.int>
- [C] **ANDINATEL S. A.**: Presentación al Foro de Proveedores. Subgerencia de Informática. Diciembre 1999.

	Página
C.1 ASPECTOS BÁSICOS DEL MULTICASTING	C2
C.1.1 TIPOS DE APLICACIONES DE MULTICASTING	C3
C.1.2 MBONE	C4
C.2 MULTIDIFUSIÓN EN IP	C5
C.2.1 PROTOCOLO DE MANEJO DE GRUPO DE INTERNET, IGMP	C9
C.3 ENRUTAMIENTO PARA MULTICAST	C10
C.3.1 PROTOCOLO DVRMP	C11
C.3.2 MULTICAST OSPF	C13
C.3.3 PROTOCOLO MULTICASTING INDEPENDIENTE, PIM	C14
C.3.4 ÁRBOL BASADO EN NÚCLEO, CBT	C15
Referencias Anexo C	C16

MULTICAST

En las primeras redes IP, un paquete podía ser enviado a un receptor (lo que se conoce como *unicast*), o a todos los receptores (*broadcast*), no siendo posible el alcanzar a un grupo parcial de receptores. La idea de *multicasting* para IP fue desarrollada en 1988, en la Universidad de Stanford, para poder efectuar transmisiones de audio y vídeo en tiempo real para los encuentros por medio de Internet de la fuerza de trabajo de ingeniería de Internet (*IETF, Internet Engineering Task Force*), de modo que los datos puedan ser transmitidos hacia una sola dirección IP *multicast*, pero puedan ser recibidos por cualquier usuario que desee ver la transmisión.

Hasta hace poco, el concepto de recuperación de la información en sistemas computacionales, ha sido basado en el uso de *request and reply* (requerimiento y réplica): esto es, la estación cliente envía su requerimiento de alguna información a un servidor, y el servidor replica con la respuesta necesaria a dicho requerimiento. Dicho modelo de comunicación, conocido como cliente-servidor, tiene las siguientes características:

- La conversación es uno a uno.
- El cliente es siempre quien inicia la conversación.
- El desempeño del sistema entero depende de cuántas conversaciones el servidor puede mantener corrientemente.
- El trabajo de la red es meramente concerniente con el transporte de los requerimientos y las réplicas, lo cual es un trabajo simple a realizar.
- Los dispositivos de red, tales como ruteadores, *hubs* o *switches*, no participan en la conversación.

- La conversación es centrada en el servidor, siendo el servidor el más importante componente de todo el sistema, y la escalabilidad de dicho sistema depende de las prestaciones del equipo.

La primera transmisión multimedia *multicast*, basada en el supuesto anterior, no fue lograda sino hasta 1992: para sincronizar los paquetes de audio y vídeo en la transmisión, se hizo uso del protocolo de transporte en tiempo real (*RTP, Real-Time Protocol*), llegando a usarse actualmente, dependiendo del entorno, el protocolo de reservación de recursos (*RSVP, Resource Reservation Protocol*).

C.1 ASPECTOS BÁSICOS DEL MULTICASTING

En el sentido más simple, *multicasting* es una técnica por medio de la cual se entrega información a los clientes, siendo la comunicación desde una fuente hacia un grupo de destino, pudiendo, a veces, darse una situación de comunicación de grupo a grupo. Las características que tiene un sistema que realiza *multicasting* son:

- La conversación es uno-a-un-grupo o de grupo-a-grupo.
- El servidor provee la información, aún si los clientes no pueden necesitarla.
- El desempeño del sistema entero depende del desempeño de la red.
- El trabajo de la red, radica en el transporte usual de requerimientos y réplicas, pero involucrando nuevas responsabilidades, como por ejemplo, el mantener un registro de cuál cliente está interesado en una cierta información, cómo entregar la información al cliente, cómo asegurar el ancho de banda adecuado, etc.
- Los dispositivos de red, tales como ruteadores, *hubs* o *switches*, deben participar en el intercambio de información.

- El trabajo es centrado en la red, siendo la totalidad de la red importante para el desempeño del sistema, y la escalabilidad del sistema es dependiente de la misma: mayores controles de ancho de banda, mayor capacidad de conmutación, y mayor inteligencia, son requeridos a distintos niveles de la red.

El mayor beneficio del uso de *multicasting* es el de conservar el ancho de banda de la red; en el modelo de comunicación de uno a uno, el ancho de banda requerido para entregar la información, es igual al actual ancho de banda requerido por la aplicación, multiplicado por el número de clientes, presentando mayores problemas de forma y de escalabilidad cuando el número de clientes se incrementa. Haciendo uso de *multicasting*, el ancho de banda requerido es solamente el ancho de banda actual requerido por la aplicación.

C.1.1 TIPOS DE APLICACIONES DE MULTICASTING

Las aplicaciones que hacen uso de *multicast*, pueden ser divididas en dos categorías:

- A) *Aplicaciones no tolerantes*.- Dichas aplicaciones tratan de que la información sea entregada en lo posible sin retrasos y sin errores. El costo de recibir datos erróneos, o malos, o no recibir datos, es tan alto que la red necesita ser diseñada para un adecuado tiempo de respuesta, y con el mejor desempeño posible. Dentro de las aplicaciones principales, radican la videoconferencia, sistemas de comercio electrónico y redes militares.
- B) *Aplicaciones tolerantes*.- Las aplicaciones tolerantes, por otro lado, son programadas mayormente a operar en los intervalos de tiempo en los que la red es menos cargada. Ejemplos de estas aplicaciones son las replicaciones de bases de datos, la distribución de *software*, y las bases de vídeo para educación en tiempo no real.

C.1.2 MBONE

La popularidad del uso de *multicast* no se dá sino hasta la formación del *Backbone de Multicast en Internet (MBONE, Multicast Backbone on the Internet)*. El concepto relativo a la habilidad de direccionar un grupo de estaciones al nivel de la subcapa MAC, es usualmente conocido como *multicast a nivel de capa de enlace*.

El MBONE es una red virtual mundial definida sobre Internet para soportar mayormente tráfico de audio y vídeo. Dicha red usa un cierto número de redes enlazadas por medio de túneles¹ que pueden soportar *multicast* IP. Si la estación terminal es un ruteador, éste podrá correr un protocolo de enrutamiento *multicast*, y si es un *host*, éste correrá los servicios asociados a la multidifusión.

Los túneles en MBONE son usados como una solución temporal, debido a que no todos los ruteadores en Internet pueden soportar el *multicast* IP, y este posee un problema de escalabilidad, debido a que mayores túneles deben ser establecidos conforme la red se expande. Una mayor cantidad de túneles, implica que mayor cantidad de tráfico de la misma clase es transportado, lo cual es el motivo por el cual *multicast* IP se implementó.

Debido a que corre sobre Internet, MBONE provee un ancho de banda limitado, llegando a sugerirse una velocidad de transmisión máxima para consumo de vídeo de 128 [Kbps]. Los ruteadores para MBONE son configurados de modo tal que si existe un problema de congestión debido a exceso de tráfico, comenzarán a descartar paquetes para aligerar la carga de la red. La figura C.1 muestra un esquema de cómo funciona MBONE: las islas de MBONE son enlazadas por medio de un túnel, el cual lleva la información para *multicast* por medio de sistemas que utilizan ruteo *unicast*.

¹ El uso de túneles en este aspecto, es para permitir un enlace punto a punto a lo largo de Internet, entre dos estaciones terminales, y de modo que el enlace encapsula el tráfico de multidifusión en forma de paquetes *unicast* para poder realizar el propósito de multidifusión.

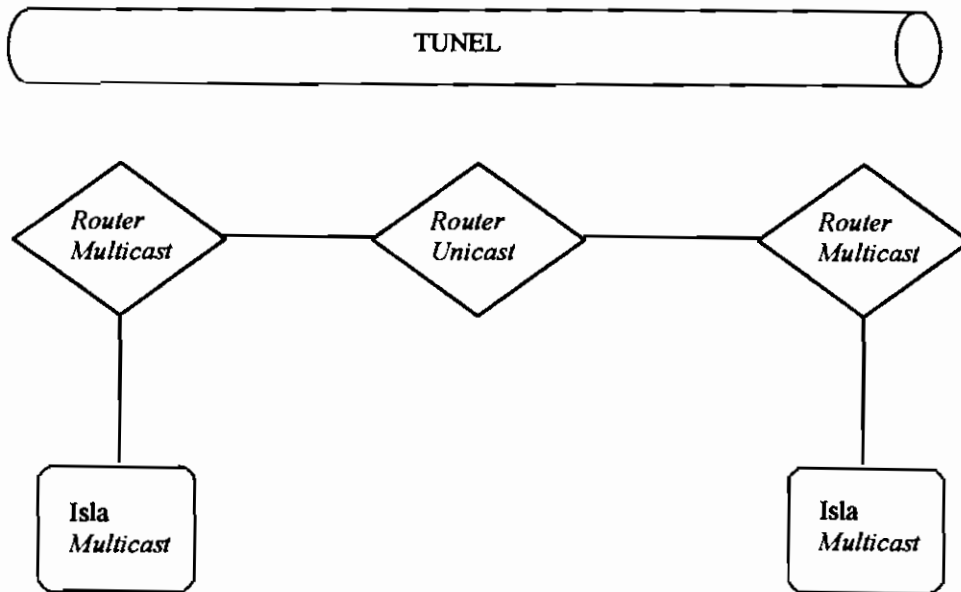


Figura C.1 Esquema del funcionamiento de MBONE.

C.2 MULTIDIFUSIÓN EN IP^[A]

Multicast en Internet usa las direcciones IP de clase D, lo cual significa que están en el rango de direcciones de 224.0.0.0 hasta 239.255.255.255, existiendo para cada dirección de *multicast* un grupo de cero o más *hosts* que reciben la información, siendo conocido cada grupo como un *host group*. Un *host* que envía información a un grupo, no debe ser miembro de dicho grupo.

Existen tres clases de *host groups*:

- **Permanentes.**- En los cuales la dirección IP es permanente asignada por la IANA². La membresía de un grupo *host* no es permanente; un *host* puede entrar y salir de un grupo a criterio diverso. La lista de grupos *host* está incluida en el RFC 1700 "*STD-2 Assigned Internet Numbers*", en un rango de

² IANA: Internet Assigned Numbers Authority, la autoridad dentro de Internet encargada de la asignación y control de la asignación de números de direcciones.

direcciones desde 224.0.0.0 hasta 224.0.0.255, dentro de los cuales destacan los siguientes:

- 224.0.0.0 : Dirección base reservada.
 - 224.0.0.1 : Todos los sistemas en esta subred.
 - 224.0.0.2 : Todos los ruteadores en esta subred.
 - 224.0.0.4 : Ruteadores DVMRP.
 - 224.0.0.5 : Todos los ruteadores OSPF.
 - 224.0.0.6 : Los ruteadores OSPF designados.
 - 224.0.0.7 : Ruteadores ST.
 - 224.0.0.8 : *Hosts* ST.
 - 224.0.0.9 : Todos los ruteadores RIP2.
 - 224.0.0.10: Ruteadores IGRP.
 - 224.0.0.11 Agentes móviles.
-
- **Direcciones transitorias.-** Dichas direcciones se encuentran en el rango de 224.0.1.0 hasta 238.255.255.255. Un grupo permanente existe, si en el mismo no existen miembros transitorios. Cualquier grupo que no es permanente, es transitorio y es disponible para asignación cuando ésta sea necesaria en Internet; los grupos transitorios cesan de existir cuando el número de sus miembros cae a cero.

 - **Direcciones transitorias administradas.-** Son reservadas para uso dentro de intranets privadas, y sus direcciones se encuentran en un rango desde 239.0.0.0 hasta 239.255.255.255.

El uso de *multicast* en una única red física que soporta el uso del mismo, es simple. Para ingresar a un grupo, un proceso ejecutándose en un *host*, debe informar de algún modo a sus manejadores de dispositivos de red, que desea ser miembro de un grupo específico. El *software* manejador del dispositivo, debe por sí mismo mapear la dirección IP *multicast* a una dirección física *multicast*, y habilitar la recepción de los paquetes para tal dirección. El manejador del dispositivo debe también estar seguro que el proceso de recepción no acepte

paquetes espúreos o con errores, al chequear la dirección de destino en la cabecera IP antes de pasar ésta a la capa de interred. *Multicast* no es limitado a una única red física, pero existen dos aspectos a considerar para aplicar esta opción a lo largo de redes físicas:

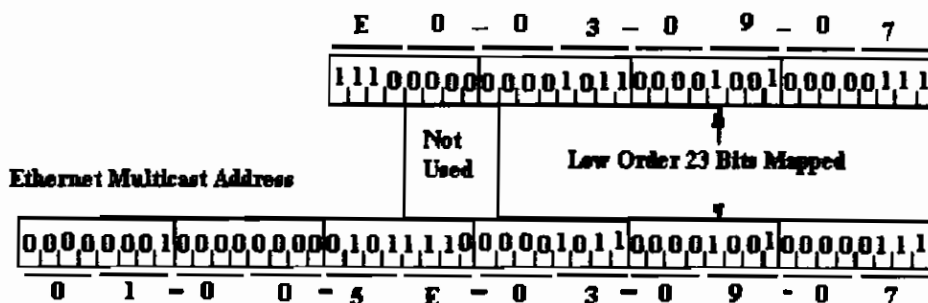
- Un mecanismo para decidir cuán disperso está el grupo de *multicast* (recordando que, a diferencia de las direcciones *unicast* y *broadcast*, las direcciones de *multicast* pueden involucrar a computadores dispersos en la Internet entera).
- Un mecanismo para decidir el modo en el que un datagrama *multicast* necesita ser enviado a una red en particular.

El primer problema es fácilmente resuelto por medio del valor del tiempo de vida (*TTL, Time To Live*) del datagrama *multicast*, el cual es decrementado con cada salto a una nueva red, no pudiendo ir más allá del salto al cual su valor final es cero. El mecanismo por medio del cual se decide cómo un ruteador puede enviar un datagrama *multicast*, es llamado el Protocolo de Administración de Grupos de Internet o Protocolo *Multicast* de Grupo de Internet (*IGMP, Internet Group Management Protocol*, o *Internet Group Multicast Protocol*), el cual está definido en el RFC 1112 "*Host Extensions for IP Multicasting*".

Para el caso de *Ethernet*, este tipo de redes soporta *multicasting* si el byte de más alto orden de la dirección de 48 bytes es X'01', y la IANA posee un bloque de direcciones *Ethernet*, el cual consiste de direcciones entre X'01005E000000'y X'01005EFFFFFF'. La primera mitad de este rango ha sido asignada para direcciones *multicast* por la IANA, tal que en una red LAN *Ethernet* existe un rango de direcciones físicas entre X'01005E000000'y X'01005E7FFFFFF', la cual es usada para *multicasting* en IP, teniendo este rango 23 bits usables. La dirección IP de *multicast* (32 bits) es mapeada hacia dichas direcciones *Ethernet* al localizar los 23 bits de más bajo orden de la dirección de clase D en los 23 bits de más bajo orden del bloque de direcciones reservado por la IANA. La figura C.2

muestra un ejemplo de dicho mapeo, de una dirección de grupo *multicast* hacia una dirección *multicast Ethernet*.

Class D Address: 224. 11. 9. 7



Mapping of Class D IP Addresses to IEEE - 802.3 Ethernet Addresses

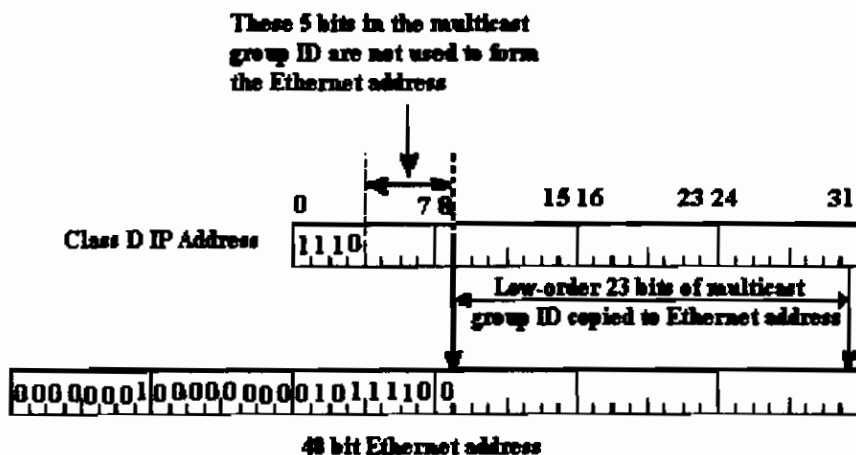


Figura C.2 Mapeo de direcciones IP *multicast* en redes *Ethernet*.

Dado que los 4 primeros bits del byte superior y el bit superior del penúltimo byte de la dirección del grupo *multicast* son ignorados, este tipo de mapeo localiza 32 diferentes grupos *multicast* (2 elevado a la quinta potencia), en una misma dirección *Ethernet*. Debido a que no es éste un mapeo único, se requiere filtración por parte del dispositivo, pero existen otras dos razones adicionales para proceder con la filtración:

- Algunos adaptadores de red son limitados a un número finito de direcciones *multicast* concurrentes, y si esto es excedido, los adaptadores deben recibir todos los *multicast* que se realicen.
- Otros adaptadores de LAN tienden a filtrar acorde a un valor almacenado en una tabla de sub-valores (*hash values*), antes que basados en una dirección entera, lo que significa que existe la posibilidad de que dos direcciones *multicast* con el mismo *hash value* pueden estar en uso al mismo tiempo, llevando al filtro a un posible estado de “fuga” de información.

C.2.1 PROTOCOLO DE MANEJO DE GRUPO DE INTERNET (IGMP, *Internet Group Management Protocol*)

Cuando un *host* desea ingresar a un grupo de multidifusión, éste señala su intención al ruteador que se encuentra en la misma subred, usando el protocolo IGMP. La versión actual del protocolo es IGMPv3, pero en caso de que se desee implementar *IP multicasting*, los ruteadores y los *hosts* deben soportar preferiblemente la versión IGMPv2^[A], por ser ésta la versión más usada en la actualidad.

IGMP especifica básicamente conversaciones entre el ruteador y los *hosts* que son directamente enlazados a la red. El ruteador envía el mensaje *Host Membership Query* de manera periódica para solicitar información, a la vez que los *hosts* replican con los mensajes *Host Membership Report*. Existen unas pocas actividades en la red, que requieren el uso del protocolo en mención:

- Unir a un grupo.- Para unir un grupo, el *host* envía el mensaje *Host Membership Report* a la red. El *router* que se encuentra en la misma subred recibe el mensaje y activa una bandera para indicar que al menos un *host* en la subred es miembro de un grupo *multicast* particular. Por defecto, todos los *hosts* en la subred son miembros del grupo 224.0.0.1 (que direcciona a todos los *hosts* del grupo).

- **Mantenimiento de un grupo.**- Los ruteadores *multicast* envían el mensaje *Host Membership Query* de manera periódica a la dirección de multicast 224.0.0.1, para chequear si existen miembros activos de los grupos que el ruteador mantiene. Todos los *hosts* en la misma subred pueden recibir las réplicas de otros *hosts* a los requerimientos del ruteador; entonces, no todos los *hosts* en un grupo común replicarán, llamándose a esta acción *supresión de reporte*. El propósito de la supresión de reporte es ahorrar ancho de banda de la red, debido a que no conoce cuántos miembros se encuentran en un grupo. Si el ruteador no recibe una réplica de un grupo en particular, asume que no hay más miembros para dicho grupo y detiene el envío de tráfico para aquel grupo.

- **Salida de un grupo.**- En IGMPv2, se dan algunas herramientas de trabajo con los grupos:
 - Se usan los mensajes *Leave Group*, para reducir el tiempo de latencia entre la salida del último receptor y el tiempo que pasa hasta que el ruteador detiene la entrega de tráfico *multicast*, de modo que se evite la sobrecarga en el ruteador y se desperdicie ancho de banda.

 - En una subred con algunos ruteadores *multicast*, el ruteador con la dirección IP más baja será automáticamente elegido como el *multicast querrier*.

 - El mensaje *Group-Specific Query* habilita al ruteador el transmitir un mensaje de requerimiento a un grupo específico, en lugar de enviarlo a todos los grupos.

C.3 ENRUTAMIENTO PARA MULTICAST

El enrutamiento *multicast*, en IP, es el proceso donde todos los ruteadores en una red intercambian información durante la transferencia de tráfico *multicast*, de modo afín al intercambio de información de enrutamiento para *unicast*, pero usando protocolos de enrutamiento para *multicast*.

Una de las características importantes de *multicast* IP es el mantenimiento de los árboles de distribución en los ruteadores; un ruteador hace uso de los árboles de distribución de modo que mantenga un registro del flujo del tráfico, gastando considerables recursos de procesamiento en lo referente a mantener la estructura de los datos. Los diferentes protocolos de enrutamiento *multicast* tienen sus propios medios para mantener la distribución de árboles, haciendo diferente el modo de implementación de cada uno. Los protocolos de enrutamiento *multicast* pueden ser agrupados en dos categorías:

- a) **Modo denso.**- El modo denso asume una alta concentración de *hosts* que participan en el *multicast*, y el tráfico es dado a la red para encontrar rutas *multicast*. Dentro de este tipo de protocolos, se encuentran el Protocolo de Enrutamiento Multicast de Vector Distancia (*DVMRP, Distance Vector Multicast Routing Protocol*), el Protocolo de primer camino más corto abierto multicast (*MOSPF, Multicast Open Short Path First*), y el protocolo de multicast independiente-modo denso (*PIM-DM, Protocol Independent Multicasting-Dense Mode*).
- b) **Modo disperso.**- El modo disperso asume que todos los *hosts* son distribuidos de manera leve sobre la red. No se hace uso de un mecanismo de flujo, resultando en un consumo de ancho de banda no tan alto como en el modo anterior. Como ejemplos de protocolos de modo disperso, se citan al protocolo independiente *multicast*-modo disperso (*PIM-SM Protocol Independent Multicasting-Sparse Mode*), y el protocolo de árbol basado en el núcleo (*CBT, Core-Based Tree*).

C.3.1 PROTOCOLO DVMRP

El protocolo DVMRP fue el primer protocolo de enrutamiento para *multicast* en ser desarrollado, y es ampliamente usado como soporte para MBONE, siendo basado en el protocolo de enrutamiento RIP, efectuando decisiones de enrutamiento de modo similar a dicho protocolo. DVMRP hace uso de un mecanismo llamado *multicasting de camino reverso* (*RPM, Reverse Path Multicasting*), en el cual los

datagramas siguen árboles de entrega de *multicast* desde una fuente a todos los miembros del grupo *multicast*, replicando el paquete solamente a las ramas que son necesarias en el árbol de entrega.

Los árboles son calculados y actualizados de manera dinámica para poder registrar los miembros de los grupos individuales. Cuando un datagrama arriba a una interfaz, el camino reverso hacia la fuente es determinado al examinar la tabla de enrutamiento del protocolo, la cual contiene información de las redes fuente conocidas. Si el datagrama arriba a una interfaz que puede ser usada para transmitir datagramas de regreso a la fuente, entonces éste es enviado a la lista apropiada de interfaces corriente abajo. En caso contrario, el datagrama no se encuentra en el árbol óptimo de entrega y debe ser descartado.

El envío de camino reverso chequea para determinar cuándo el tráfico de *multicast* debe ser enviado a interfaces corriente abajo. De este modo, los caminos más cortos de los árboles formados por enrutamiento en la raíz, pueden ser establecidos, de modo que alcancen a todos los miembros del grupo de cada red fuente de tráfico *multicast*. Para asegurar que todos los ruteadores DVMRP tengan una imagen consistente del camino de regreso a la fuente, una tabla de enrutamiento es entregada a todos los ruteadores DVMRP como una parte integral del protocolo.

DVMRP es ampliamente usado en Internet y como parte de MBONE, y la mayoría de ruteadores de todos los vendedores lo soportan; dichos DVMRP soportan *tunneling*, de modo que puede ser implementado a lo largo una red con ruteadores que no soportan *multicast*. Un problema asociado con el protocolo es la escalabilidad. Siendo un protocolo de modo denso, éste usa un mecanismo de flujo y es ineficiente para una red grande. Dado que una parte de su funcionamiento está basada en RIP, se tienen a la vez los mismos problemas asociados con dicho protocolo: limitación de conteo por saltos, y selección no-optimizada de caminos. Se espera que DVMRP pueda ser implementado por algún tiempo, y en la mayoría de los casos puede ser el único modo de

conectarse a este tipo de servicios por parte de un ISP, no siendo muy recomendado para aplicaciones de *multicast* dentro de ambientes de intranet.

C.3.2 MULTICAST OSPF (MOSPF)

El protocolo MOSPF es la extensión para *multicast* que es construída sobre la versión 2 del protocolo OSPF (*Open-Short Path First*), y definido en el RFC 1584, pero no siendo actualmente un protocolo de enrutamiento *multicast*, como sucede DVMRP: el protocolo hace uso de la base de datos de la topología de OSPF para calcular un árbol de entrega de caminos más cortos, con enrutamiento de fuente. MOSPF hace uso de un mecanismo de flujo para proveer membresías de grupo por medio de anuncios de estado de enlace (*LSA, Link-State Advertisements*). El camino de un datagrama *multicast* puede ser calculado al construir un árbol de camino más corto, con raíz en la fuente de datagramas. Todas las ramas que no contienen miembros de *multicast*, son eliminadas del árbol. El ruteador designado en la red, se comunica con el resto de los ruteadores por el mecanismo de flujo antes mencionado; siendo un factor a tomarse en cuenta en redes grandes y con muchos ruteadores.

La implementación del protocolo MOSPF es simple para una red que ya está corriendo OSPF, no requiriendo demasiada configuración. Las limitaciones con el protocolo ocurren cuando la membresía de un grupo es dinámica: los cambios rápidos ocasionan un nuevo cálculo, y los ruteadores pueden crear conflictos con todas esas actividades intensivas de fuente. Otra limitación de MOSPF es la de trabajar solamente con OSPF y no con otro protocolo de enrutamiento. Dado que la mayoría de redes grandes corren OSPF, es conveniente el correr DVMRP con el ISP, y entonces correr MOSPF dentro de una intranet, que es la forma de trabajo más usual en redes grandes.

C.3.3 PROTOCOLO MULTICASTING INDEPENDIENTE (*PIM, Protocol Independent Multicasting*)

El protocolo PIM es independiente de cualquier protocolo de enrutamiento *unicast* subyacente, y ha sido desarrollado en dos partes, de modo que pueda trabajar en entornos diferentes: PIM- modo denso (*PIM-DM, PIM Dense Mode*), y PIM- modo disperso (*PIM-SM, PIM Sparse Mode*).

- PIM-DM es cercanamente parecido a DVMRP, y es factible de usar en un entorno en el cual los miembros de un grupo se juntan en una red común. PIM modo denso asume que cuando una fuente inicia el envío, todos los sistemas corriente abajo esperan recibir datagramas *multicast*. Al inicio, los datagramas *multicast* son enviados a todas las áreas de la red. Si algunas áreas de la red no tienen miembros de los grupos, PIM-DM elimina las ramas, por medio de setear un estado de descarte (*prune state*). Dicho estado tiene asociado un tiempo, el cual, cuando expira, elimina la activación, permitiendo de este modo que el tráfico que fluía antes de que se elimine la rama, fluya nuevamente. El estado de eliminación contiene información de las direcciones de fuente y de grupo. Cuando un nuevo miembro aparece en un área eliminada, un ruteador puede insertar por medio de la fuente del grupo, la activación de la rama eliminada, hacia un estado de envío de información. PIM-DM es fácil de configurar e implementar, y su mecanismo de flujo simple y eliminación de ramas lo hace un protocolo muy confiable; un aspecto negativo es que no soporta *tunneling*, y requiere que todos los ruteadores en la red soporten el protocolo, para poder proveer *multicast* a la red.

PIM-SM tiene un concepto diferente: se fundamenta en un desarrollo denominado *árbol basado en el núcleo, CBT*, y es factible de uso en un entorno en el cual los miembros están ampliamente distribuidos en la red. PIM-SM trabaja teniendo un ruteador designado como un punto común donde quien realiza envíos hacia un grupo, encuentra a los receptores. Este punto común es llamado punto de juntura (*RP, Rendezvous Point*). El RP es el centro de PIM-SM, debido a que todo el tráfico de quien envía la información y

el de los receptores, pasa por él. PIM-SM trabaja en la base de que el tráfico *multicast* será bloqueado, a menos de que sea específicamente requerido; el punto RP recibe mensajes explícitos de juntura de otros ruteadores que tienen miembros del grupo. El tráfico será enviado solamente a aquellas interfaces que han recibido los requerimientos. Cuando existe más de un ruteador localizado en una subred, el que tenga la dirección IP más alta es seleccionado como el *ruteador designado*, el cual será responsable por el envío de mensajes de juntura y de eliminación de ramas. El árbol mantenido por un RP no puede ser optimizado. Puede existir una situación adicional, donde la fuente y los receptores están cerrados a la comunicación entre sí, pero pueden tener conexión por medio del RP, el cual puede ser distante de ellos: una situación como ésta requerirá el protocolo PIM-SM para cambiar de un árbol compartido a un árbol de camino más corto basado en fuente.

C.3.4 ARBOL BASADO EN NÚCLEO, CBT

El árbol basado en núcleo, es un nuevo protocolo de enrutamiento desarrollado para enrutamiento *multicast*, siendo similar a PIM-SM, al existir también un punto de distribución común, denominado, en este caso, núcleo (*core*). Los mensajes de ingreso y de salida son enviados al núcleo, y todo el tráfico debe pasar por medio de él. No obstante, es quizá el protocolo de menor implementación en los ruteadores.

Los ruteadores CBT que tienen miembros locales envían requerimientos de ingreso explícitos hacia el ruteador núcleo. Cada grupo crea un árbol diferente y todos los miembros usan el mismo árbol para recibir el tráfico *multicast*. El protocolo CBT solamente envía tráfico basado en requerimientos explícitos, a diferencia de PIM-DM, el cual usa un mecanismo de flujo seguido de una operación de eliminación. En CBT, todos los requerimientos de ingreso deben recibir un acuse de recibo por parte del ruteador núcleo, antes de que cualquier operación sea hecha en el árbol.

	Página
D.1 CARACTERÍSTICAS DE IPv6	D1
D.2 ESTRUCTURA DE IPv6	D2
D.3 TIPO DE DIRECCIONES IPv6	D7
Referencias Anexo D	D8

IPv6

Ante el inminente agotamiento de las direcciones IP (IPv4) por su mala distribución, su falta de seguridad ya que no es posible opciones de autenticidad de emisor y su falta de soporte para nuevas aplicaciones, como son audio y vídeo en tiempo real, la Fuerza de Trabajo de Ingeniería del Internet (*IETF, Internet Engineering Task Force*) comenzó a trabajar desde 1990 para una nueva versión de IP, es así como el nuevo protocolo IPv6 surge como un reemplazo de IPv4, manteniendo las buenas características de anterior IP y agregando nuevas características que eran necesarias tales como:

D. 1 CARACTERÍSTICAS DE IPV6

- IPv6 posee direcciones mucho más largas, éstas son de 16 bytes (128 bits), por lo cual se prevén direcciones suficientes para los siguientes 30 años.
- IPv6 simplifica el número de campos de la cabecera, de 13 campos que posee IPv4, IPv6 posee solo 7 campos, junto con un direccionamiento único y jerárquico basado en prefijos y no en clases, permitiendo a los enrutadores reducir sus tablas y procesar de forma más rápida los paquetes aumentando así la eficiencia y el rendimiento.
- IPv6 da mecanismos de autoconfiguración para las interfaces de red, y además puede proveer asignación dinámica de direcciones.
- IPv6 permite incluir cabeceras opcionales que incluyen información adicional, tal como características de control, fragmentación, autenticación, ruteo, etc., de esta manera ayudando a los enrutadores en su trabajo, si un enrutador no puede entender esta opción ó simplemente no va dirigido a él simplemente lo ignora.

- IPv6 permite distintas clases de servicio para distintos tipos de datos, de esta manera se puede reservar y configurar recursos de red para aplicaciones en tiempo real que necesitan un ancho de banda garantizado y un retardo mínimo.
- IPv6 da métodos de compatibilidad y coexistencia de comunicación con IPv4.
- IPv6 soporta en una cabecera adicional opciones de seguridad y privacidad, como es autenticación de emisor de datagramas.

D.2 ESTRUCTURA DE IPv6

Una unidad de datos del protocolo IPv6 conocido como paquete tiene la siguiente forma, como se muestra en la figura D.1:

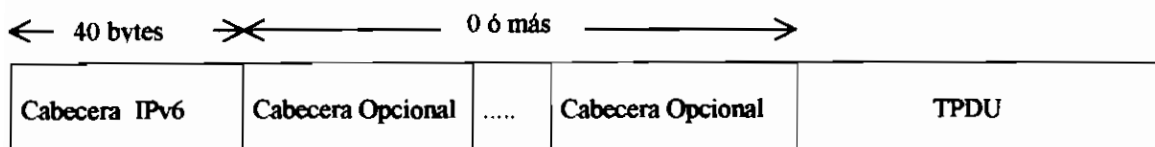


Figura D.1 Paquete IPv6

ESTRUCTURA DE LA CABECERA IPv6.

La estructura de la cabecera fija de IPv6 es la mostrada en la figura D.2:

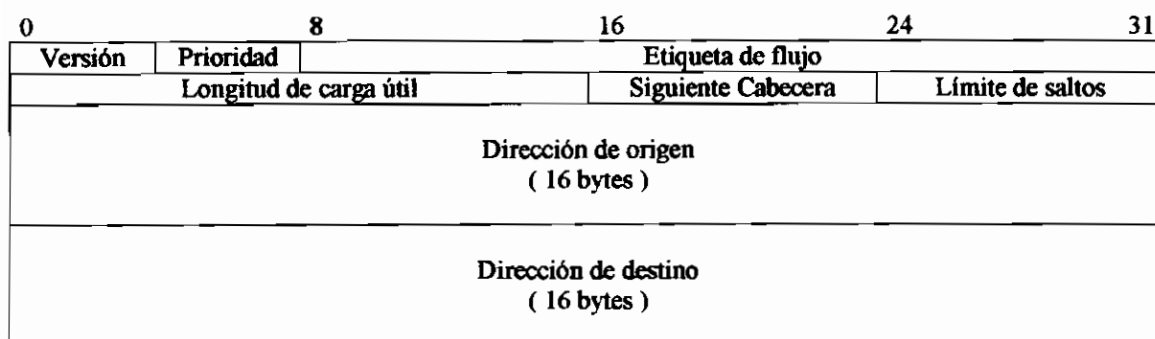


Figura D.2 Cabecera Fija IPv6.

- Versión (4 bits). Número de versión del protocolo Internet; este valor es seis.

- **Prioridad (4 bits).** Permite especificar e identificar a la fuente el tipo de datos de cada paquete que van a ser transmitidos desde la misma fuente. Estos valores de prioridad están divididos en dos rangos:
 - De 0 a 7 es un tipo de tráfico en el cual se puede hacer control de congestión.
 - De 8 a 15 es aquel tipo de tráfico en el cual no se puede hacer control de congestión, tráfico que necesita una velocidad constante de datos y una sensibilidad al tiempo de retardo.

De esta manera se tienen los valores mostrados en la tabla D.1:

0	Tráfico no caracterizado.	8	Datagramas a ser descartados más fácilmente. (vídeo de alta fidelidad) .
1	Trafico de relleno. (<i>Netnews</i>).	9	No especificado.
2	Transferencia de datos desatendidos (<i>e-mail</i>).	10	No especificado.
3	Reservado.	11	No especificado.
4	Trasferencia volumétrica de datos atendidos (<i>FTP, HTTP</i>).	12	No especificado.
5	Reservado.	13	No especificado.
6	Tráfico interactivo (<i>Telnet</i>).	14	No especificado.
7	Control de tráfico en Internet (protocolos de ruteo, <i>SNMP</i>).	15	Datagramas que no pueden ser descartados o con mínima prioridad de descarte (audio de baja fidelidad).

Tabla D.1 Valores posibles en el campo de prioridad en la cabecera IPv6.

- **Etiqueta de flujo (24 bits).** Permite a un origen y destino establecer un enlace con ciertas prioridades y requisitos particulares. Desde el punto de vista de un enrutador un campo de etiqueta de flujo diferente de cero le indica un manejo especial a ese flujo (secuencia de paquetes), de esta manera el enrutador podría direccionar el paquete sin necesidad de examinar el resto de la cabecera de éste.

- Longitud de carga útil (16 bits). Indica la longitud total (cabeceras opcionales más las unidades TPDU) en bytes que siguen a la cabecera fija de 40 bytes.
- Siguiete cabecera (8 bits). Indica el tipo de cabecera que sigue inmediatamente a la cabecera básica de IPv6, o también puede especificar el protocolo utilizado en la capa superior. Esta información es útil, y algunos de sus valores son:

58 Paquete ICMP IPv6

0 Opciones Salto a Salto

43 IPv6 cabecera de ruteo.

44 IPv6 cabecera de fragmentación.

50 Seguridad de datos encriptados.

51 autenticación de Cabecera IPv6.

59 No existe la siguiete cabecera.

60 Cabecera de opciones de destino.

El paquete IPv6 con cabeceras opcionales puede verse en la figura D.3:

- Limite de saltos (8 bits). Es un número puesto en la fuente y que decrementa su valor en uno por cada nodo que cruza un paquete, es así que cuando llega a cero el paquete es descartado.
- Dirección de origen (128 bits). Contiene la dirección IP del originador del paquete.
- Dirección de destino (128 bits). Contiene la dirección IP de destino del paquete.
- Reservación (8 bits). Inicializado en cero para transmisión e ignorado en recepción.

- *Offset* del fragmento (13 bits). Campo usado para reconstruir el paquete original en el destino con la misma secuencia con la que fue fragmentado.
- M (1 bit). Si esta activado indica que éste no es el último fragmento.

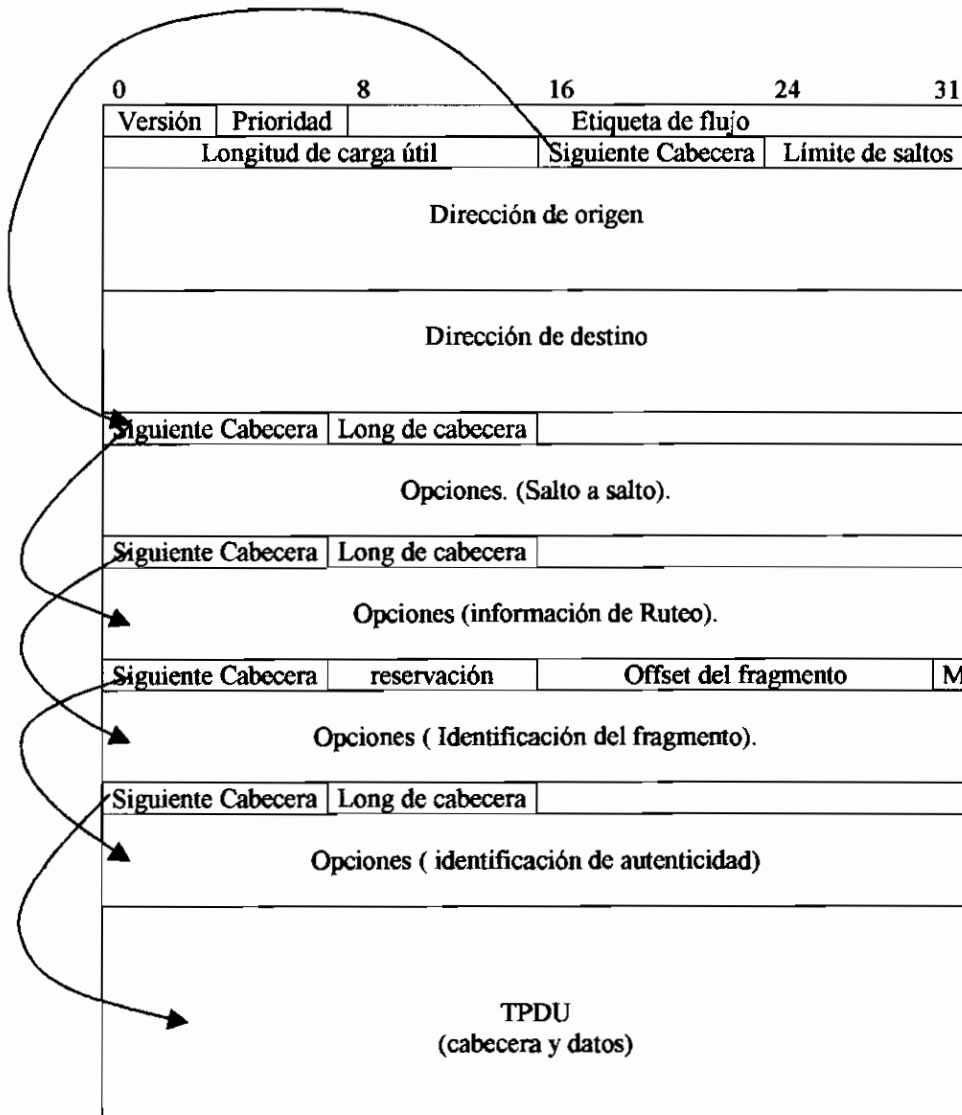


Figura D.3 Cabecera IPv6 con cabeceras adicionales.

La notación de las direcciones IPv6 consiste en ocho grupos de cuatro dígitos hexadecimales, separados entre si por el símbolo de dos puntos(:). Por ejemplo:

6660:5630:0000:0000:0021:ABCD:AB00:CAD0

Esta notación puede ser simplificada y optimizadas de la siguiente forma:

- Los ceros a la izquierda dentro de un grupo pueden omitirse.
- Se pueden reemplazar uno o más grupos de 16 ceros por un par de signos de dos puntos (::), pero este reemplazo es por una sola ocasión.

De esta manera nuestra dirección IP será:

6660:5630::21:ABCD:AB00:CAD0

- Mientras dure la transición de IPv4 a IPv6 (se ha estimado una década^[B]) las direcciones de IPv4 serán escritas como un par de signos de dos puntos al inicio y la notación normal de IPv4. De esta manera:

::155.111.123.123

Las direcciones IPv6 son organizadas usando prefijos, de esta manera IPv6 define los siguientes prefijos, como se muestra en la tabla D.2.

Asignación.	Prefijo.
Reservado (incluye IPv4)	0000 0000
No asignado	0000 0001
Reservado para OSI NAP	0000 001
Rsv. para direcciones de redes <i>Novell</i> IPX	0000 010
No asignado	0000 011
No asignado	0000 1
No asignado	0001
No asignado	001
Direcciones <i>unicast</i> de proveedor	010
No asignado	011
Direcciones <i>unicast</i> basadas en geografía	100
No asignado	101
No asignado	110
No asignado	1110
No asignado	1111 0
No asignado	1111 10
No asignado	1111 110
No asignado	1111 1110 0
Direcciones de enlace de uso local	1111 1111 10
Direcciones de uso de sitio local	1111 1111 11
Direcciones <i>multicast</i>	1111 1111

Tabla D.2 Prefijos para las direcciones del protocolo IPv6^[C]

D.3 TIPO DE DIRECCIONES IPv6

IPv6 define 3 tipos de direcciones que son:

- Dirección *Unicast*.

Una dirección *unicast* es un tipo de identificador para una sola interfaz de red. Los paquetes serán entregados solamente a esa interfaz.

- Direcciones *multicast*.

Una dirección *multicast* es un identificador a un grupo de interfaces o a un conjunto de *host*, de esta manera los paquetes enviados podrán ser recibidos por todas las interfaces correspondientes a esas direcciones. En IPv6 no existe *broadcast*, esta función se la debe realizar utilizando direcciones *multicast*.

- Direcciones *anycast*.

Una dirección *anycast* es un tipo especial de dirección, asignada a una interfaz en múltiples *host*. Las direcciones *anycast* usan el mismo formato que las direcciones *unicast* y no puede ser distinguida. Sin embargo, un nodo que tenga asignado una dirección *anycast* debe ser configurado especialmente para poder servir a este efecto. Su idea principal es poseer algunos *hosts* orígenes y un solo *host* destino.

Una dirección *anycast* no debe ser usada como una dirección origen de un paquete. Una dirección *anycast* solo puede ser asignada a un enrutador.

REFERENCIAS

- [A] **IBM Redbooks:** "TCP/IP Tutorial and Technical Overview", IBM, 1998
<http://www.redbooks.ibm.com>
- [B] **Tanenbaum, Andrew :** "Redes de computadoras". Tercera Edición.
Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. México 1997.
- [C] **Stallings, William:** "Data and computer communications". Quinta Edición.
Editorial Prentice Hall Inc. E.U.A. 1997.

ANEXO E

Calidad de Servicio, QoS

	Página
E.1 NIVELES DE SERVICIO TERMINAL-A-TERMINAL	E1
E.1.1 SERVICIO DEL MEJOR ESFUERZO	E1
E.1.2 SERVICIO DIFERENCIADO	E2
E.1.3 SERVICIO GARANTIZADO	E2
E.2 CALIDAD DE SERVICIO EN INTERNET	E2
E.2.1 SERVICIOS INTEGRADOS	E3
E.2.1.1 Servicio garantizado	E3
E.2.1.2 Servicio predictivo o de carga controlada	E4
E.2.2 CLASES DE SERVICIO	E7
E.2.2.1 Servicio de carga controlada	E8
E.2.2.2 Servicio Garantizado	E9
E.2.3 EL PROTOCOLO DE RESERVACION	E10
E.2.4 SERVICIOS DIFERENCIADOS	E12
E.3 CONTROL DE CONGESTION	E14
E.3.1 PRIMERO EN ENTRAR-PRIMERO EN SALIR	E15
E.3.2 COLA DE PRIORIDAD	E16
E.3.3 COLA DE PESO RAZONABLE	E16
E.4 CALIDAD DE SERVICIO EN REDES <i>ETHERNET</i>	E17
E.4.1 IEEE 802.1p	E18
E.4.2 IEEE 802.1q	E19
E.4.3 TRAMAS JUMBO	E19
Referencias Anexo E	E20

CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

Se entiende por *calidad de servicio (QoS, Quality of Service)*, a la capacidad de una red, o de un elemento dado de la misma, de asegurar, con un grado de fiabilidad preestablecido, que los requisitos de tráfico en términos de perfil y ancho de banda para un flujo de información dado, puedan ser cumplidos. Desde un punto de vista más preciso, la calidad de servicio puede ser descrita como un grupo de parámetros (dentro de los cuales pueden estar el ancho de banda, el nivel de uso de *buffers*, prioridades, uso de los CPUs, ente otros), que describen la calidad de un flujo específico de datos.

E.1 NIVELES DE SERVICIO TERMINAL-A-TERMINAL

Los niveles de servicio se refieren a las capacidades para asegurar la calidad de servicio, tratando con la habilidad de la red de entregar el servicio necesario para un tráfico específico de red, de terminal a terminal o de extremo a extremo. Los servicios difieren en su nivel, basados en cuán estricta es la calidad de servicio, o cuán estricto puede ser el servicio limitado por requerimientos específicos de ancho de banda, retraso, *jitter* y características de pérdidas.

Existen tres niveles básicos de calidad de servicio terminal a terminal, que pueden ser provistos a lo largo de una red heterogénea^[A]:

E.1.1 SERVICIO DEL MEJOR ESFUERZO (*best effort*)

Dicho nivel de servicio es también conocido como *lack QoS*, debido a que sólo se provee conectividad, sin ningún tipo de garantías. El servicio normal de Internet puede ser encasillado como un servicio del mejor esfuerzo.

E.1.2 SERVICIO DIFERENCIADO

También llamado *soft QoS*, en el cual algún tráfico es manejado de mejor forma que el resto (mediante un procesamiento más rápido, mayor ancho de banda asignado y bajas tasas de pérdidas con respecto al promedio del tráfico cursado), siendo una preferencia estadística, mas no una garantía de gran nivel de rapidez y consideraciones estrictas.

E.1.3 SERVICIO GARANTIZADO

Conocido también como *hard QoS*, debido a que existen reservaciones absolutas de recursos de red para un tipo de tráfico específico.

E.2 CALIDAD DE SERVICIO EN INTERNET

Las implementaciones más básicas de Internet proveen la QoS del tipo *best effort*: los paquetes son transmitidos de punto a punto sin ninguna garantía para un ancho de banda especial, o para un mínimo tiempo de retraso. Con el modelo de tráfico del mejor esfuerzo, los requerimientos de Internet se manejan de acuerdo a la estrategia de el primero en venir, es el primero que se usa. Esto significa que todos los requerimientos tienen la misma prioridad y son manejados uno después de otro, no existiendo posibilidad de hacer reservaciones de ancho de banda para conexiones específicas o para abandonar la prioridad para un requerimiento especial. De este modo, se han desarrollado nuevas estrategias para proveer servicios predecibles para el Internet, contándose con dos mayores rudimientos para traer QoS al Internet y a las redes TCP/IP en general¹:

¹ Los tipos de servicios especificados para redes TCP/IP y los modelos de desarrollo asociados a los mismos, son desarrollados por la IETF, y tienen un sentido diferente de la clasificación desarrollada para redes heterogéneas por parte de Cisco Systems.

- **Servicios Integrados.**- Los servicios integrados traen extensiones al modelo de red IP, para que pueda soportar transmisiones en tiempo real y un ancho de banda garantizado para flujos específicos.
- **Servicios Diferenciados.**- El mecanismo de servicios diferenciados, no usa señalización por flujo. Diferentes niveles de servicio pueden ser establecidos a diferentes grupos de usuarios de Internet o de la Intranet, lo cual significa que el tráfico entero es dividido en grupos con diferentes parámetros de QoS; esto reduce el mantenimiento general del sistema, en comparación a los servicios integrados.

E.2.1 SERVICIOS INTEGRADOS

Los servicios integrados (*IS, Integrated Services*), introducen un nuevo modelo que cambia el modelo fundamental, pero trata de hacerlo por medio de extender la arquitectura original; esto permite que los componentes de los servicios integrados puedan ser añadidos a las redes ya existentes.

Los servicios integrados direccionan la necesidad de manejar tráfico para el cual el tiempo de entrega de paquetes a lo largo de la red es críticamente importante, y lo hace por medio de manejar un retraso por paquete, al realizar grupos por mínimo y máximos retrasos. En sí, se definen dos clases de servicio^[8]:

E.2.1.1 Servicio garantizado

En el cual la red garantiza un grupo superior en retraso a lo largo de la red, permitiendo a las aplicaciones sujetarse a dicho valor. Otro modo de mirar este tipo de servicio, es que el valor del máximo retraso es basado en presunciones del peor de los casos para el comportamiento de la red, y para el tipo de tráfico a manejar.

E.2.1.2 Servicio predictivo o de carga controlada

En el cual un grupo superior en retraso a lo largo de la red es implementado, y para el cual la confiabilidad es clara, pero no garantizada. En otro modo, el grupo superior en retraso es calculado no por asumir condiciones del peor de los casos a lo largo de la red, sino basado en presunciones realistas y conservadoras del comportamiento de la red.

La razón para ofrecer ambos tipos de servicio, radica en el hecho de que el primer tipo de servicio es costoso (ya que ninguna red que garantice un máximo valor de retraso debe reservar recursos a lo largo de la misma, porque de otro modo, pueden dichos recursos estar disponibles para uso de otros requerimientos). Para muchas aplicaciones, es menos costoso y más eficiente el "ablandar" los requerimientos de servicio hacia grupos perfectamente confiables.

Los servicios integrados fueron desarrollados para optimizar la red y la utilización de recursos para nuevas aplicaciones, tales como multimedia en tiempo real, videoconferencia, difusión de vídeo, y audioconferencias, las cuales requieren QoS garantizada, debido a que los retrasos de enrutamiento y pérdidas debidas a congestión que se dan en las actuales redes (que usan la forma de *best effort*), no permiten un buen trabajo de dichas aplicaciones para una calidad aceptable para el usuario.

La realización de servicios integrados, hace posible la división del tráfico de Internet en el tráfico estándar del mejor esfuerzo (para aplicaciones tradicionales), y flujos de datos de aplicación con un nivel garantizado de QoS.

Para soportar el modelo de servicios integrados, un ruteador de Internet debe ser capaz de proveer una apropiada QoS para cada flujo, en concordancia con el modelo de servicios. La función del ruteador que provee diferentes calidades de servicio es conocida como *control de tráfico*, y dicha función de control de tráfico, consta de los siguientes componentes:

Programador de paquetes (*packet scheduler*).- El programador de paquetes maneja la entrega de diferentes corrientes de paquetes en los *hosts* y en los ruteadores, basado en su clase de servicio, usando manejo de colas y varios algoritmos de clasificación. El programador de paquetes debe asegurar que la entrega de paquetes corresponda al parámetro de QoS para cada flujo. El programador también puede vigilar o dar forma al tráfico para conformar un cierto nivel de servicio; siendo implementado en el punto donde los paquetes formarán una cola. Este punto es típicamente el nivel de manejo de salida de un sistema operativo, y corresponde al protocolo de capa de enlace.

Clasificador de paquetes.- El clasificador de paquetes identifica los paquetes de un flujo IP en *hosts* y *routers* que recibirán un cierto nivel de servicio. Para realizar un efectivo control del tráfico, cada paquete entrante es registrado por el clasificador hacia una clase específica. Todos los paquetes que son ubicados en la misma clase obtienen el mismo tratamiento por parte del programador de paquetes. La elección de una clase es basada en las direcciones IP de fuente y destino, y en el número de puerto en la cabecera existente en el paquete, o en un número adicional de clasificación, el cual debe ser añadido a cada paquete. Una clase puede corresponder a una amplia categoría de flujos: por ejemplo, todos los flujos de vídeo de una videoconferencia con algunos participantes puede caer en una sola clase de servicio; pero también es posible que solamente un flujo caiga en una clase de servicio específica.

Control de admisión.- El control de admisión contiene el algoritmo de decisión que un ruteador usa para determinar si existen suficientes recursos de enrutamiento para aceptar la QoS requerido para un nuevo flujo. Si no existen suficientes recursos de enrutamiento libres, el aceptar un nuevo flujo puede impactar tempranamente en sus propias garantías, y dicho nuevo flujo debe ser descartado. Si el nuevo flujo es aceptado, la instancia de reservación en el ruteador asigna el clasificador de paquetes y el programador de paquetes para reservar el QoS requerido para el flujo. El control de admisión es invocado en cada ruteador a lo largo de un camino de reservación, para hacer una decisión

local de aceptación/rechazo cuando un *host* requiere un servicio de tiempo real. El algoritmo de control de admisión debe ser consistente con el modelo de servicio.

Se debe notar que el control de admisión es a veces confundido con la política de control procesada por el programador de paquetes (y que es una función paquete por paquete). Este control asegura que un *host* no viola sus características de tráfico prometidas.

No obstante, para asegurar que la garantía de QoS sea respetada, el control de admisión será comprometido con el reforzamiento de las políticas administrativas en cuanto a la reservación de recursos. Algunas políticas serán usadas para chequear la autenticación del usuario para una reservación requerida; requerimientos no autorizados de reservación pueden ser rechazados. El control de admisión permite, a su vez, el registro de costos asociados al uso de los recursos de Internet.

El esquema de servicios integrados usa el Protocolo de Reservación (*RSVP, Reservation Protocol*) para la señalización de los mensajes de reservación. Las instancias de los servicios integrados se comunican por medio de RSVP para crear y mantener estados de flujo específicos en los *hosts* finales y en los *routers* a lo largo del camino del flujo. Como se puede ver en la figura E.1, la aplicación que desea enviar paquetes de datos en un flujo reservado, se comunica con la instancia de reservación RSVP. El protocolo RSVP trata de localizar una reservación de flujo con la QoS requerida, la cual será aceptada si la aplicación satisface completamente las políticas de restricciones y los *routers*, a su vez, pueden manejar la QoS requerida. El protocolo RSVP advierte al clasificador de paquetes y al programador de paquetes en cada nodo, para que procesen adecuadamente los paquetes para este flujo. Si la aplicación ahora entrega los paquetes de datos al clasificador en el primer nodo, el cual ha ubicado este flujo en una clase de servicio específica que cumple la QoS, el flujo es reconocido con la dirección IP de la fuente y es transmitido hacia el programador de paquetes. El programador de paquetes reenvía los mismos, dependiendo de su clase de servicio, al próximo ruteador, o, finalmente, al *host* destino.

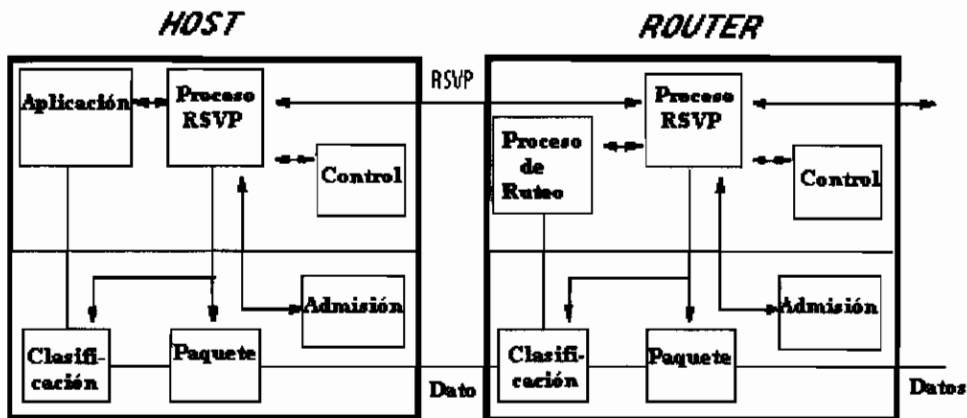


Figura E.1 Proceso de envío de información, asegurando QoS.

Debido a que RSVP es un protocolo simple, las reservaciones de QoS son hechas solamente en una dirección, del nodo fuente al nodo destino. Si la aplicación desea cancelar la reservación para el flujo de datos, ésta envía un mensaje a la instancia de reservación, la cual libera los recursos de QoS reservados en todos los ruteadores a lo largo del camino, y los recursos pueden ser usados por otros flujos.

E.2.2 CLASES DE SERVICIO

El modelo de servicios integrados usa diferentes clases de servicio, las cuales son definidas por el grupo de trabajo de la IETF para Servicios Integrados. Debido a que el modelo de servicios integrados realiza una reservación por flujo, cada flujo tiene asignado un descriptor de flujo; dicho descriptor, define el tráfico y la QoS característicos para un flujo específico de paquetes de datos. Dependiendo de la aplicación, dichas clases de servicio proveen grupos específicos en cuanto a controles de la QoS. Se incluyen en el modelo de servicios integrados dos clases de servicio:

E.2.2.1 Servicio de carga controlada

Definido en el RFC 2211, el servicio de carga controlada soporta aplicaciones que son altamente sensibles a condiciones de sobrecarga en Internet, tales como las aplicaciones de tiempo real. Dichas aplicaciones trabajan bien en redes poco cargadas, pero degradan rápidamente bajo condiciones de sobrecarga. Si una aplicación usa el servicio de carga controlada, el desempeño de un flujo específico de datos no llega a degradarse si la carga en la red se incrementa.

El servicio de carga controlada ofrece solamente un nivel de servicio, el cual es intencionalmente mínimo. No existen presentaciones o capacidades opcionales en la especificación: el servicio ofrece una única función, la cual es aproximada al servicio del mejor esfuerzo sobre redes livianamente cargadas². Esto significa que las aplicaciones que hacen reservaciones de QoS usando los servicios de carga controlada son provistas con un servicio cerradamente equivalente al servicio provisto al tráfico no controlado (*best effort*), bajo condiciones ligeras de carga.

Cada ruteador en una red que acepta requerimientos para servicios de carga controlada, debe asegurarse que un adecuado ancho de banda y recursos para el procesamiento de paquetes estén disponibles para manejar requerimientos de reservación de QoS, y esto puede ser realizado con un control activo de emisión. Antes de que un ruteador acepte una nueva reservación de QoS, debe considerar todos los recursos importantes, tales como ancho de banda del enlace, espacio de *buffer* en el puerto del *router* o del *switch*, y capacidad computacional para el procesamiento de paquetes. La clase de servicio de carga controlada no acepta o hace uso de valores-objetivo específicos para control de parámetros, tales como ancho de banda, retraso o pérdida. Las aplicaciones que hacen uso de servicios de carga controlada deben ser probadas contra pequeños montos de pérdidas y retraso de paquetes, siendo, por lo tanto, usadas para aplicaciones que pueden

² En este contexto, condiciones livianas o ligeras de carga significa que un porcentaje muy alto de paquetes transmitidos serán exitosamente entregados a su destino, y el retraso de tránsito de un porcentaje muy alto de los paquetes entregados no excederá grandemente el mínimo retraso de tránsito.

tolerar un razonable monto de pérdida de paquetes y retraso, tales como conferencias de audio y vídeo.

E.2.2.2 Servicio Garantizado

El servicio garantizado es definido en el RFC 2212. El modelo de servicios garantizados provee funciones que aseguran que los datagramas arribarán dentro del tiempo de entrega garantizado. Todo paquete de un flujo que se ajuste a las especificaciones de tráfico, arribará al menos con el máximo tiempo de retraso que es especificado en el descriptor de flujo. Servicio garantizado es usado para aplicaciones que necesitan la garantía de que un datagrama arribará al receptor no más tarde que un cierto tiempo después de que ha sido transmitido por su fuente. Por ejemplo, aplicaciones multimedia de tiempo real, tales como las realizadas en sistemas de difusión de vídeo y audio que usan tecnologías basadas en flujos, no pueden usar datagramas que arriben después de su propio tiempo de ejecución.

Aplicaciones que tienen requerimientos exigentes de tiempo real, como por ejemplo del tipo de distribución en tiempo real o datos financieros, también requieren servicio garantizado. El servicio garantizado no minimiza la diferencia entre el mínimo y máximo retraso de un datagrama, pero controla el máximo retraso ocasionado por el uso de colas.

El modelo de servicio garantizado representa el extremo final del control del retraso para redes; otros modelos de control de retraso tienen restricciones de baja capacidad para manejar retrasos. Por tanto, el servicio garantizado es solamente usado si es provisto por todo ruteador a lo largo del camino de reservación. El servicio garantizado da a las aplicaciones un considerable nivel de control sobre su retraso. Es importante el entender que el retraso en una red IP tiene dos partes principales:

- Un retraso de transmisión fijo, el cual depende del camino elegido, el mismo que es determinado por el mecanismo de transmisión, pero no por el servicio

garantizado. Todos los paquetes en una red IP tienen un retraso mínimo, el cual es limitado por la velocidad de transmisión en el medio físico y por el tiempo de vuelta de los paquetes en todos los ruteadores en el camino de enrutamiento.

- El retraso debido a colas, el cual es determinado por el servicio garantizado y es controlado por dos parámetros: el *token bucket*³, y el ancho de banda que es requerido para la reservación. Dichos parámetros son usados para construir el modelo de flujo para el comportamiento terminal a terminal de un flujo que usa servicios garantizados.

El modelo de flujo especifica el servicio que puede ser provisto por un enlace dedicado entre una fuente y un destino que provee el ancho de banda especificado; el servicio del flujo es completamente independiente del servicio para otros flujos.

E.2.3 EL PROTOCOLO DE RESERVACIÓN (*RSVP, Reservation Protocol*)

El modelo de Servicios Integrados usa el RSVP para fijar y controlar las reservaciones de QoS. RSVP es definido en el RFC 2205, y tiene el estatus de estándar propuesto; debido a que el protocolo en mención es un protocolo de control y no un protocolo de enrutamiento, requiere de un protocolo de enrutamiento existente para poder operar, pudiendo tener a IP o a UDP como base, y debiendo implementarse en todos los ruteadores en el camino de reservación.

Se tienen que manejar dos principales conceptos con RSVP: flujos y reservaciones. Una reservación RSVP aplica para un flujo específico de paquetes de datos, en un camino específico a través de los ruteadores. Se conoce a un flujo como una corriente diferenciable de datagramas relacionados provenientes

³ En el modelo de Servicios Integrados, el *token bucket* es un mecanismo de control de flujo de datos que añade caracteres (*token*), en intervalos periódicos de tiempo en un *buffer (bucket)*, y permite a los paquetes de datos salir del origen solamente si hay al menos tantos *tokens* en el *bucket*, como la longitud del paquete de datos.

de una única fuente hacia un único destino; si el receptor es una dirección de *multicast*, un flujo puede alcanzar múltiples receptores.

RSVP provee el mismo servicio para flujos de carácter *unicast* y *multicast*. Cada flujo es identificado por RSVP por su dirección IP de destino y su puerto de destino; todos los flujos tienen un descriptor de flujo dedicado, el cual contiene la QoS que un flujo específico requiere. Pero el protocolo no comprende los contenidos del descriptor de flujo, el cual es solamente llevado por el protocolo y es entregado a las funciones de control de tráfico del ruteador (el programador y el clasificador de paquetes) para su procesamiento.

Debido a que RSVP es un protocolo simple, las reservaciones se realizan en un sólo sentido de transmisión. En conexiones del tipo dúplex (como por ejemplo audioconferencias y videoconferencias bidireccionales), en las cuales cada fuente es también un destino, es necesario fijar dos sesiones RSVP para cada estación. El protocolo es iniciado por parte del receptor: usando mensajes de señalización del protocolo, la fuente proporciona una QoS específica al receptor, el cual envía de regreso un mensaje de reservación con la QoS que puede ser reservada para el flujo desde la fuente hacia el destino. Este comportamiento considera los diferentes requerimientos de QoS para destinos heterogéneos en grandes grupos *multicast*. La fuente no necesita conocer las características de todos los posibles destinos para estructurar las reservaciones.

Para establecer una reservación con RSVP, los receptores envían requerimientos de reservación a las fuentes, dependiendo de las capacidades de sus sistemas. Por ejemplo, una estación de trabajo rápida y una computadora personal lenta desean recibir un flujo de vídeo MPEG de alta calidad, con 30 tramas por segundo, el cual necesita de una velocidad de transmisión de 1.5 [Mbps]. La estación de trabajo tiene la suficiente capacidad de CPU para poder decodificar al flujo de vídeo, pero la computadora personal sólo puede decodificar 10 tramas por segundo; si el servidor de vídeo envía los mensajes a los dos receptores, indicando que puede proveer un flujo de vídeo de 1.5 [Mbps], la estación de trabajo puede enviar un mensaje de requerimiento de reservación para los 1.5

[Mbps] totales. Pero la computadora personal no necesita el ancho de banda total para este flujo, debido a que no puede decodificar todas las tramas; envía, de este modo, un requerimiento de reservación para 10 tramas por segundo, y 500 [Kbps].

E.2.4 SERVICIOS DIFERENCIADOS

El concepto de servicios diferenciados (*DS, Differentiated Services*) está siendo desarrollado por medio del grupo de trabajo denominado IETF DS. Las especificaciones de los servicios diferenciados, son definidas en algunos esquemas de Internet de IETF (*Internet Drafts*), pero no existen todavía en forma de RFC, siendo por lo tanto los conceptos vertidos, susceptibles de cambio en su forma final.

La meta del desarrollo de los servicios diferenciados es la de tener la posibilidad de proveer clases de servicio diferenciadas para el tráfico de Internet, de modo que se puedan soportar varios tipos de aplicaciones y requerimientos específicos de negocios. Los servicios diferenciados ofrecen un desempeño predecible (*retraso, throughput, pérdida de paquetes, etc.*), para una carga dada, a un tiempo dado. La diferencia entre los servicios integrados y los servicios diferenciados, es que los servicios diferenciados proveen discriminación escalable de servicio en el Internet, sin la necesidad de un estado por flujo y señalización a cada salto; no es necesario el determinar una única reservación de QoS para cada flujo. Con los servicios diferenciados, el tráfico de Internet es dividido en diferentes clases, con diferentes requerimientos de QoS.

El componente central del esquema de servicios diferenciados, es el Consentimiento de Nivel de Servicio (*SLA, Service Level Agreement*). El SLA es un contrato de servicio entre un consumidor y un proveedor de servicio que especifica los detalles de la clasificación del tráfico y el correspondiente servicio de reenvío que puede recibir un consumidor. Un consumidor puede ser una organización u otro dominio de servicios integrados; el proveedor de servicios debe asegurar que el tráfico de un consumidor, con el cual tiene un SLA, obtenga

la QoS contratada. Por tanto, la administración de red del proveedor de servicio, debe fijar las políticas de servicio apropiadas y medir el desempeño de la red para garantizar el comportamiento del tráfico concertado.

Para distinguir los paquetes de datos de diferentes consumidores en dispositivos de red con capacidades de servicios diferenciados, los paquetes IP son modificados en un campo específico. Un patrón de bits pequeño, llamado el byte DS, en cada paquete IP, es usado para marcar los paquetes que reciben un tratamiento particular de reenvío a cada nodo de red. El byte DS usa el espacio del octeto TOS (*Type of Service*) en la cabecera de IP versión 4, y el octeto de clase de tráfico en la cabecera de IPv6. Todo el tráfico de red dentro de un dominio, recibe un servicio que depende de la clase de tráfico que es especificado en el byte DS.

Para proveer servicios acordes a SLA, deben implementarse los siguientes mecanismos en una red:

- Fijar los bits del byte DS (octeto TOS) a los extremos de la red y en los entornos administrativos.
- Usar dichos bits para determinar cómo los paquetes son tratados por los ruteadores dentro de la red.
- Condicionar los paquetes marcados a los entornos de red, en concordancia con los requerimientos de QoS de cada servicio.

La arquitectura definida para servicios diferenciados solamente provee diferenciación de servicio en un sentido, y es, por lo tanto, asimétrica en dicho aspecto. A diferencia de los servicios integrados, las garantías de QoS con servicios diferenciados son estáticas, y permanecen en los ruteadores por largo tiempo; esto significa que las aplicaciones que usan servicios diferenciados no necesitan determinar reservaciones de QoS para paquetes de datos específicos. Todo el tráfico que pasa por redes con capacidades de servicios diferenciados,

pueden recibir una cantidad de QoS específica: los paquetes de datos deben ser marcados con el byte DS, el cual es interpretado por los ruteadores en la red.

Uso de RSVP con servicios diferenciados

El protocolo RSVP permite la ejecución de aplicaciones con requerimientos de señales de transmisión continua y constante (flujo) por una red. Los parámetros de servicios integrados son utilizados para cuantificar dichos requerimientos para lograr el control de admisión; pero RSVP y los servicios integrados tienen algunas limitaciones básicas que impiden el despliegue de dichos mecanismos en Internet a largo plazo^[C], las cuales pueden ser más fáciles de llevar por medio de servicios diferenciados:

- La dependencia del protocolo RSVP en el uso de estados por flujo y procesamiento por flujo, aumenta la escalabilidad concerniente a redes grandes.
- La señalización de RSVP no es implementada en un número suficiente de *hosts* todavía; si bien se predice un gran crecimiento, muchas aplicaciones puede que nunca generen señalización RSVP.
- Muchas aplicaciones requieren una forma de QoS, pero no son capaces de expresar dichos requerimientos usando el modelo de servicios integrados.

E.3 CONTROL DE CONGESTIÓN

El control de congestión es un área que necesita ser tratada si se habla de QoS, sobre todo si se tiene que siempre existirán retrasos de red, resultando en congestión de tráfico a lo largo de la misma. Por lo tanto, es factible lograr la eliminación previa de la congestión, antes que resolverla. El efecto de congestión en la red, va más allá de sólo ocasionar retrasos de transmisión en la misma: los tiempos de espera para aplicaciones (*timeouts*) se cumplen, existen mayores errores de recuperación, re-establecimientos de conexión, y ancho de banda

desperdiciado para la recuperación de transmisiones, debiendo, por lo tanto, implementarse necesariamente el control de congestión.

El control de congestión es hecho usualmente por medio de los dispositivos de interconectividad, como los ruteadores y los *switches*, haciendo uso de la teoría de colas para su implementación. Cuando los paquetes arriban al ruteador, necesitan ser procesados de modo tal que el dispositivo pueda asignar una salida hacia la cual dirigir la información, y debiendo esperar por dicha asignación. El control de congestión se enfoca en el procesamiento de las colas, existiendo diferentes formas de implementarlo:

E.3.1 PRIMERO EN ENTRAR-PRIMERO EN SALIR (*FIFO, First In-First Out*)

El método FIFO es el más fácil de implementar, y ha sido el modo con el que el tráfico es manejado en una red TCP/IP; este método significa que el primer paquete en arribar obtiene procesamiento por parte del ruteador, y el resto de paquetes se unen en una única cola, acorde con su tiempo de arribo. La lógica para el control FIFO es fácil de implementar, y no requiere de muchos procesos de decisión acerca de cómo manejar la cola.

La congestión ocurre cuando la cola es completada más rápido que la velocidad a la cual los paquetes son procesados: en este caso, los paquetes que no alcanzan a entrar en la cola son descartados. No existe calidad de servicio implementada en este método, debido a que no existe modo de "saltarse" la cola: el tráfico de alta prioridad obtiene el mismo tratamiento que el tráfico de baja prioridad.

Un método inicial de resolver el problema de las colas, radica en aumentar el tamaño de la misma, por medio de incrementar la capacidad de *hardware*, la velocidad de procesamiento del mismo, pero no siendo ésta una solución total al problema, y requiriendo una mayor inversión económica en equipos en caso de aumento de capacidad.

E.3.2 COLA DE PRIORIDAD (*Priority Queuing*)

La cola de prioridad separa el tráfico de red en varias clases y lo procesa en orden de importancia. Se determinan usualmente pocas colas diferentes para localizar dicho tráfico, teniendo por ejemplo, colas urgentes, altas, normales y bajas. Los paquetes que se encuentran en la cola urgente, obtendrán siempre el primer procesamiento, seguidos por aquellos paquetes localizados en la cola alta, seguidos luego por las colas de prioridad normal y baja.

Con las colas de prioridad, es posible la entrega de QoS. Una cosa importante a notar, es la distribución de las aplicaciones en las categorías de colas especificadas. El objetivo de las colas de prioridad es el de eliminar el tráfico no importante y asegurar la entrega del tráfico de prioridad urgente, debiendo, por lo tanto, existir mayor cantidad de aplicaciones de baja prioridad con respecto a la cantidad de aplicaciones de alta prioridad. De hecho, si la mayoría de las aplicaciones cae dentro de alta prioridad, se tendrán los mismos problemas que con las colas FIFO.

Con las colas de prioridad, los administradores de red pueden clasificar las aplicaciones en varias categorías, teniendo la red que procesar el tráfico de aquellas aplicaciones basado en su importancia. Una aplicación de VoIP puede ser clasificada como de prioridad urgente, mientras el tráfico debido a páginas Web puede ser clasificado como de baja prioridad, pudiendo de este modo alcanzar la red una buena calidad de transmisión de voz, aún bajo condiciones de carga pesada.

E.3.3 COLA DE PESO RAZONABLE (*WFQ, Weighted Fair Queuing*)

El proceso de WFQ tiene la habilidad de proveer tiempos de respuesta predecibles para tráfico diferente, aún cuando exista tanto tráfico con gran ancho de banda y tráfico de bajo nivel de ancho de banda: WFQ tiene la destreza de identificar un flujo de tráfico, y asignar un peso a dicho tráfico. El flujo de tráfico puede ser una corriente de vídeo, o simplemente una sesión de Telnet.

El objetivo del uso de la cola de peso razonable es el asegurar que cada flujo tenga su parte de ancho de banda aproximada, de modo que el tráfico de gran ancho de banda no llegue a monopolizar la red, y el tráfico de bajo nivel de ancho de banda pueda seguir trabajando. En WFQ, un flujo puede ser identificado por medio del protocolo, la dirección de fuente y de destino, el número de puerto o el identificador del circuito, tal como el identificador de conexión de enlace de datos (DLCI) en redes *Frame Relay*. Una porción del ancho de banda es reservado para el flujo de poco ancho de banda, mientras el balance es para el flujo de gran ancho de banda. Dado que WFQ es capaz de identificar un flujo, este método tiene la capacidad de romper un flujo fragmentado, el cual envía información en enormes trozos de datos, de modo que el ancho de banda puede ser utilizado en buena forma por el resto de aplicaciones. Cada flujo es asignado un peso, y, a más bajo peso, mayor preferencia tendrá en la red. WFQ es usado por el protocolo RSVP para localizar ancho de banda y recursos para proveer QoS a la red.

E.4 CALIDAD DE SERVICIO EN REDES *ETHERNET*

Dada la amplia expansión del uso de redes *Ethernet* dentro del ambiente de LAN (sobre el 80% del mercado, en términos de puertos instalados^[D1]), es necesario el considerar aspectos de calidad de servicio para este tipo de redes, teniendo en cuenta que las redes LANs están siendo usadas para la transmisión de tráfico de voz y vídeo tanto como tráfico de datos, y las redes *Ethernet* no poseen mecanismos de señalización de prioridades y colas de prioridades, a diferencia de las redes *Token Ring*, en las cuales las estaciones tienen la capacidad de transmitir tramas con una prioridad específica de acceso.

Los diferentes tipos de tráfico que se pueden presentar dentro de una red LAN, son los siguientes:

- Tráfico de control de red, el cual es vital para el soporte de la misma.

- Tráfico de voz, el cual requiere retrasos de menos de 10 [ms] a través de la red.
- Tráfico de vídeo, el cual requiere un retraso de menos de 100 [ms].
- Carga controlada, definiendo aplicaciones las cuales se benefician de la definición de un flujo a través de la red.
- Servicio de excelente esfuerzo, en el cual, los consumidores asignados, obtienen un mejor servicio por parte de la red.
- Mejor esfuerzo, el cual es el modo en el que el tráfico de la LAN es corrientemente manejado.
- Respaldo, u otro tráfico, el cual puede ser permitido a usar la red sin afectar el uso de la misma por parte de otros usuarios y otras aplicaciones.

Dentro de los desarrollos para lograr calidad de servicio dentro de redes LAN en general, tenemos tres estándares:

E.4.1 IEEE 802.1p⁴

IEEE 802.1p, es un "estándar" que provee la habilidad a los puentes LAN para proveer capacidades de despacho de tráfico que soportan la transmisión de información de tiempo crítico en un entorno de LAN. IEEE802.1p no es un estándar en sí; es sólo una adición al estándar IEEE 802.1D, pero dentro de la literatura asociada se lo nombra como tal.

⁴ El estándar para LANs IEEE 802 incluye ISO/IEC 8802-3 (CSMA/CD), ISO/IEC 8802-4 (Token Bus), ISO/IEC 8802-5 (token-ring), ISO/IEC 8802-6 (DQDB), ISO/IEC 8802-9 (IS-LAN), IEEE Std. 802.11-1997 (Wireless), ISO/IEC DIS 8802-12 (Demand Priority) e ISO 9314-2 (FDDI)

E.4.2 IEEE 802.1q

Es un estándar que provee la habilidad a todo medio LAN para incluir información de prioridad de usuario, como parte de la trama MAC. IEEE 802.1q es un estándar total para su implementación, y especifica como una red LAN puede ser particionada a múltiples segmentos de LAN virtuales.

E.4.3 TRAMAS JUMBO (*Jumbo Frames*)

El tratamiento de *jumbo frames* es una propuesta de estándar, la cual permite la transmisión de tramas MAC de hasta 9022 bytes sobre conexiones full-dúplex en *Gigabit Ethernet*, sirviendo solamente para entornos *Ethernet*.

Las dos estándares, 802.1p y 802.1q, son relacionados, pero a la vez diferentes; entre ellos implementan un mecanismo de capa 2 para la transmisión y conservación de la información de prioridad a lo largo de una red *Ethernet*.

REFERENCIAS

- [A] **Cisco Systems:** "*Quality of Service (QoS) Networking*".
<http://www.cisco.com>
- [B] **IETF:** "RFC 1633. Integrated Services in the Internet Architecture: An overview." E.U.A. 1997.
- [C] **IBM Redbooks:** "*TCP/IP Tutorial and Technical Overview*". International Technical Support Organization.
<http://www.redbooks.ibm.com>
- [D] **IBM Redbooks:** "*Application-Driven technology: Class of Service in IP, Ethernet and ATM Networks*." 1999. International Technical Support Organization.
<http://www.redbooks.ibm.com>

	Página
F.1 ESTABLECIMIENTO Y CONTROL DE LA LLAMADA	F2
F.1.1 RECOMENDACIÓN H.323	F2
F.2 PRESENTACIÓN	F4
F.3 DIRECCIONAMIENTO	F4
F.4 CODEC	F5
F.4.1 RECOMENDACIÓN G.723.1	F5
F.4.2 RECOMENDACIÓN H.245	F6
F.4.3 RECOMENDACIÓN H.225.0	F6
F.4.4 RECOMENDACIÓN Q.931	F7
F.5 PROTOCOLO DE TIEMPO REAL	F7
F.6 PROTOCOLO DE CONTROL DE TIEMPO REAL	F10
F.6.1 REPORTE TRANSMITIDO	F11
F.6.2 REPORTE DE RECEPCIÓN	F12
F.6.3 PARÁMETROS DE DESCRIPCIÓN DE FUENTE	F12
F.6.4 FIN DE PARTICIPACIÓN	F12
Referencias Anexo F	F14

Voz sobre IP. (*Voice over IP, VoIP*)

La posibilidad de implementar voz sobre la red IP, o implementar voz sobre Internet, resulta atractiva, basados en la intencionalidad de lograr lo que se ha dado en llamar redes convergentes: las redes con posibilidades de llevar voz, datos y vídeo en un mismo entorno estructural de red, permitiendo reducir los costos asociados con la telefonía dentro de las comunicaciones organizacionales, principalmente tomando en cuenta el valor de las llamadas internacionales. Pero el principal problema es la falta de estandarización, lo que ocasiona que *software* y *hardware* que cumplen funciones similares, sean incompatibles entre sí, por lo que es necesario definir un pila de protocolos y algoritmos de compresión estandarizados de modo de lograr el envío de voz sobre redes basadas en IP. El organismo encargado de desarrollar los estándares es el *VoIP Forum*, que está formado por miembros de diferentes compañías de telecomunicaciones.

PILA DE PROTOCOLOS DE VoIP

La figura F.1, presenta el conjunto de protocolos y estándares usados actualmente para la implementación de VoIP.^[A]

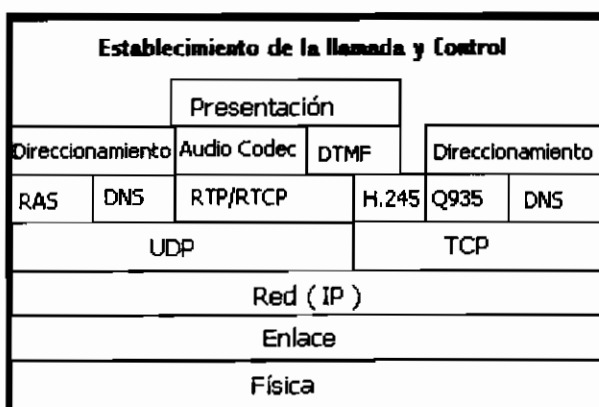


Figura F.1 Protocolos y estándares asociados con VoIP.

F.1 ESTABLECIMIENTO Y CONTROL DE LA LLAMADA

Estos protocolos definen una única secuencia y su respectivo conteo, contemplando los siguientes aspectos:

- Establecimiento de la llamada
- Control por medio de la recomendación H323.
- Desconexión de la llamada

F.1.1 RECOMENDACIÓN H.323

H.323 es un estándar de la ITU-T para multimedia y videoconferencia sobre redes de conmutación de paquetes^[B], como lo describe su introducción:

"La Recomendación H.323 describe terminales, equipos y servicios para comunicaciones multimedios por redes de área local (LAN, Local Area Networks) que proporcionan una calidad de servicio no garantizada. Los terminales y equipos H.323 pueden transportar voz en tiempo real, datos y vídeo, o cualquier combinación de los mismos incluyendo la videotelefonía.

Las LAN a través de las cuales se comunican los terminales H.323 pueden ser un solo segmento o un anillo o múltiples segmentos con topologías complejas. Adviértase que la explotación de terminales H.323 por los múltiples segmentos de la LAN (incluido el Internet) puede dar lugar a una calidad de funcionamiento deficiente. Las posibles maneras de garantizar una calidad de servicio en esos tipos de LAN/interredes quedan fuera del alcance de la presente Recomendación.

Los terminales H.323 pueden estar integrados en computadores personales o implementados en dispositivos independientes, tales como los videoteléfonos. El soporte de voz es obligatorio mientras que el de datos y vídeo es opcional, pero si se soportan, es preciso poder utilizar un modo común especificado, de

tal manera que los terminales que soportan ese tipo de medios puedan interfuncionar. La Recomendación H.323 permite que estén en uso más de un canal de cada tipo."

Los componentes de una red con estándar H.323, son:

- Terminales
- Puentes (*Gateways*)
- Guardapuestas (*Gatekeepers*)
- Unidades de control multipunto (*MCUs, Multipoint Control Units*)

En la figura F.2, se puede observar una red con estándar H.323. La red IP es conectada a la red pública telefónica a través de un puente. Por lo tanto, los usuarios de la red IP que poseen un terminal H.323 (por ejemplo, un computador en una LAN o con acceso telefónico), pueden comunicarse con teléfonos estándar en la red pública telefónica; además, dos usuarios con teléfonos estándar pueden usar la red IP para comunicarse.

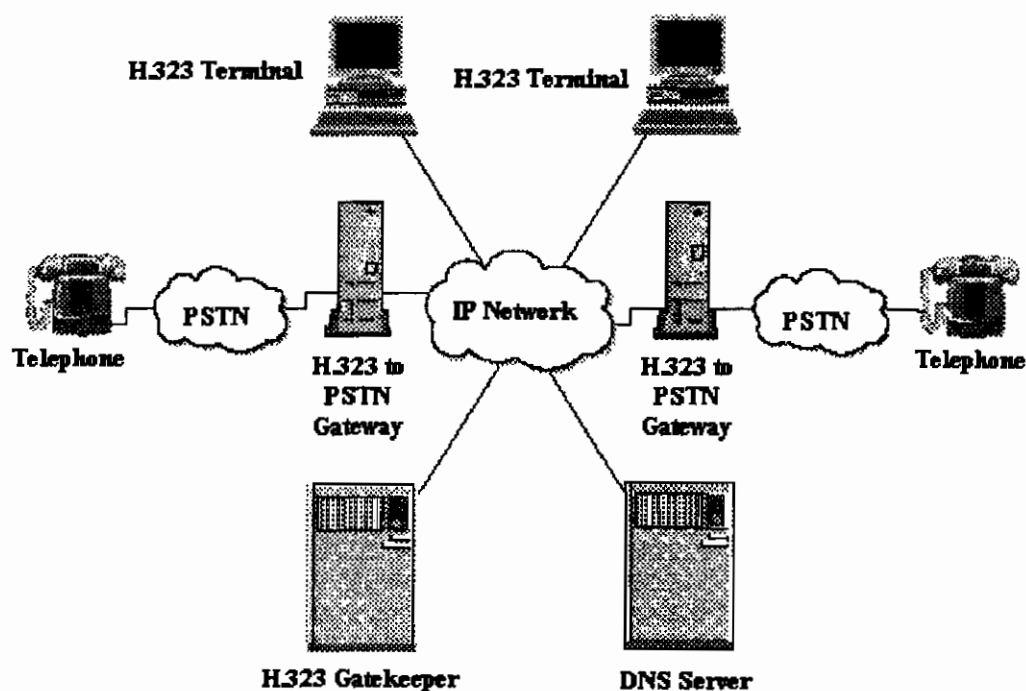


Figura F.2 Ejemplo de una red telefónica aplicando VoIP, usando la recomendación H.323.

Existen dos versiones de terminales con especificaciones H.323, los cuales son usados en diferentes ambientes. El uno para un ambiente corporativo en el cual se necesita alta calidad, utilizado para videoconferencia multipunto, o conexiones de voz punto a punto; el segundo tipo, es el terminal para Internet, el cual, en particular, optimiza el ancho de banda.

Los puentes H.323, proveen interoperabilidad entre terminales H.323 con conexiones IP y otros equipos de audio (teléfonos comunes). Las funciones principales que cumple el puente, son:

- Mapeo de los protocolos de señalización de llamada.
- Ejecución de protocolos de control.
- Traducción de códigos.

Los guardapuertas cumplen funciones tales como:

- Servidor de direcciones, el cual cumple la función de traducción de direcciones. Este proceso consiste en cambiar una dirección H.323 a una dirección IP, usando la información obtenida en el registrador de terminal.
- Funciones de Supervisión.- El guardapuertas podría conceder o negar el permiso para realizar una llamada, dependiendo del tráfico o congestión en la red.

F.2 PRESENTACIÓN

Su función es interpretar la sintaxis y dar un formato común para que puedan ser entendidos los protocolos, tanto para protocolos de capas superiores e inferiores.

F.3 DIRECCIONAMIENTO

Ya que muchas redes IP poseen ambientes de direccionamiento dinámico, una dirección IP que identifica a un terminal H.323 puede cambiar; esto es necesario,

ya que de no ser así, los usuarios terminales tendrían que conocer todas las direcciones IP de los otros terminales finales con los que desean comunicarse. Existen dos métodos, implementados por diferentes protocolos, para realizar direccionamiento: el primero es el Protocolo de Declaración, admisión y estado (*RAS, Registration Admission Status*), el cual especifica cómo las entidades H.323 pueden acceder al guardapuerta realizando traducción de direcciones, y permite a los terminales finales H.323 conectarse vía un equipo guardapuerta. Alternativamente, el segundo método, es cuando un usuario final H.323 puede ser conocido inicialmente por un guardapuerta, vía un DNS.

F.4 CÓDEC (Audio Codec, *Audio coder/decoder*)

El CODEC es utilizado para convertir audio análogo hacia una señal digital, o viceversa. Para realizar esta función, existen recomendaciones de la UIT,^[B] tales como:

F.4.1 RECOMENDACIÓN G.723.1

"CÓDEC DE VOZ DE DOBLE VELOCIDAD PARA LA TRANSMISIÓN EN COMUNICACIONES MULTIMEDIOS A 5,3 Y 6,3 kbps."

"Esta Recomendación especifica una representación codificada que se puede utilizar para comprimir la voz u otra señal de audio componente de servicios multimedia a velocidad binaria muy baja como parte de la familia general de normas H.324. Este códec tiene dos velocidades binarias asociadas: 5,3 y 6,3 kbps. La velocidad más alta tiene mejor calidad. La velocidad más baja da una calidad buena y proporciona a los diseñadores de sistemas más flexibilidad. Ambas velocidades son una parte obligatoria del codificador y del decodificador. Es posible conmutar entre las dos velocidades en cualquier frontera de trama. También es posible una opción para el funcionamiento con velocidad variable utilizando transmisión discontinua y rellenado de ruido durante los intervalos sin voz."

Este códec se optimizó para representar la voz con una calidad alta a las velocidades mencionadas mediante una complejidad limitada. Codifica la voz u otras señales de audio en tramas mediante la codificación predictiva lineal de análisis por síntesis. La señal de excitación del códec de alta velocidad es la cuantificación multiimpulso de máxima verosimilitud (MP-MLQ, MultiPulse Maximum Likelihood Quantization) y la del códec de velocidad baja es la predicción lineal excitada por tabla de códigos algebraicos (ACELP, Algebraic Code Excited Linear Prediction). La duración de la trama es de 30 ms y hay un preanálisis adicional de 7,5 ms, lo que resulta en un retardo algorítmico total de 37,5 ms. Todos los retardos adicionales de este códec son retardos de procesamiento de la implementación, retardos de transmisión del enlace de comunicación y retardos de la memoria intermedia para el protocolo de multiplexación."

F.4.2 RECOMENDACIÓN H. 245.

"PROTOCOLO DE CONTROL PARA COMUNICACIÓN MULTIMEDIOS."

"La presente Recomendación especifica la sintaxis y la semántica de los mensajes de información de terminal así como los procedimientos para utilizarlos en la negociación en banda al comienzo de la comunicación o durante ésta. Los mensajes comprenden capacidades de transmisión y recepción así como preferencia de modos desde el extremo de recepción, señalización de canal lógico y la indicación y control. Se especifican procedimientos de señalización con acuse de recibo para garantizar comunicaciones fiables audiovisuales y de datos."

F.4.3 RECOMENDACIÓN H.225.0

" PAQUETIZACIÓN Y SINCRONIZACIÓN DE TRENES DE MEDIOS EN REDES DE ÁREA LOCAL DE CALIDAD DE SERVICIO NO GARANTIZADA."

"Esta Recomendación trata los requisitos técnicos de los servicios

videotelefónicos de banda estrecha, en aquellas situaciones en las que el trayecto de transmisión incluye una o más redes de área local (LAN), cada una de las cuales está configurada y gestionada para ofrecer una calidad de servicio (QoS) no garantizada que no es equivalente a la de la RDSI de banda estrecha

Esta Recomendación describe cómo puede gestionarse la información de audio, vídeo, datos y control en una LAN de calidad de servicio no garantizada para proporcionar servicios conversacionales en equipos conformes con la Recomendación H.323."

F.4.4 RECOMENDACIÓN Q.931

"SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DIGITAL DE ABONADO N.º 1 – ESPECIFICACIÓN DE LA CAPA 3 DE LA INTERFAZ USUARIO-RED DE LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS PARA EL CONTROL DE LLAMADA BÁSICA."

"Esta Recomendación especifica los procedimientos para el establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones de red en la interfaz usuario - red de la RDSI. Estos procedimientos se definen en términos de mensajes intercambiados por el canal D de las estructuras de interfaz a velocidad básica y primaria.

La finalidad de esta Recomendación es especificar las características, procedimientos y mensajes esenciales requeridos para el control de la llamada en el canal D. Sin embargo, hay algunos detalles de procedimiento que aún no se han especificado, y que quedan en estudio."

F.5 PROTOCOLO DE TIEMPO REAL

El protocolo de tiempo real (*RTP, Real Time Protocol*), provee mecanismos que permiten la sincronización de datos multimedia provenientes de diferentes aplicaciones. Si un usuario trabaja con alguna herramienta que provea una

corriente de datos y una herramienta de audio, que genera otra corriente de datos sobre el Internet, RTP marca los paquetes de las diferentes aplicaciones con un tipo específico de carga útil (*Payload*) y de sello de tiempo, así los datos de audio y vídeo pueden ser sincronizados en el *host* destino. En la figura F.3, se muestra la operación de RTP en una transmisión multimedia. Los datos de audio y vídeo son encapsulados en paquetes RTP, y transmitidos desde el origen al receptor.

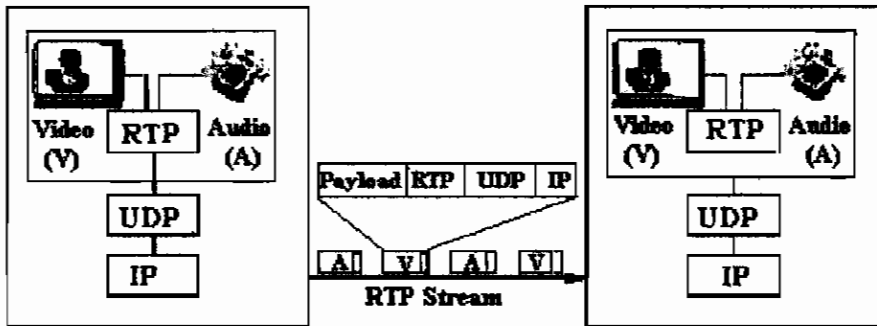


Figura F.3 Operación del protocolo RTP.

Sin usar el Protocolo RTP, los datos de vídeo y audio, eventualmente no llegarían al mismo tiempo al *host*, a causa de los retardos en la red. Esto ocasionaría que los datos sean desplegados asincrónicamente, dando como resultado un aspecto desagradable.

La cabecera del Paquete RTP es la siguiente, como se indica en la figura F.4:

0	8	16	31
V	P	X	CSRC count
	M	payload type	sequence number
time stamp			
synchronization source (DDRC) identifier			
contributing source (CCRC) identifiers			

Figura F.4 Cabecera del paquete RTP.

- **V (2 bits):** Indica la versión del protocolo RTP.
- **P (1 bit):** Relleno (*Padding*). Si este bit está activado, indica que hay uno o más *bytes* de relleno al final del paquete, que no es o no son parte de la carga útil. Esta función es usada algunas veces para algoritmos de encriptación.
- **X (1 bit):** Bit de extensión, si este bit está seteado, significa que hay una cabecera de extensión que sigue a la cabecera fija del paquete.
- **CSCR (4 bits):** contador, identifica el número de la siguiente cabecera fija que se espera.
- **M (1 bit):** bit de marca; es utilizado para propósitos especiales.
- **Tipo de carga útil (7 bits):** especifica el formato de la carga útil en el paquete RTP.
- **Número de secuencia (16 bits):** cada paquete obtiene un número, que es una secuencia con respecto al anterior, y es usado por el receptor para restablecer la secuencia en paquetes y determinar paquetes perdidos.
- **Marca de tiempo (32 bits):** es usado por el protocolo RTP para sincronizar los paquetes de diferentes fuentes. Este campo contiene el valor que representa el tiempo cuando el primer byte del paquete es muestreado (es creado); el valor inicial de la marca de tiempo es aleatorio, y va creciendo periódica y linealmente, dependiendo la frecuencia del reloj del formato de la carga útil.
- **Identificador SSRC (32 bits):** el identificador de sincronización de la fuente, es un campo escogido aleatoriamente para la fuente de paquetes RTP. Todos los paquetes de una fuente sincronizada contienen un único identificador SSRC, y todas las fuentes en una sesión RTP poseen un identificador SSRC diferente.

- **Lista CSRC (32 bits):** Es una lista de las fuentes que contribuyen a la corriente de paquetes RTP; así, paquetes con el mismo tipo de carga útil provenientes de diferentes destinos pueden ser mezclados. Los mezcladores insertan una lista de los diferentes identificadores SSRC de las fuentes que contribuyen a la generación del nuevo paquete RTP. De este modo, al llegar al receptor, éste podría identificar claramente y revertir el proceso de mezcla.

Aunque RTP fue diseñado para transportar datos multimedia, esto no es un limitante para un uso particular como en el caso de VoIP, en el cual todas las aplicaciones que producen una corriente constante de datos podrían utilizar RTP.

F.6 PROTOCOLO DE CONTROL DE TIEMPO REAL

Para muchas aplicaciones de tiempo real, se necesita de una realimentación para garantizar la entrega adecuada para dicha aplicación, siendo esta función provista por el protocolo de control de tiempo real (*RTCP, Real Time Control Protocol*).

La primera función del RTCP es proveer una realimentación acerca de la calidad del protocolo RTP. Este protocolo podría ser comparado con los protocolos que realizan control de flujo y congestión, en la capa de transporte. La realimentación por parte de los receptores es necesaria para diagnosticar los fallos en la distribución; el protocolo RTCP produce y recibe reportes, tales como estadísticas de flujo y conteo de paquetes, usanso para ello un puerto separado al usado por UDP (puerto RTP +1). La Figura F.4 muestra como trabajan los protocolos RTP y RTCP en conjunto.

Ya que los paquetes RTCP tienen diferentes funciones, existen diferentes formatos definidos que son:

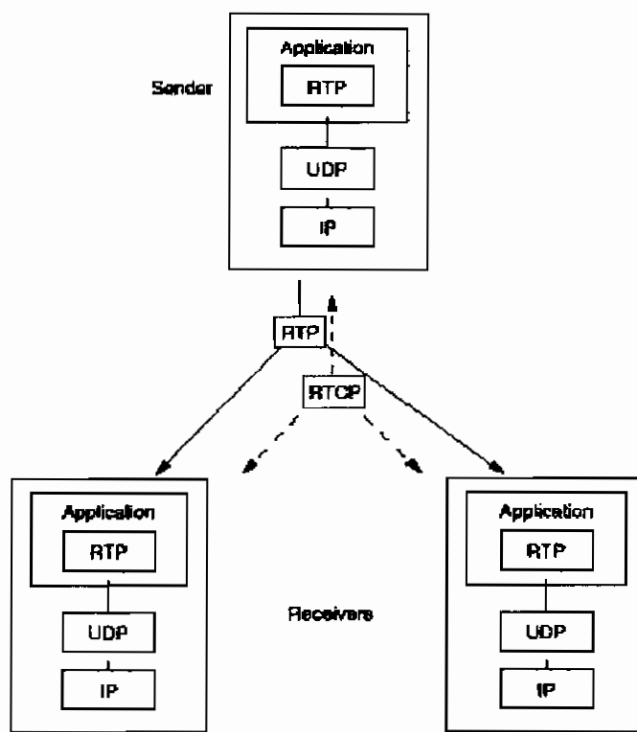


Figura F.4 Trabajo de RTP y RTCP.

F.6.1 REPORTE TRANSMITIDO (*SR, Sender Report*).

Este paquete será enviado por las fuentes de una corriente de datos RTP hacia los receptores, indicándoles los que ellos deben haber recibido, siendo éste un paquete *multicast* que va a todos los receptores. Este tipo de paquete puede ser agrupado en tres partes:

- cabecera: especifica el tipo de paquete, longitud de éste y la especificación de la fuente que transmite.
- información.
- reporte de bloques recibidos.

F.6.2 REPORTE DE RECEPCIÓN (*RR Receiver report*).

Este tipo de paquete es similar al anterior, pero su diferencia es que el campo de tipo de paquete posee un número constante que es el 201, y los otros campos son similares al paquete SR.

F.6.3 PARÁMETROS DE DESCRIPCIÓN DE FUENTE (*SDES Source description items*)

Posee en el campo de tipo de paquete el número 202, y es usado por la fuente de los paquetes RTP, para proveer mayor información acerca de ella misma. Los principales ítems que describen este tipo de paquetes son:

- Nombre único para la fuente. (*CNAME, Unique name for the source*).
- Nombre real de usuario de la fuente. (*NAME, The real user name of the source*).
- Dirección de e-mail del usuario. (*EMAIL, The e-mail address of the user*).
- Número telefónico del usuario. (*PHONE, Phone number of the user*).
- Locación geográfica del usuario. (*LOC, Geographic user location*).
- Aplicación del usuario o nombre de la herramienta (*TOOL, User's application or tool name*).
- Nota sobre la fuente. (*NOTE, Note about the source*).
- Extensiones privadas. (*PRIV, Private extensions*).

F.6.4 FIN DE PARTICIPACIÓN (*BYE, End of participation*).

Este paquete tiene en el campo tipo de paquete un número 203, y es usado por una fuente para informar que abandona la transmisión. Este es usado generalmente cuando se utiliza mezcla de fuentes, sirviendo para indicar cuales son las fuentes que abandonan la transmisión.

F.6.5 FUNCIONES ESPECÍFICAS DE APLICACIÓN. (*APP Application-specific functions*).

Este tipo de paquete tiene el campo tipo de paquete con el número 204, y es reservado para aplicaciones específicas futuras.

REFERENCIAS

- [A] **IBM Redbooks:** *"TCP/IP Tutorial and Technical Overview"*. IBM, International Technical Support Organization.
<http://www.redbooks.ibm.com>
- [B] **ITU-T:** CD-ROM "UIT-T. Recomendaciones." Diciembre, 1997.