



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES**

**TESIS**

**IMPLEMENTACION DE UNA VPN UTILIZANDO FRAME  
RELAY Y ATM**

**SUSANA ALINE MONTERO MARTINEZ**

**LUIS ANTONIO VERGARA BAEZ**

2003

## AGRADECIMIENTOS

La conclusión de toda mi carrera profesional esta contenida en el siguiente documento. Resulta imposible resumir cuales fueron los momentos claves a lo largo de mi carrera que me hicieron llegar hasta aquí, sin embargo si puedo nombrar a cada una de las personas que estuvieron presentes en estos momentos.

Es por ello que en este apartado quiero agradecer a toda esa gente que año tras año estuvo a mi lado apoyándome.

Primeramente quiero agradecer a Dios por darme la fuerza para llegar hasta aquí, por no dejarme perder en las adversidades que se presentaron a lo largo de todo este tiempo y por ser la luz que guió mi camino.

A mi mamá por darme la vida, por haberme apoyado incondicionalmente todos estas años, por desvelarse conmigo, por cuidar de mí, por dejarme llorar en su hombro y por compartir mis triunfos y mis fracasos.

A mi padre por darme las bases para construir mi futuro, por creer que mi esfuerzo daría frutos y por enseñarme a seguir todos mis sueños.

A mi hermana por ser una amiga incondicional, por escucharme siempre y por estar siempre cuando más la necesite.

A mis abuelos por ser la base de mi familia, por estar siempre firmes a mi lado y por enseñarme todo lo que se.

A mis amigos Azucena y José Luis por ser siempre incondicionales, por hacerme ver todos y cada uno de mis errores y por mostrarme que la amistad es una parte esencial en la vida.

A todos mis amigos y compañeros de la preparatoria y de la universidad por ayudarme a conseguir esta meta tan importante en mi vida.

A mis profesores que a lo largo de mi vida me enseñaron todos los conocimientos que me permitieron llegar hasta aquí.

A mi profesor y director de tesis Ing. Rodolfo Arias Villavicencio por ser la pieza clave en el desarrollo de este documento y por ayudarme a concluir una de las etapas más importantes en mi vida.

Al Ing. Miguel Salazar por ayudarme con sus conocimientos al desarrollo final de este documento y por ser mi amigo y jefe.

A David E. Przybyslawsky García por ayudarme con el desarrollo de este documento, por todo lo que me enseñó y por ser mi amigo.

A la Lic. Margarita Martínez Martínez por creer en mí y por darme la oportunidad de desarrollarme como profesionista.

A Luis Antonio Vergara Baez por ser mi compañero en el desarrollo de este trabajo y principalmente por ser una de las personas claves en mi vida.

Finalmente y no menos importantes a mis perros Ponky y Didi por estar siempre conmigo y principalmente por permitirme amarlos.

**SUSANA ALINE MONTERO MARTINEZ**

La conclusión de un camino llenos de victorias y fracasos, se resume en este trabajo debido que este es la culminación no de 5 años de estudio si no de todos mi estudios anteriores, creo que con palabras no podría decir todo lo que me provovca llegar al final de este camino, pero si quiero agradecer a las siguientes perosnas que lejos de apoyarme creyeron en mi.

Antes que nada a Dios por permitirme iniciar y terminar mis estudios.

A mis padres que me ofrecieron la oportunidad de realizar para mi un mejor futuro que siempre lucharon para que yo tuviera esa enorme oportunidad, sin ellos no ubiera podida realizar este sueño de varios pero varios años de estudio, gracias papa y gracias mama por estas ahí siempre cuando los necesito.

A mis hermanos Ivonne y Juan que su apoyo es muy valioso para mi.

A mi abuelita Rita y Mi abuelito Mecho que lejos de mi, siempre creyeron en podría superarme y me decian adelante adelante si se puede.

A la Familia Escobar que desde pequeño me cuidaron y me brindaron cariño y protección que en su momento necesite gracias por todo.

A los Doctores Víctor y Miguel que siempre estuvieron ahí para guiarnos y para regañarnos, creo que eso de la autoridad es positivo.

A mi profesor y director de tesis Ing. Rodolfo Arias Villavicencio por ser un ejemplo a seguir, por resolver todas mis fumadas ideas y corregirme con paciencia todos mis grandes errores y sobre todo aceptar ser nuestro guía en este trabajo.

A mis profesores Ing. San Roman, Ing.Francisco, Ing.Francisco Rodríguez, Ing. Rosario Barragán, Ing. Víctor Pinilla que lejos de enseñarme cosas escolares me enseron lo impotrante que es creer en los demas.

A los profesores Mrs.Labriola, Mr. Santana y Mrs. Guadalupe que me habrieron los brazos y me ayudaron a superarme en mis estudios.

A Poncho que siempre con su gran sabiduría y me orientaba hacia el buen camino.

A Roberto que desde hace años caminamos juntos por el mismo camino que siempre fue mi gran compañero en los proyectos y siempre encuentre en el, a un gran amigo en las buenas y malas, sobre todo alguien que nunca se aburriera hablar de computadoras.

A Omar, Blanca Brenda, Isabel que me enseñaron el valor de la amistad y del apoyo de loa amigos cuando se les necesita.

A Lourdes Tapia, Raul, EL güero, La nergra, Dafne Ernesto, El Nieves que en un gran momento de soledad supieron llenar ese vacío con una amistad y sobre todo que durante un par de años que compartí con ellos unas de mis mas grandes dichas que realice.

A Erika, Jacobo, Marifer, Fernando, Lolita, Nancy que siempre estuvieron y están ahí se que cuento con ellos gracias por esas “fiestas” y paseos cada semana santa y sobre todo gracias por su amistad.

A mis compañeros y amigos de la Universidad que siempre me apoyaron en muchas cosas.

A Susana Aline Montero Martínez que durante gran parte de mi carrera estuvo a mi lado los dos sufrimos y lloramos pero también reímos, compartimos tantos momentos que ella es pieza importante de lo que soy hoy en día, a ti Chiquis, gracias por aguantar mi carácter y mi forma de ser gracias por todo y quiero que sepas que todo lo que pasamos fue para darnos cuenta de muchas cosas de la vida, aunque se que este trabajo fue difícil para los dos creo que fue un gran reto trabajar en esto juntos y darnos cuenta que logramos concluir un trabajo que se veía que no tenía fin.

A La Facultad que lejos de enseñarme cosas escolares me dio lecciones de la vida, y me brindó la oportunidad de desenvolverme en todos los campos que el hombre conoce.

Finalmente Gracias a La UNAM que desde ya casi 10 años me brindó esa oportunidad de pertenecer a la más grande institución educativa y sobre todo me brindó la oportunidad de ser un miembro de ese 5 % de la población del país que tiene la oportunidad de una educación Universitaria.

**LUIS ANTONIO VERGARA BAEZ**

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>1 XDSL .....</b>	<b>14</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	14
1.2 MODULACIÓN MDT.....	17
1.2.1 2B1Q.....	18
1.2.2 CAP.....	18
1.2.3 DMT.....	19
1.2.4 DWMT.....	20
1.3 DSLAM.....	21
1.4 REPARTO DEL ANCHO DE BANDA.....	23
1.5 MEDIOS FÍSICOS .....	25
1.6 AMBITOS Y APLICACIONES .....	28
1.6.1 SERVICIOS OFRECIDOS .....	28
1.7 TÉCNICAS xDSL .....	28
<b>2 ADSL .....</b>	<b>34</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	34
2.2 ESTANDARIZACIÓN DE ADSL.....	34
2.3 PANORAMA DE LA TECNOLOGÍA ADSL.....	34
2.4 ARQUITECTURA Y OPERACIÓN .....	36
2.4.1 LAZO O BUCLE DEL ABONADO .....	37
2.4.2 TRANSPORTE DEL CANAL DE VOZ.....	37
2.5 SPLITTER.....	41
2.6 ESTÁNDARES DE MODULACIÓN .....	42
2.7 VARIANTES.....	46
2.7.1 G.lite.....	46
2.7.2 RADSL.....	46
2.8 VENTAJAS Y LIMITACIONES.....	46
2.9 ADSL vs. RDSI .....	48
2.10 APLICACIONES .....	49
<b>3 PPP.....</b>	<b>51</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	51
3.2 DESARROLLO .....	51
3.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL .....	52
3.4 CONFIGURACIÓN BÁSICA.....	53
3.5 ENTRAMADO .....	53
3.5.1 CAMPO DE INFORMACION.....	54
3.6 OPERACIÓN DEL PPP .....	54
3.7 FASES DE LA OPERACIÓN .....	54
3.7.1 FASE DE ENLACE MUERTO (CAPA FÍSICA NO LISTA).....	54
3.7.2 FASE DE ESTABLECIMIENTO DEL ENLACE.....	55
3.7.3 FASE DE VALIDACIÓN.....	55
3.7.4 FASE DE RED .....	55
3.7.5 FASE ABIERTA.....	55
3.7.6 FASE DE TERMINACIÓN DEL ENLACE.....	56
3.8 NEGOCIACIÓN AUTOMÁTICA DE OPCIONES.....	56
3.9 ESTADOS.....	56
3.10 EVENTOS.....	56
3.11 ACCIONES .....	57
3.12 PREVENCIÓN DE CICLOS.....	57

3.13	TIMERS .....	57
3.14	PROTOCOLO DE CONTROL DE ENLACE (LCP) .....	57
3.15	FORMATO DE LOS PAQUETES LCP .....	57
3.15.1	CAMPO CÓDIGO .....	58
3.15.2	CAMPO IDENTIFICADOR .....	58
3.15.3	CAMPO LONGITUD .....	58
3.15.4	CAMPO DATOS .....	58
3.15.5	SOLICITUD DE CONFIGURACIÓN .....	58
3.15.6	RECHAZO DE CONFIGURACIÓN .....	59
3.15.7	SOLICITUD DE TERMINACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE TERMINACIÓN .....	59
3.15.8	RECHAZO DE CÓDIGO .....	59
3.15.9	RECHAZO DE PROTOCOLO .....	59
3.15.10	SOLICITUD Y RESPUESTA DE ECO .....	59
3.15.11	SOLICITUD DE DESCARTE .....	60
3.16	OPCIONES DE CONFIGURACIÓN DE LCP .....	60
3.16.1	CAMPO TIPO .....	60
3.16.2	CAMPO LONGITUD .....	60
3.16.3	CAMPO DATOS .....	60
3.17	PROTOCOLOS DE CONTROL DE RED (NCP) .....	61
3.18	COMPARACIÓN ENTRE PPP Y SLIP .....	61
3.19	OSPF .....	62
3.19.1	INTRODUCCIÓN .....	62
3.19.2	DESCRIPCIÓN .....	62
3.19.3	JERARQUÍAS DE ENRUTAMIENTO .....	62
3.19.4	LSA (AVISO DEL ESTADO DE ENLACES) .....	64
3.19.5	ALGORITMO SPF .....	65
3.19.6	FORMATO DEL PAQUETE .....	65
3.19.7	OTRAS CARACTERÍSTICAS DE OSPF .....	67
<b>4</b>	<b>FRAME RELAY .....</b>	<b>68</b>
4.1	INTRODUCCIÓN .....	68
4.2	DEFINICIÓN DE FRAME RELAY .....	69
4.3	DISPOSITIVOS FRAME RELAY .....	69
4.4	CIRCUITOS VIRTUALES FRAME RELAY .....	71
4.4.1	CIRCUITOS VIRTUALES CONMUTADOS .....	71
4.4.2	CIRCUITOS VIRTUALES PERMANENTES .....	71
4.5	IDENTIFICADOR DE CONEXIÓN DEL ENLACE DE DATOS .....	72
4.6	MAPEO FRAME RELAY .....	72
4.6.1	ARP INVERSA .....	73
4.7	MECANISMOS DE CONTROL DE CONGESTIONAMIENTO .....	74
4.8	BIT DE .....	75
4.9	VERIFICACIÓN DE ERRORES EN FRAME RELAY .....	75
4.10	INTERFASE DE ADMINISTRACIÓN LOCAL FRAME RELAY (LMI) .....	75
4.11	FORMATOS DEL FRAME EN FRAME RELAY .....	76
4.11.1	FRAME ESTÁNDAR FRAME RELAY .....	76
4.11.2	FORMATO DEL FRAME LMI .....	77
4.12	IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FRAME RELAY .....	78
4.12.1	REDES PÚBLICAS DE LARGA DISTANCIA .....	79
4.12.2	REDES PRIVADAS EMPRESARIALES .....	80
4.13	TRANSMISIÓN DE FRAMES .....	80
4.14	COSTOS .....	81
<b>5</b>	<b>ATM .....</b>	<b>83</b>
5.1	INTRODUCCIÓN .....	83
5.2	CONCEPTOS GENERALES DE ATM .....	84
5.3	CARACTERÍSTICAS DE UNA CELDA ATM .....	86

5.4	PROTOCOLO ATM.....	87
	<i>CLASIFICACION DE SERVICIOS ALL</i> .....	89
5.5	ARQUITECTURA DE TRANSMISION FISICA.....	95
	5.5.1 <i>NIVEL DE TRAYECTORIA DE TRANSMISION</i> .....	95
	5.5.2 <i>NIVEL DE SECCIÓN DIGITAL</i> .....	95
	5.5.3 <i>NIVEL DE SECCIÓN REGENERADORA</i> .....	96
5.6	ARQUITECTURA DE TRANSMISION DE ATM.....	96
	5.6.1 <i>NIVEL DE CANAL VIRTUAL</i> .....	96
	5.6.2 <i>NIVEL DE TRAYECTORIA VIRTUAL</i> .....	96
	5.6.3 <i>PLANOS DEL MODELO DE REFERENCIA ATM</i> .....	97
5.7	MULTIPLEXACION EN ATM.....	99
5.8	MECANISMOS DE CONTROL EN REDES ATM.....	100
	5.8.1 <i>PRINCIPIOS BÁSICOS DE CONTROL DE TRAFICO</i> .....	100
5.9	VENTAJAS.....	108
	5.9.1 <i>COMPARACIÓN ENTRE ATM Y FRAME RELAY</i> .....	108
5.10	TECNOLOGIAS COMPETITIVAS.....	108
<b>6</b>	<b>IP.....</b>	<b>110</b>
6.1	INTRODUCCIÓN.....	110
6.2	CAPA DE RED .....	111
	6.2.1 <i>DIRECCIONES IP</i> .....	113
	6.2.2 <i>DIRECCIONES DE IP RESERVADAS</i> .....	114
	6.2.3 <i>MÁSCARA DE SUBRED</i> .....	117
	6.2.4 <i>PROTOCOLO IP</i> .....	119
	6.2.5 <i>FORMATO DEL DATAGRAMA IP</i> .....	119
6.3	FRAGMENTACIÓN.....	121
	6.3.1 <i>PROTOCOLO ARP</i> .....	122
	6.3.2 <i>CIDR ( Classless Inter-Domain Routing)</i> .....	123
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....</b>	<b>126</b>
7.1	DESCRIPCIÓN DE LA RED EMPRESARIAL.....	126
7.2	NECESIDADES PRINCIPALES DE LA EMPRESA.....	127
7.3	ESQUEMA FÍSICO DE LA RED.....	128
7.4	TOPOLOGIA PRINCIPAL DE LA RED .....	129
<b>8</b>	<b>DISEÑO FÍSICO DE LA RED: TOPOLOGIA WAN.....</b>	<b>132</b>
8.1	IMPLEMENTACION DE LA RED UTILIZANDO PDH (ENLACES DEDICADOS) .....	132
	<i>PDH</i> .....	132
	8.1.1 <i>CARACTERISTICAS DE IMPLEMENTACION</i> .....	132
	8.1.2 <i>ANÁLISIS DE COSTOS</i> .....	133
8.2	IMPLEMENTACION DE LA RED UTILIZANDO FRAME RELAY.....	134
	8.2.1 <i>CASO A : ESQUEMA FRAME RELAY</i> .....	135
	8.2.1.1 <i>CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN</i> .....	135
	8.2.1.2 <i>VISTA FISICA</i> .....	137
	8.2.1.3 <i>VISTA LÓGICA</i> .....	138
	8.2.1.4 <i>ANÁLISIS DE GASTOS</i> .....	140
	8.2.2 <i>CASO B :ESQUEMA HÍBRIDO</i> .....	140
	8.2.2.1 <i>CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN</i> .....	140
	8.2.2.2 <i>VISTA FÍSICA</i> .....	143
	8.2.2.3 <i>VISTA LÓGICA</i> .....	144
	8.2.2.4 <i>ANÁLISIS DE GASTOS</i> .....	146
	8.2.3 <i>COMPARACIÓN FINAL ENTRE AMBAS IMPLEMENTACIONES</i> .....	146
8.3	IMPLEMENTACION DE LA RED UTILIZANDO ATM.....	147
	8.3.1 <i>CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN</i> .....	147
	8.3.2 <i>VISTA FISICA</i> .....	149
	8.3.3 <i>ANÁLISIS DE COSTOS</i> .....	150
8.4	CONCLUSION FINAL PARA COMUNICACIÓN ENTRE SITIOS .....	150

8.5	DEFINICION DEL ESQUEMA DE CONEXIÓN HACIA INTERNET .....	152
8.6	ESQUEMA DE CONEXIÓN .....	153
8.6.1	CONEXIÓN UTILIZANDO ENLACES DEDICADOS SOBRE EL ESQUEMA HÍBRIDO.....	153
	ENLACES DEDICADOS SOBRE EL ESQUEMA HIBRIDO.....	153
8.6.1.1	CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN .....	153
8.6.2	CONEXIÓN UTILIZANDO ADSL LITE SOBRE EL ESQUEMA HÍBRIDO.....	155
8.6.2.1	CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN .....	155
8.6.3	COMPARACION FINAL.....	157
8.7	IMPLEMENTACION LOGICA DE LA CONEXIÓN A INTERNET .....	157
8.7.1	SERVIDOR PROXY .....	157
8.7.2	SEGURIDAD.....	159
<b>9</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO Y PLANEACION DE LAS REDES LAN.....</b>	<b>160</b>
9.1	DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO .....	160
9.2	SELECCIÓN DE EQUIPO WAN .....	160
9.3	PLANEACION DE LAS REDES LAN .....	161
9.4	COSTO TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DE LA RED .....	164
<b>10</b>	<b>COSTOS FINALES DE IMPLEMENTACION FINAL DE LA RED.....</b>	<b>165</b>
<b>11</b>	<b>ASPECTOS LÓGICOS .....</b>	<b>167</b>
11.1	PROTOCOLOS WAN .....	167
11.2	TECNOLOGÍAS LAN.....	167
11.3	DIRECCIONAMIENTO IP .....	167
11.4	DIRECCIONAMIENTO IP .....	168
11.5	ELECCION DE PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO .....	168
11.5.1	DEFINICION DE AREAS .....	169
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>170</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>172</b>
	CISCO CATALYST 2950 SERIES SWITCHES—WITH STANDARD IMAGE SOFTWARE.....	172
	ENRUTADOR DE ACCESO MODULARCISCO 1720 ACCESO FLEXIBLE A INTERNET PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS Y PEQUEÑAS SUCURSALES .....	176
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>181</b>

## INTRODUCCIÓN

Una de las necesidades vitales de la empresa moderna es el poder compartir información, particularmente en aquellas empresas que se encuentran dispersas, con sedes en diferentes zonas y secciones de la empresa que no se encuentran en el mismo entorno físico.

Hasta el momento, las grandes corporaciones han solucionado el problema mediante sistemas de comunicación como líneas punto a punto, sofisticadas instalaciones de interconexión y otro tipo de sistemas. Aunque efectivas, estas soluciones quedan fuera del alcance de empresas de menor tamaño y con recursos económicos y técnicos más escasos.

El concepto de las VPN no es, en realidad, ninguna novedad tecnológica, sino una nueva fórmula de interconexión con tecnologías de menor costo.

El uso y aplicaciones de esta herramienta son muy similares al de las redes privadas de las grandes corporaciones. Se trata de interconectar a través de una red pública, centros de distintas zonas geográficas, por lo general contra una sede o central, y así poder compartir datos y transmitir información a menores costos.

Las VPN representan una gran solución para las empresas en cuanto a seguridad, confidencialidad e integridad de los datos y prácticamente se ha vuelto un tema importante en las organizaciones, debido a que reduce significativamente el costo de la transferencia de datos de un lugar a otro, aunque el único inconveniente que pudieran tener es que primero se deben establecer correctamente las políticas de seguridad y de acceso porque si esto no está bien definido pueden existir consecuencias serias.

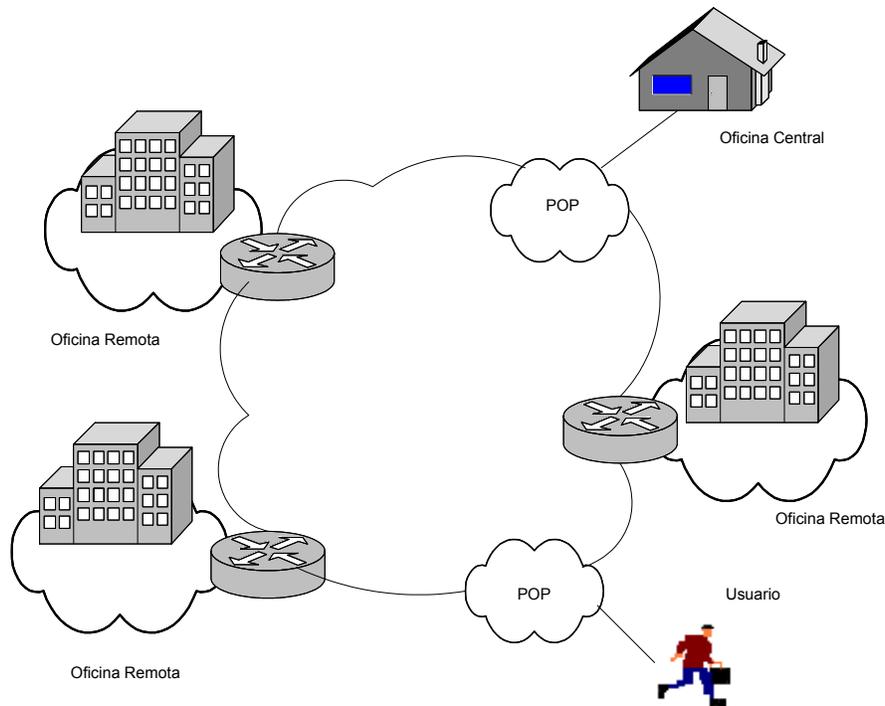
Desde el punto de vista del usuario, la VPN es una conexión entre el usuario y el servidor corporativo. La naturaleza de la interconexión que está en medio de los dos es transparente para el usuario, es decir como si fueran enviados a través de una red privada dentro de la misma empresa.

Una VPN se puede implementar utilizando tanto accesos RDSI como en líneas dedicadas usando tecnologías tipo Frame Relay o ATM.

ADSL es una de las primeras alternativas de comunicación que han hecho que la desventaja operativa de las redes desaparezca, permitiendo ya a pequeñas y medianas empresas disponer de su propia conexión al Internet.

Frame Relay surge como una opción confiable y práctica en la implementación de las VPN's, sin embargo, al igual que ADSL presenta ciertas limitaciones que no la hacen una de las opciones más completas para todo tipo de empresas que requieren de la implementación de una red privada, por ello, surge ATM como una nueva alternativa en la implementación de las VPN's que cumple con los requisitos que Frame Relay deja pendientes.

ATM es actualmente la opción que se adecua mejor a las necesidades de cualquier tipo de empresa que maneje aplicaciones en tiempo real, aunque no por ello deja de presentar desventajas y limitaciones.



**Fig. a Esquema principal de una VPN**

Las 3 tecnologías anteriores pudieran ser verdaderamente atractivas para cualquier tipo de empresa sin embargo, solo una de ellas podrá ofrecer un mayor numero de servicios que cubran al 100% las necesidades de cada empresa. Es por ello que cualquier empresa que requiera del diseño e implementación de una VPN deberá de estudiar y considerar cuales son las ventajas ofrecidas por cada una para poder decidir de entre ellas a la más adecuada.

En este trabajo se analizaran a las 3 tecnologías como parte de una solución propuesta a una empresa que necesita implementar una red privada entre 5 sitios diferentes ubicados dentro de la Republica Mexicana para la transmisión de datos.

Al final, la tecnología seleccionada no solo deberá cumplir con todas las de demandas establecidas por la empresa si no que también deberá ayudar al desarrollo económico de la misma, la cual al igual que muchas otras en nuestro país, busca no solo un bienestar interno sino un desarrollo empresarial mayor dentro de un mercado económico tan demandante como el nuestro.

## **ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO**

La presente tesis esta formada por 11 capítulos divididos en 6 partes: La introducción, 6 capítulos que conforman la primera parte donde se desarrolla la teoría, 5 capítulos para el desarrollo del documento que conforman la segunda parte, las conclusiones, una sección de anexos y un apartado bibliográfico. El contenido de cada uno de ellos se describe brevemente a continuación.

La introducción muestra un panorama general de la necesidad que existe de hacer un análisis detallado del funcionamiento, ventajas y desventajas que ofrecen actualmente las VPN's así como la enorme importancia que están tomando este tipo de redes en el mercado actual dentro del campo de las telecomunicaciones.

En la primera parte se definen los conceptos básicos de las diferentes tecnologías que permiten el desarrollo de las VPN's. Se hace referencia a tecnologías como ADSL, XDSL, ATM, Frame Relay, PPP e IP. En cada uno de estos capítulos se describe el funcionamiento básico de la tecnología, su estructura general así como sus aplicaciones principales dentro de el mercado actual de las comunicaciones. Todo esto se hace con el fin de explicar muchos de los conceptos que serán básicos para que el lector pueda entender la parte de desarrollo de este trabajo.

En la segunda parte se muestra la esencia principal del trabajo, basándose en todos los conceptos anteriores, se hace un estudio profundo de las VPN's a una empresa como parte de una solución a uno de sus problemas de comunicación. Esta parte esta formada por 5 capítulos: Análisis del problema, implementación de la parte física de la red, dimensionamiento del equipo, costos finales y aspectos lógicos.

Análisis del problema: Como su nombre lo dice se muestra el problema de tal forma que el lector conozca cuales son las circunstancias que determinan el problema. Con la creación de una empresa ficticia, se plantea la necesidad de establecer una red interna como medio de comunicación entre los sitios que forman a la empresa. La empresa cuenta con 5 sitios ubicados en 3 diferentes estados, 2 sitios en México, 2 sitios en Monterrey y un sitio en Guadalajara.

Implementación de la parte física de la red: En este capítulo se hace la implementación física de la red utilizando tecnologías diferentes para poder encontrar a la que se adapte mejor a las necesidades y requerimientos de la empresa. Se analizan 3 tecnologías principalmente: PDH, Frame Relay y ATM.

En PDH se hace la implementación de la red utilizando enlaces dedicados entre sitios, se investigaron los precios comerciales y se hizo un análisis final de costos de la implementación de la red utilizando esta tecnología.

En Frame Relay se analizan 2 casos diferentes de implementación de la red. En el primer caso, llamado esquema Frame Relay, todos los sitios se conectan a la red Frame Relay. El segundo caso llamado esquema híbrido, solo los 3 sitios principales se conectan a la red Frame Relay, México, Monterrey y Guadalajara, los 2 sitios establecidos dentro del mismo estado se conectan entre si utilizando enlaces dedicados. Haciendo un análisis de costos para ambos casos se establece una comparación y elección de esquema final.

En ATM solo se analiza un caso, en donde todos los sitios se conectan a la red ATM, sin embargo, como ATM no es una tecnología que este funcionando en México, solo se hace la implementación teórica y el análisis de costos se supone de acuerdo a la parte teórica analizada anteriormente.

Además de requerir de una conexión entre los sitios que forman su red, la empresa propone una conexión entre los sitios e Internet. En este caso se implementa la conexión a Internet desde uno de los sitios utilizando el esquema definido para la conexión solo entre sitios y 2 tecnologías diferentes de conexión hacia Internet, ADSL LITE y enlace dedicado.

El dimensionamiento del equipo muestra los costos y características tanto del equipo WAN como del equipo LAN necesario por cada Nodo para la implementaron final de la red. Se hace un análisis de la arquitectura de cada Nodo que ayuda a determinar la distribución y características del equipo necesario.

Los costos totales proporcionan los gastos de implementación de toda la red incluyendo la conexión a Internet y el equipo necesario para cada Nodo.

El capítulo de aspectos lógicos cubre conceptos importantes en la implementación lógica final de la red como lo son seguridad, direccionamiento IP y protocolos WAN.

En las conclusiones se hace un análisis final de las causas y circunstancias que nos hicieron determinar el esquema de implementación final de la red , el por que se eligieron las VPN's como la mejor opción para este caso asi como experiencias propias que nos hicieron llegar a esta solución .

Los anexos muestran las hojas técnicas del equipo necesario utilizado en la implementación final de la red con el fin de mostrarle al lector todo lo necesario para que sea entendible todo el trabajo sin necesidad de recurrir a otras fuentes.

Por último, se muestran las referencias bibliográficas y las referencias electrónicas que se consultaron durante todo el trabajo.

# 1 XDLS

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La tecnología DSL, Digital Subscriber Line, (Línea de Abonados Digitales) suministra el ancho de banda suficiente para numerosas aplicaciones, incluyendo además un rápido acceso a Internet utilizando las líneas telefónicas; acceso remoto a las diferentes Redes de área local (LAN), videoconferencia, y Sistemas de Redes Privadas Virtuales (VPN).

La primera especificación de la tecnología xDSL fue definida en 1987 por Bell Communications Research (Bellcore), la misma compañía que inventó la RDSI, que forma parte de un consorcio formado por las compañías telefónicas regionales denominadas RBOC (Regional Bell Operating Company) y creadas a partir de la sentencia del caso de monopolio de AT&T de la Corte Federal de los EE.UU., en 1983. En ese momento, xDSL estaba diseñada para suministrar vídeo bajo demanda y aplicaciones de TV interactiva sobre el par de cobre.

Otro momento en el que se dió un nuevo impulso a esta tecnología fue cuando se aprobó en EE.UU. la Ley de Reforma de las Telecomunicaciones de 1996 (Telecommunications Reform Act), que permitía a las compañías de comunicaciones competir entre sí en cualquiera de estos mercados.

En el año 1989 se desarrolló la tecnología conocida como ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line, Línea de Abonado Digital Asimétrica). La denominación de asimétrica es debida a que las velocidades de transmisión y recepción son distintas. La velocidad de bajada, con la que llega la información a nuestro ordenador, suele ser bastante mayor que la de subida, con la que se mandan datos desde nuestro equipo. Este tipo de tecnología se encuadra dentro de la familia DSL (Digital Subscriber Line, Línea de Abonado Digital) que lo forman SDSL (Symmetric DSL), R-ADSL (Rate Adaptative DSL), VDSL (Very-High-Bit-Rate DSL) y HDSL (Hight Bit-Rate DSL).

La historia de DSL realmente empezó a tener éxito en 1999, tomó la convergencia de varios eventos antes de que DSL empezara a mostrarse. Las compañías de teléfonos estaban en una posición ideal para ofrecer los porque ellos poseían el alambre cobrizo sobre el que DSL opera.

xDSL esta formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Son unas tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrico como asimétrico y de alta velocidad sobre el bucle de abonado.

Las tecnologías xDSL convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los abonados, similares a los de las redes de cable o las inalámbricas, aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que estos reúnan un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia.

Para utilizar DSL, se debe estar a menos de 5.500 mts (aproximadamente) de la oficina central de la empresa telefónica, ya que a una distancia mayor no se puede disfrutar de la gran velocidad que provee el

servicio. Después de los 2.400 mts la velocidad comienza a disminuir, pero aún así este tipo de tecnologías es más veloz que una conexión mediante un módem y una línea telefónica.

Los beneficios del DSL pueden resumirse en:

- *Conexión Interrumpida y veloz:* Los usuarios podrán bajar gráficos, video clips, y otros archivos, sin perder mucho tiempo esperando para que se complete la descarga.
- *Flexibilidad:* Antes del desarrollo de la tecnología DSL, aquellos quienes querían utilizar Internet sin ocupar su línea debían adherir otra más; lo que en realidad tenía un costo bastante elevado. Utilizando la tecnología DSL, los usuarios podrán utilizar la misma línea para recibir y hacer llamadas telefónicas mientras estén on-line<sup>1</sup>.
- *Totalmente digital:* DSL convierte las líneas telefónicas analógicas en digitales adhiriendo un dispositivo de interconexión de línea en la oficina central, y un módem del tipo DSL en la casa del abonado. Para esto, los clientes deberán suscribirse al servicio DSL desde sus proveedores de servicio telefónico.

Los beneficios de este renacimiento tecnológico son inmensos. Los Proveedores de Redes de Servicios pueden ofrecer nuevos servicios avanzados de inmediato, incrementando las ganancias y complementando la satisfacción de los usuarios. Los propietarios de redes privadas pueden ofrecer a sus usuarios los servicios expandidos que juegan un papel importante en la productividad de la compañía y los impulsa a mejorar su posición competitiva.

Los costos de inversión son relativamente bajos, especialmente comparados con los costos de recableado de la planta instalada de cobre. Adicionalmente a esto, la facilidad en la instalación de los equipos xDSL permite la reducción de costos por tiempo de instalación para la puesta en marcha de los nuevos servicios.

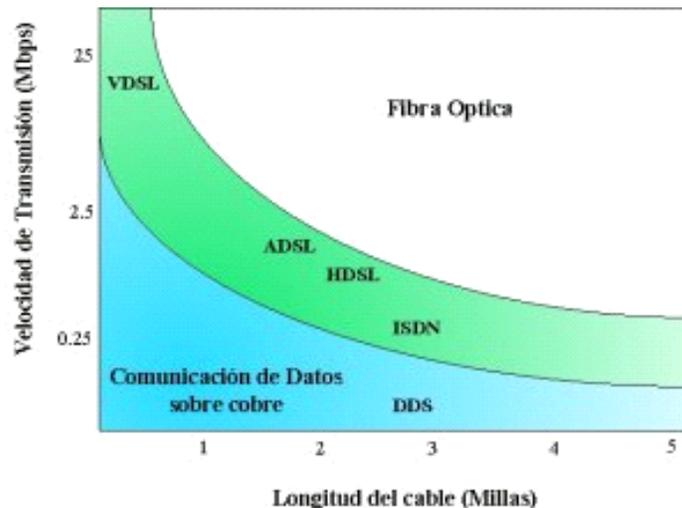
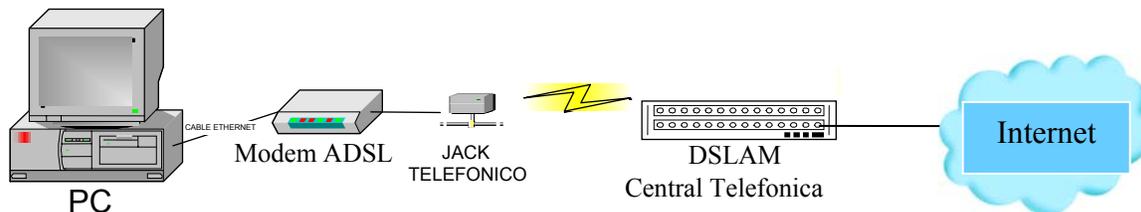


Fig. 1-a-XDSL- Relacion velocidad/longitud de cable

<sup>1</sup> ON- LINE :En línea

Las líneas de cobre telefónicas soportan diferentes canales de ancho de banda. El canal más bajo es para la comunicación de voz, mientras que el canal con mayor ancho de banda utiliza dos vías de alta velocidad para la transmisión de datos utilizando la tecnología DSL. No hay necesidad de una línea telefónica adicional porque DSL usa el canal de mayor ancho de banda que el teléfono no utiliza. Así pues, podemos llamar por el teléfono al mismo tiempo que accedemos a Internet.



**Fig. 1-b-XDSL-Diagrama de Conexión ADSL a Internet**

Para trabajar con DSL, el modem digital o enrutador del lado del abonado o cliente, debe estar accesible a la oficina central (CO) de telefonía local, donde la compañía telefónica tiene instalada un DSLAM <sup>2</sup> que traduce las señales DSL. La señal es transmitida desde el DSLAM directamente al enrutador del servidor DSL, donde se verifica el acceso a la red y da servicio para la conexión a Internet.

xDSL utiliza más de un ancho de banda sobre las líneas de cobre, las cuales son actualmente usadas para los viejos servicios telefónicos planos (POTS <sup>3</sup>). Utilizando frecuencias superiores al ancho de banda telefónico (300Hz to 3,200Hz), xDSL puede codificar más datos y transmitir a más elevadas tasas de datos que por otro lado esta posibilidad estaría restringida por el rango de frecuencias de una red POTS.

Para utilizar frecuencias superiores al espectro de audio de voz, equipos xDSL deben instalarse en ambas puntas (abonado y CO) y un cable de cobre entre ellos debe ser capaz de sostener las altas frecuencias para completar la ruta. Esto quiere decir que las limitaciones del ancho de banda de estos aparatos debe ser suprimida o evitadas.

En general, en los servicios xDSL, el envío y recepción de datos se establece a través de un módem xDSL (que dependerá de la clase de xDSL utilizado: ADSL <sup>4</sup>, VDSL <sup>5</sup>,...). Estos datos pasan por un dispositivo, llamado "splitter", que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico y del servicio xDSL. El splitter se coloca delante de los módems del usuario y de la central; está formado por dos filtros, uno pasó bajo y otro paso alto. La finalidad de estos dos filtros es la de separar las señales transmitidas por el canal en señales de alta frecuencia (datos) y señales de baja frecuencia (Telefonía).

Las transmisiones de voz, residen en la banda base (4 KHz e inferior), mientras que los canales de datos de salida y de entrada están en un espectro más alto (centenares de KHz). El resultado es que los proveedores de servicio pueden proporcionar velocidades de datos de múltiples megabits mientras dejan intactos los servicios de voz, todo en una sola línea. La tecnología xDSL soporta formatos y tasas de

<sup>2</sup> **DSLAM** :Multiplexor de Acceso de Línea de Subscriber Digital Para interconectar a los múltiples usuarios de DSL en una red de computadoras, la compañía del teléfono usa un Multiplexor de Acceso de Línea de Subscriber Digital (DSLAM)

<sup>3</sup> **POTS** (*Plain Ordinary Telephone Service*).

<sup>4</sup> **ADSL**:Línea de Abonados Digital Asimétrica

<sup>5</sup> **VDSL**:Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta

transmisión especificados por los estándares, como lo son T1 (.1544 Mbps) y E1 (2.048 Mbps), y es lo suficientemente flexible para soportar tasas y formatos adicionales como sean especificados (ej. 6 Mbps asimétricos para transmisión de alta velocidad de datos y video). xDSL puede coexistir en el circuito con el servicio de voz. Como resultado, todos los tipos de servicios, incluyendo el de voz existente, video, multimedia y servicios de datos pueden ser transportados sin el desarrollo de nuevas estrategias de infraestructura.

xDSL es una tecnología "Modem-Like <sup>6</sup>" donde es requerido un dispositivo xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre. Estos dispositivos aceptan flujo de datos, generalmente en formato digital, y lo sobrepone a una señal análoga de alta velocidad. Las tres técnicas de modulación usadas actualmente para xDSL son 2B1Q (2 Bit, 1 Quaternary), "carrier-less amplitude phase modulation" (CAP) y "discrete multitone modulation" (DMT).

xDSL provee configuraciones asimétricas ó simétricas para soportar requerimientos de ancho de banda en uno ó dos sentidos. Se refiere a configuraciones simétricas si el ancho de banda necesario o provisto es el mismo en las dos direcciones ("upstream": sentido cliente-red, y "downstream": sentido red-cliente). Aplicaciones asimétricas son esas en las cuales las necesidades de ancho de banda son mayores en una dirección que en la otra. Por ejemplo, para "navegar" en el WWW, se requiere de un ancho de banda muy pequeño desde el cliente hasta su proveedor, dado que solamente se requiere lo necesario para pasar información de control y generalmente con algunos Kbps basta. Mientras que en el otro sentido (desde el proveedor hasta el cliente), el ancho de banda requerido se podría expresar en Mbps.

xDSL equivale a bucle de abonado digital x, donde x hace referencia a la tecnología específica. Se trata de tecnologías que explotan el par de hilos de cobre de la red de telecomunicaciones ya existente para transmitir datos a alta velocidad.

A pesar de los aumentos de velocidad sobre los módem actuales que ofrecen tanto los módem de 56 Kbps como ISDN, que trabajan a velocidades de 64 y 128 Kbps; éstos son vistos como soluciones intermedias, ya que no poseen el ancho de banda necesario como para transmitir vídeo con una buena calidad. Se calcula que, para un vídeo comprimido en MPEG-2, el estándar de transmisión de vídeo digital del momento y que es utilizado por los discos DVD y por la televisión digital son necesarios entre 2 y 6 Mbps de ancho de banda. Es en este rango de velocidades donde se está librando la batalla tecnológica del futuro por la conquista de millones de usuarios hogareños ávidos de información y entretenimiento.

Entre las varias tecnologías propuestas, la que tuvo mayor aceptación fue la de digitalizar dicha conexión analógica, técnica que se conoció como DSL, Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital.

## 1.2 MODULACIÓN MDT

Las tecnologías DSL usan varios tipos de modulación aunque están regularizándose por la Unión de la Telecomunicación Internacional. Los fabricantes de módem DSL usan Tecnología de Multitone Discreta (DMT) o bien Carrierless Amplitud Modulación (CAP).

En general, el rango máximo para DSL sin los repetidores es 5.5 Km. (18,000 pies). El cable de medida 24 AWG consigue llevar tasas de datos más lejos que de medida 26 AWG.

---

<sup>6</sup> **MODEM LIKE** :Muy parecida a la **tecnología** de los módem

Al igual que ocurre con los módems tradicionales, es necesario realizar una transformación de la señal que se quiere enviar (y el proceso contrario en la que se recibe) para que pueda ser transmitida por medio de las líneas telefónicas convencionales. Este proceso, que se conoce como Modulación de la señal, consiste en modificar una señal "tipo" que se genera dentro del dispositivo en función de la señal a enviar. La señal que se genera con el fin de ser modificada teniendo en cuenta la que se transmite se denomina portadora. Estas modificaciones se pueden hacer alterando alguna de sus propiedades.

### 1.2.1 2B1Q

Una secuencia de dos bits se transmite como un pulso de señal de cuatro niveles. 2B1Q es un tipo de codificación de línea, en la cual, pares de bits binarios son codificados de 1 a 4 niveles para la transmisión (por tanto 2 binarios/1 cuaternario). Será utilizada, exclusivamente, en la tecnología IDSL.

### 1.2.2 CAP

La modulación Carrierless amplitude and phase (CAP) es un estandar de implementación propiedad de Globespan Semiconductor. Mientras el nombre especifica que la modulación es "carrierless" una portadora actual es impuesta por la banda trasmisora formando un filtro a través del cual los símbolos fuera de los límites son filtrados. Por eso CAP es algorítmicamente idéntico a QAM.

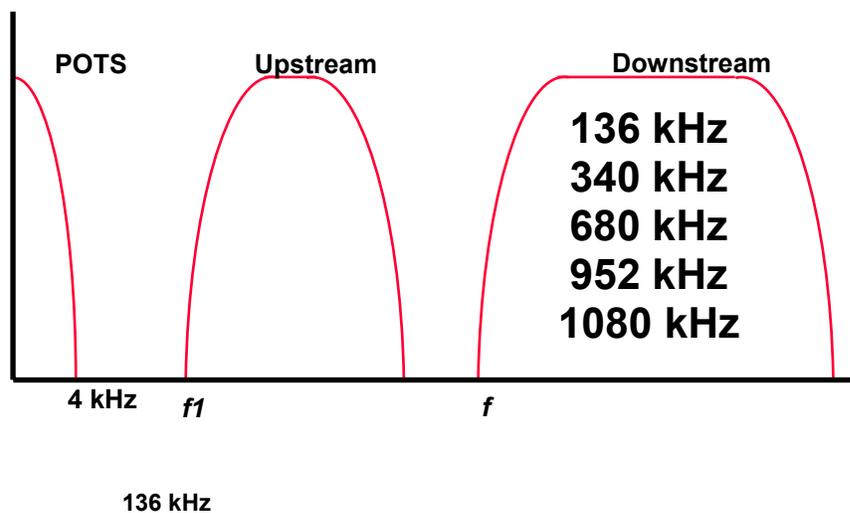


Fig. 1-c-XDSL-Diagrama de Modulación CAP

El receptor de QAM necesita una señal de entrada que tenga la misma relación entre espectro y fase que la señal transmitida. Las líneas telefónicas instaladas no garantizan esta calidad en la recepción por lo que una implementación QAM para el uso de xDSL tiene que incluir ecualizadores adaptativos es decir ecualizadores que adapten la señal y bien que puedan medir las características de la línea y compensar la distorsión introducida por el par trenzado.

CAP divide la señal modulada en segmentos que después almacena en memoria. La señal portadora se suprime, puesto que no aporta ninguna información ("carrierless"). La onda transmitida es la generada al pasar cada uno de estos segmentos por dos filtros digitales transversales con igual amplitud, pero con una diferencia de fase de  $\pi / 2$  ("quadrature"). En recepción se reensamblan los segmentos y la portadora

volviendo a obtener la señal modulada. De este modo, obtenemos la misma forma del espectro que con QAM, siendo CAP más eficiente que QAM en implementaciones digitales.

La tasa de subida es de 136 K baudios sobre una portadora de 113.2 KHz, mientras que la tasa de bajada es de 340 K baudios sobre una portadora de 435.5 KHz, 680 K baudios sobre una portadora de 631 KHz, o 952 K baudios sobre una portadora de 787.5 KHz. Esto permite al modem adaptar la tasa de símbolos variando las condiciones de la línea. La modulación QAM también adapta las tasas variando el número de bits por símbolos.

La ventaja del principio de CAP está en la base de instalación de los modems. Estos están siendo desarrollados en varios mercados y disponibles por varios fabricantes. Presenta el gran inconveniente de no estar estandarizado por ningún organismo oficial (ni europeo ni americano).

### 1.2.3 DMT

Discrete MultiTone es una técnica de código de línea que fue patentada (pero no implementada) por AT&T Bell Labs hace 20 años. La modulación DMT es un método por medio del cual el rango de frecuencias usadas es separado en 256 bandas de frecuencias (o canales) de 4.3125 KHz cada uno. Esto está relacionado con el algoritmo FFT (Fast Fourier Transform, Transformación de Fourier rápida) el cual usa DMT como modulador y demodulador. FFT no es perfecto en la separación de frecuencias en bandas individuales, pero es suficiente, y esto genera un espectro suficientemente separable en el receptor. Dividiendo el espectro de frecuencias en múltiples canales DMT se considera que funciona mejor con la presencia de una fuente de interferencias tales como transmisores de radio AM. Con esto también es capaz de transmitir voltajes sobre las porciones de los espectros, lo que es aprovechado para enviar datos.

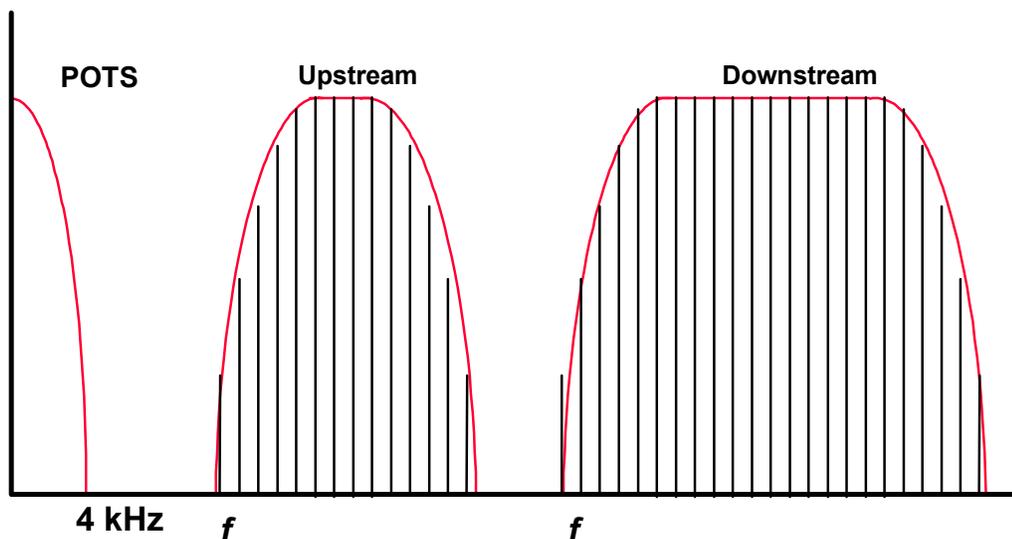


Fig. 1-d-XDSL-Diagrama de Modulación DMT

La asignación de canales es menos flexible, pero valores típicos deber estar entre 6-31 canales para subida (upstream) (24KHz-136KHz), 32-250 para bajada (downstream) (136KHz-1.1MHz). La modulación usada sobre algunos canales de frecuencias dados es QAM. Los canales 16 y 64 son reservados para tonos guía los cuales son usados para restablecer la medida del tiempo. El número de bits por símbolo de cada canal debe ser independientemente seleccionado mediante el modem para adaptar la tasa.

La línea se comprueba para determinar qué banda de frecuencias es posible y cuántos bits pueden ser transmitidos por unidad de ancho de banda. Los bits se codifican en el transmisor mediante la transformada rápida de Fourier inversa y después pasan a un conversor analógico/digital. Al recibirse la señal, ésta se procesa mediante una transformada rápida de Fourier para decodificar la trama de bits recibida. DMT puede operar con una velocidad fijada o en modo adaptativo; es decir, puede usar un valor constante de velocidad, o puede modificar dicho valor durante la operación, como respuesta a las características de la línea.

#### 1.2.4 DWMT

Existe una variante de DTM, denominada DWMT (Discrete Wavelet Multi-Tone) que es algo más compleja pero a cambio ofrece aún mayor rendimiento al crear mayor aislamiento entre los 256 subcanales. Esta variante podría ser el protocolo estándar para transmisiones ADSL a larga distancia y donde existan entornos con un alto nivel de interferencias.

Esta tecnología es similar al estándar basado en DMT. DWMT usa una avanzada transformación de onda digital en vez de la transformada de Fourier usada en OFDM<sup>7</sup> y DMT.

Los subcanales de DWMT tienen lóbulos laterales significativamente más bajos que los de DMT y más fielmente aproximados al ideal. La ideal subcanalización debería ser usada en los lóbulos principales los cuales contienen el 100 % del voltaje del subcanal.

Los lóbulos laterales de DWMT son de 45 dB inferior al lóbulo principal, mientras que los lóbulos laterales de OFDM y DMT son sólo de 13 dB por encima, así pues el 99.997 % del voltaje de los subcanales de DWMT reside en el lóbulo principal mientras que en OFDM y DMT es el 91 %.

El espectro superior de DWMT da lugar a las siguientes ventajas:

- DWMT tiene menos solapamientos de transmisión que OFDM or DMT. No hay tiempos de seguridad entre los símbolos ni una costosa sincronización de tiempo
- DWMT es capaz de mantener niveles superiores de ruido a ADSL
- En arquitecturas HFC<sup>8</sup> multipunto a punto DWMT activa el ancho de banda repartiéndolo a usuarios de forma independiente con un único canal de seguridad.

---

<sup>7</sup> **Orthogonal Frequency Division Multiplexing** (Multiplexión por División de Frecuencias Ortogonales) Es una técnica de transmisión multiportadora que divide el espectro disponible en muchas subportadoras de banda angosta, dando un uso eficiente del espectro.

<sup>8</sup> **HFC**: Tecnología que mezcla cables de fibra óptica con cables coaxiales de cobre en distintos segmentos de una red. Es muy utilizada por las redes de cable módems y televisión por cable. Esto permite un mayor ancho de banda en la transmisión de datos y una mayor confiabilidad en la red debido a la fibra óptica

### 1.3 DSLAM

Para interconectar a los múltiples usuarios de DSL en una red de computadoras, la compañía del teléfono usa un Multiplexor de Acceso de Línea de Subscriptor Digital (DSLAM). Típicamente, el DSLAM se conecta a una red ATM donde puede transmitir datos. A cada extremo la transmisión, un demultiplexor de DSLAM retransmite los datos a las conexiones individuales de DSL apropiadas. El DSLAM además es capaz de enrutar el tráfico de todas las tarjetas hacia una red de área extensa o WAN.

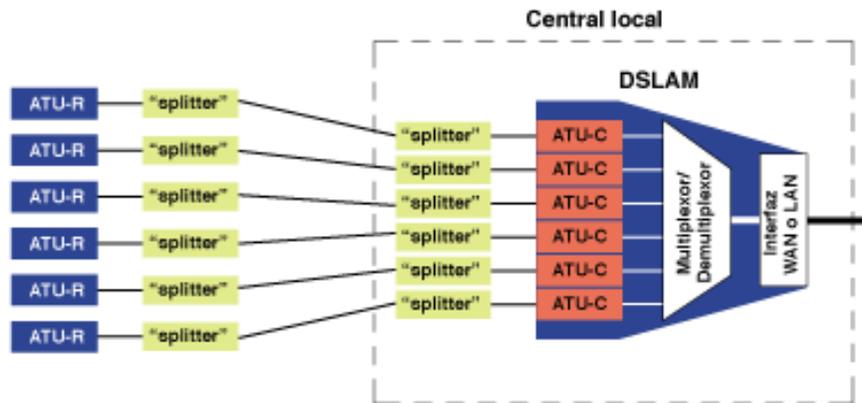
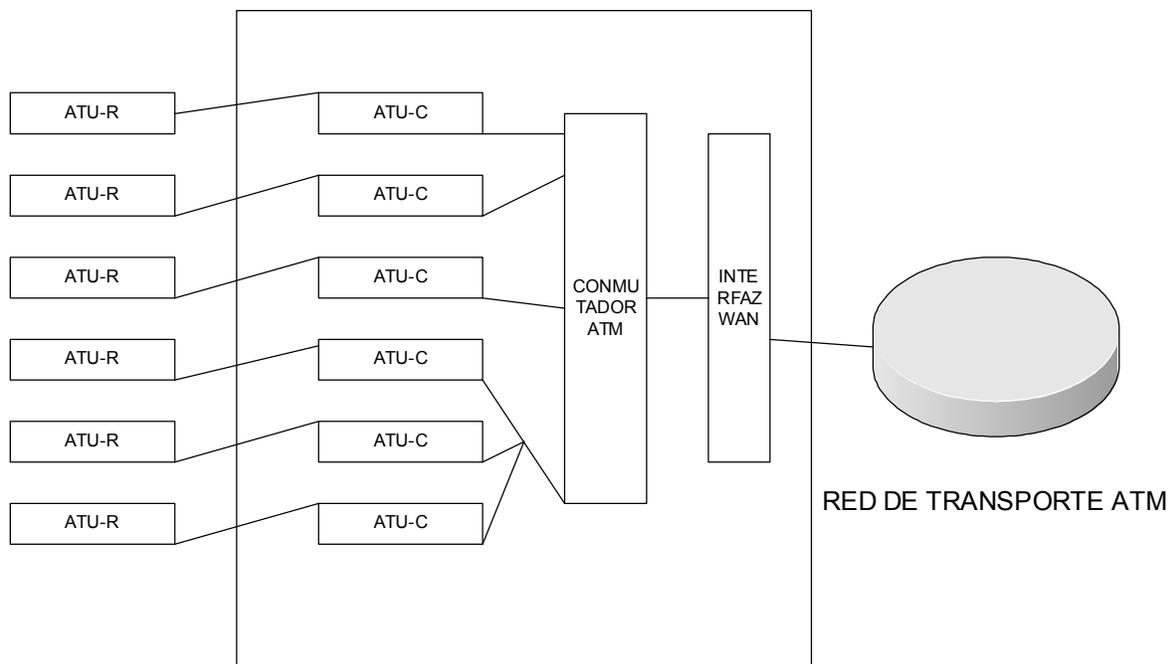


Fig. 1-e-XDSL- Arquitectura interna del DSLAM y su iteración con otros dispositivos.

El ADSL necesita una pareja de módems por cada usuario: uno en el domicilio del usuario (ATU-R) y otro (ATU-C) en la central local a la que llega el bucle de ese usuario.

Esto complica el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales. Para solucionar esto surgió el DSLAM ("Digital Subscriber Line Access Multiplexer"): un chasis que agrupa gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módem ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN.



**Fig-1-f-XDSL- Conectividad del DSLAM con la Red de Transporte ATM**

La integración de varios ATU-Cs en un equipo, el DSLAM, es un factor fundamental que ha hecho posible el despliegue masivo del ADSL. De no ser así, esta tecnología de acceso no hubiese pasado nunca del estado de prototipo dada la dificultad de su despliegue, tal y como se constató con la primera generación de módems ADSL.

A continuación tenemos una serie de características de XDSL la cual contiene la descripción de cada beneficio.

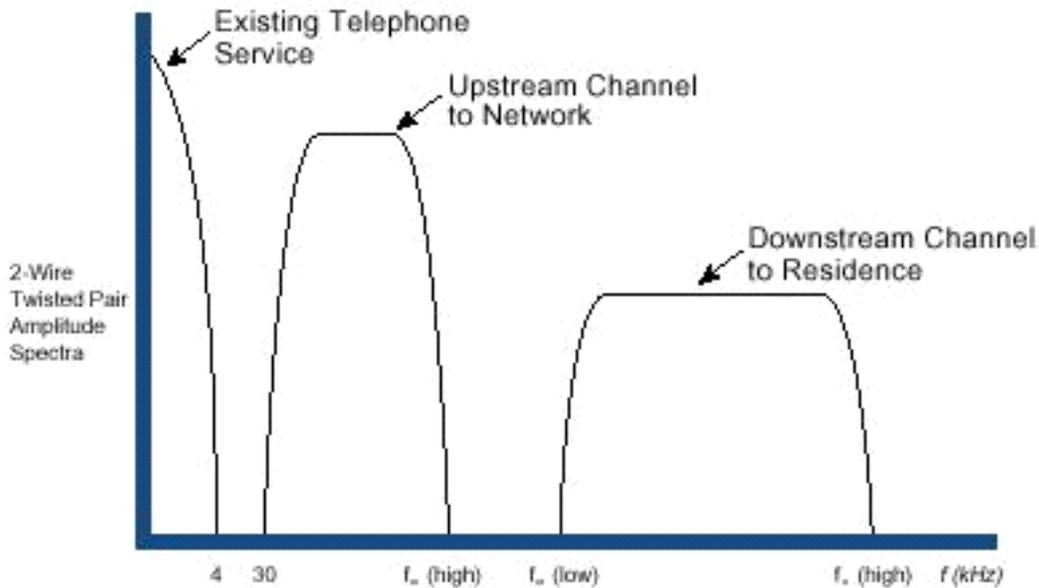
CARACTERÍSTICA	BENEFICIO
Soporte de multiservicios para Total Business-Class DSL	Inversión protectora. Como el mercado DSL crece, la diversidad de aplicaciones también crece. Business-class DSL requiere manejabilidad, escalabilidad y soporte para IP, Frame Relay, TDM, voz y servicios ATM con un completo juego de servicios QoS con garantías de funcionamiento.
Soporte Línea de Código DSL	Flexibilidad de desarrollo y escalabilidad. El DSLAM puede soportar una variedad de líneas de código DSL (ej., CAP, DMT, 2B1Q) y protocolos de línea. DSLAM tiene soporte para los estándares ADSL, SDSL eIDSL y pueden ser aumentados con innovaciones como ReachDSL.
Arquitectura flexible	Inversión protectora. La inteligente y flexible arquitectura DSLAM soporta la capacidad de combinar la resistencia de ATM con la resistencia de IP así como una gran variedad de servicios, aplicaciones, modelos de redes y transportes DSL son soportados para los negocios y consumidores de mercado.
Escalabilidad	Flexibilidad para soportar servicios de usuarios con costes

	competitivos. Mantener en mente que la escalabilidad debe ser conseguida con NEBS físicos y requerimientos de disipación de potencia.
Mantenimiento	NEBS sumisión para facilitar el desarrollo y en continuo mantenimiento.
Manejabilidad	Estándares orientados a la compatibilidad con varias plataformas de Network Management System (NMS) y redes punto a punto seguras. Uso de componentes tecnológicos de InternetUse tales como extensible Markup Language (XML) empezará a tener importancia en la lucha entre vendedores para facilitar la integración a través de el servicio de transporte de red y entre las aplicaciones OSS de las capas más altas. SLM-DSL puede ser usado para soportar aplicaciones avanzadas y dirigir el acceso para la venta al por mayor y el provisionamiento directo de servicios.

**Tabla 1-a-XDSL -Beneficios de la Tecnología xDSL**

#### 1.4 REPARTO DEL ANCHO DE BANDA

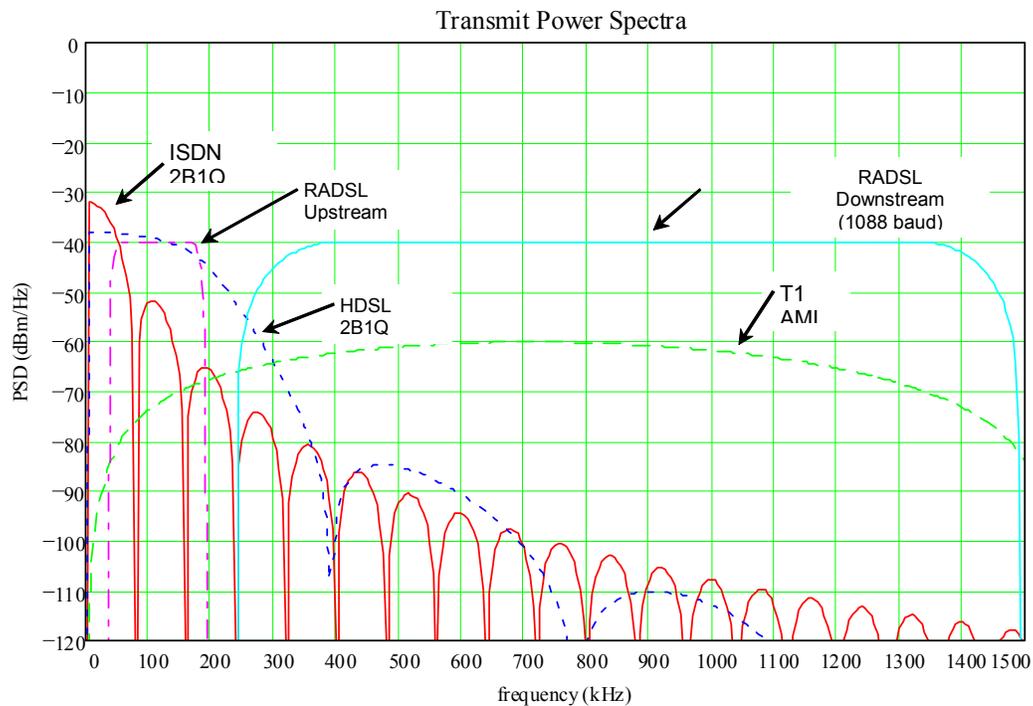
A pesar de que aún no se han logrado estandarizar por completo, los módems xDSL nos ofrecen la capacidad necesaria en términos de ancho de banda para acceder a toda clase de servicios multimedia interactivos a través de los accesos telefónicos tradicionales. En otras palabras, nos permiten convertir el bucle de abonado convencional, hoy utilizado únicamente para conectar el teléfono o un módem de hasta 33,6 kbit/s, en un potente sistema de acceso a los nuevos servicios multimedia o a las redes WAN de banda ancha.



**Fig. 1-g-XDSL-Esta Figura nos indica la Repartición del ancho de banda para ADSL**

Los modems IDSL (ISDN banda estrecha BRI ) crean en total tres canales, dos canales B y un canal D.

- La capacidad de información del canal D es de 16 kbps y se usa principalmente para señalización.
- Los canales B pueden transportar hasta 64 kbps duplex (igual velocidad de transmisión de la red al cliente y del cliente a la red).
- La distancia de operación de la tecnología DSL es de 5.486,4 metros.



**Fig. 1-h- Espectro de Variantes de XDSL**

Para crear varios canales, los modems ADSL dividen el ancho de banda disponible de la línea telefónica utilizando para ello dos métodos:

- La multiplexación por división de frecuencias (FDM) o cancelación del eco.
- La multiplexación en tiempo (TDM), que permite intercalar los datos procedentes de varios usuarios en un único canal, vía serie.

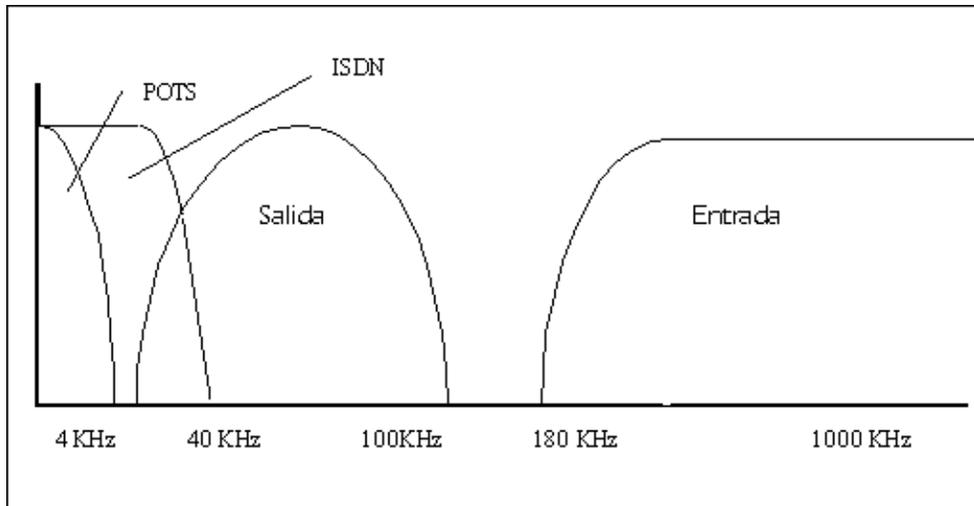


Fig. 1-i-XDSL- Esquema de Transmisión de ADSL

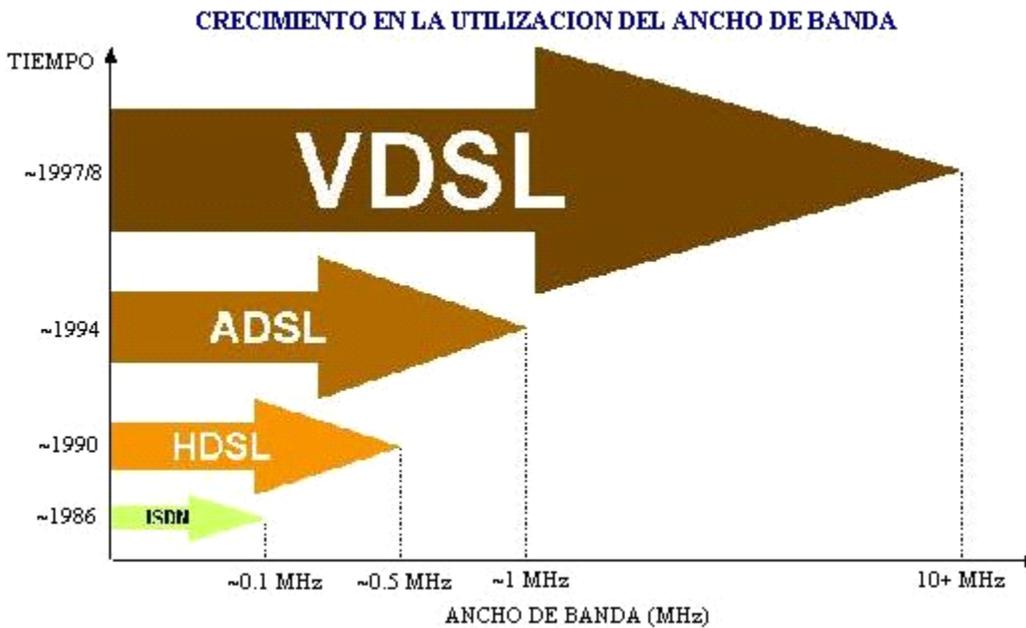


Fig. 1-j-XDSL- Anchos de banda manejados por cada tecnología DSL

### 1.5 MEDIOS FÍSICOS

El factor común de todas las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line) es que funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico de descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones.

Las velocidades de datos de entrada dependen de diversos factores como por ejemplo:

1. Longitud de la línea de Cobre.
2. El calibre/diámetro del hilo (especificación AWG/mms).
3. La presencia de derivaciones punteadas.
4. La interferencia de acoplamientos cruzados.

La atenuación de la línea aumenta con la frecuencia y la longitud de la línea y disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo. Así por ejemplo, ignorando las derivaciones punteadas, ADSL verifica:

1. Velocidades de datos de 1,5 ó 2 Mbps; calibre del hilo 24 AWG (American Wire Gauge, especificación de diámetro de hilos; a menor número de AWG le corresponde un mayor diámetro del hilo) (es decir, 0,5 mm), distancia 5,5 Km
2. Velocidades de datos de 1,5 ó 2Mbps; calibre del hilo 26 AWG (es decir, 0,4 mm), distancia 4,6 Km.
3. Velocidad de datos de 6,1 Mbps; calibre del hilo 24 AWG (es decir, 0,5 mm), distancia 3,7 Km.
4. Velocidad de datos de 6,1 Mbps; calibre del hilo 26 AWG (es decir, 0,4 mm), distancia 2,7 Km., etc.

Las medidas varían de una Empresa de Telecomunicaciones a otra. Los clientes pueden estar separados a mayores distancias si se utilizan Sistemas de Portadora de Lazo Digital basados en filtros. Cuando estos sistemas DLC<sup>9</sup> estén disponibles comercialmente, las Compañías de Teléfonos podrán ofrecer acceso virtual (que está presente a un mismo tiempo en todas partes) en un tiempo relativamente corto. Muchas aplicaciones previstas para ADSL suponen vídeo digital comprimido. Como señal en tiempo real, el vídeo digital no puede utilizar los procedimientos de control de errores de nivel de red ó de enlace comúnmente encontrados en los Sistemas de Comunicaciones de Datos. Los módem ADSL por tanto incorporan mecanismos FEC<sup>10</sup> de corrección de errores sin retransmisión (codificación Reed Soloman<sup>11</sup>) que reducen de forma importante los errores causados por el ruido impulsivo. La corrección de errores símbolo a símbolo también reduce los errores causados por el ruido continuo acoplado en una línea.

Si nos fijamos en las tecnologías basadas en la infraestructura existente encontramos:

- Red telefónica de cobre + ADSL (Línea de abonado Digital Asimétrica) : Dos módems ADSL a cada lado de la línea telefónica (nodo de conexión, abonado), utilizando la banda completa de línea de cobre, restringida a la voz por medio de un método de codificación digital específico.

Pero si nos fijamos en tecnologías que utilizan o utilizarán nuevas infraestructuras tenemos:

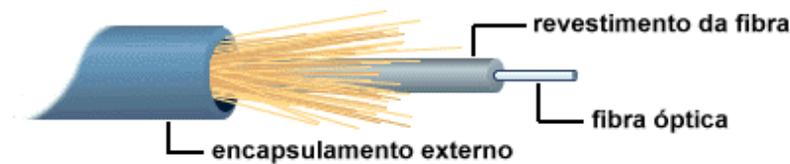
- Red híbrida: fibra óptica + ADSL/VDSL : Fibra desde el nodo de conexión hasta la acera o el edificio, y acceso final al hogar proporcionado por línea telefónica de cobre junto con módem ADSL o VDSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica o de muy alta velocidad)

---

<sup>9</sup> **DLC :Sistemas Digital Loop Carrier**: La tecnología DLC hace uso de técnicas digitales para brindar un amplio rango de servicios a los usuarios usando el par telefónico

<sup>10</sup> **FEC** : Corrección de errores sin retransmisión

<sup>11</sup> **Codificación Reed Soloman** : Código estándar de corrección de errores utilizado para corregir los bits corruptos en recepción. El código Reed-Solomon utilizado por DVB añade 16 bytes al final de cada paquete de 188 bytes



**Fig. 1-k-XDSL- Construcción de la Fibra Óptica**

Con el fin de maximizar la calidad del enlace xDSL, es necesario que se midan las características físicas del par de cobre y evaluar su aplicabilidad al xDSL específico. Algunos de los parámetros importantes se mencionan a continuación:

1. Continuidad, Impedancia (resistencia del loop, aislamiento y capacitancia).
2. Balance longitudinal de impedancias. Desequilibrio resistivo (normalmente ~2% de resistencia del loop)
3. Pérdida de retorno, pérdidas por inserción.
4. NEXT (Near End CrossTalk).
5. Longitud del cable, detección de empalmes, bobinas de carga y presencia de agua.
6. Atenuación a 40, 120 ó 150@135 Ohms, dependiendo de la aplicación.
7. Voltaje AC y DC inducido en la línea.
8. Corriente AC y DC en la línea.
9. Background Noise, ruido impulsivo, relación señal a ruido, según la aplicación.
10. Medición de la velocidad máxima de transmisión del xDSL.
11. Medición de la tasa de error (BERT) del xDSL.

Hay que conocer cual es el impacto que cada uno de estos parámetros tiene en el desempeño del xDSL. Es importante que al momento de seleccionar las herramientas para pruebas de xDSL, se consideren aquellas que cubran la mayor cantidad de parámetros importantes. Se debe tener en cuenta que en la medida en que aumente la velocidad de transmisión de los DSLs, más crítica será la influencia de parámetros como la capacitancia y el NEXT.

Es difícil entender el porque es tan común el hacer mediciones de parámetro físicos en cables de planta interna y no en las instalaciones de planta externa. Por ejemplo, el caso de las instalaciones de cable Categoría 5 para LAN. Estas son instalaciones nuevas, en el interior de una edificación, bien protegidas, de corta distancia y no expuestas a los agentes externos; como agua, ácidos, corrosivos, altas temperaturas, etc... Hoy en día, nadie recibe una instalación de Categoría 5, sin un test de certificación basado en la EIA/TIA 568. En planta externa sucede exactamente lo contrario, son instalaciones viejas, expuestas a los agentes externos y normalmente no se hacen las pruebas de caracterización necesarias para seleccionar el mejor par, para transmisión de datos. Con el agravante de que estas líneas no fueron diseñadas y/o instaladas para transmitir Megabits por segundo, sino la simple voz de 4 kHz. El sentido común indica que las instalaciones de planta externa, utilizadas en transmisión de datos, deberían ser probadas más rigurosamente, con el fin de asegurar la calidad del servicio. El problema es que, para este tipo de pruebas, se necesitan muchos instrumentos diferentes y aun no existe una herramienta integrada, de bajo costo, para esta aplicación. Es importante que los proveedores de servicio se sienten a estudiar, analizar y seleccionar los parámetros físicos que son relevantes y que afectan la calidad del servicio. Seleccionar las herramientas necesarias para realizar las pruebas de aceptación.

Definir los procedimientos y márgenes aceptables para la medición de cada uno de los parámetros, dependiendo de la aplicación, velocidad de transmisión y modulación. Consultar con los fabricantes de instrumentos para conocer que nuevos instrumentos están disponibles en el mercado y cuales son sus beneficios.

## **1.6 AMBITOS Y APLICACIONES**

### **1.6.1 SERVICIOS OFRECIDOS**

Así pues podemos resumir los servicios que se pueden ofrecer con un sistema de comunicación xDSL en :

- Navegación Internet
- Intranet
- Video Conferencia
- Servicios Transparentes LAN para Clientes Corporativos
- Acceso Remoto LAN para Clientes Corporativos
- Educación a Distancia
- Video en Demanda / Televisión Interactiva
- Juegos Interactivos

### **1.7 TÉCNICAS xDSL**

Hay varias tecnologías xDSL, cada diseño especifica fines y necesidades de venta de mercado. Algunas formas de xDSL son propietarios, otras son simplemente modelos teóricos y otras son usadas como estándar.

- ADSL - Línea de Abonados Digital Asimétrica
- RADSL - Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable
- ADSL G.LITE o UDSL -Línea de Abonados Digital Pequeña
- VDSL - Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta
- HDSL - Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto
- HDSL2 o SHDSL - Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto 2
- SDSL - Línea de Abonados Digital Simétrica
- MDSL - Línea de Abonados Digital Simétrica Multi Tasa.
- CDSL - Línea de Abonados Digital Consumidor
- IDSL o ISDN-BA - Línea de Abonados Digital ISDN
- UDSL - Línea de Abonados Digital Unidireccional
- CiDSL - Consumer-installable Digital Subscriber Line
- EtherLoop
- G.shdsl

Servicio DSL	Max Transferencia de Datos Down/up(bps)	Copper Pairs	Analog POTS	Max. Distancia (Km -Feet)
VDSL DSL	25 M/ 1.6M ó 8 M/ 8 M	1	Si	9-3000
ADSL	7 M /1 M	1	Si	5.5-18000
HDSL	1.5-2.0M/1.5-2.0M	2	No	4.6-15000
SDSL	784 K/784K	1	No	5.5-18000
IDSL- ISDN DSL	144 k/144 k	1	No	5.6-18000

**Tabla 1-b-Tabla de comparación de XDSL**

**Tecnología**

**Descripción**

**Velocidad**

**Limitación de la Distancia**

**Aplicaciones**

**IDSL (ISDN-BA)**

ISDN la Línea del Subscriptor Digital

128 Kbps

18,000 pies en 24 alambre de la medida

Similar al ISDN BRI pero solo para datos (no voz en la misma línea)

**HDSL**

Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto

1.544 Mbps full duplex (T1)

2.048 Mbps full duplex (E1)

(utiliza 2-3 pares)

12,000 pies sobre 24 AWG

4.572 metros

Sustitución de varios canales T1/E1 agregados, interconexión mediante PBX, agregación de tráfico frame relay, extensión de LANs.

### **SDSL**

Línea de Abonados Digital Simétrica  
1.544 Mbps full duplex (U.S. y Canada) (T1);  
2.048 Mbps full duplex (Europa) (E1);  
(utiliza 1 par)  
12,000 pies sobre 24 AWG  
3.040 metros

Sustitución de varios canales T1/E1 agregados, servicios interactivos y extensión LANs.

### **ADSL**

Línea de Abonados Digital Asimétrica  
1.544 a 6.1 Mbps bajada  
16 a 640 Kbps subida  
5.847 metros (3.658 para las velocidades más rápidas)  
Acceso a Internet, vídeo bajo demanda, servicios telefónicos tradicionales.

### **VDSL (BDSL)**

Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta  
13 a 52 Mbps bajada  
1,5 a 2,3 Mbps subida  
305 a 1.471 metros (según la velocidad)  
Igual que ADSL más TV de alta definición.

### **RADSL**

Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable  
640 Kbps a 2.2 Mbps bajada  
272 Kbps a 1.088 Mbps subida

Se ajusta de forma dinámica a las condiciones de la línea y su longitud.  
Es espectralmente compatible con voz y otras tecnologías DSL sin el bucle local

### **ADSL G.LITE (UDSL)**

"Splitterless" DSL sin el "truck roll"  
De 1.544 Mbps a 6 Mbps, dependiendo de el servicio contratado.  
18,000 pies en 24 AWG

El estandar ADSL; sacrifica velocidad para no tener que instalar un splitter en casa del usuario

### **CDSL**

El consumidor DSL  
de Rockwell

1 downstream de Mbps; menos upstream  
18,000 pies en 24 alambre de la medida

Casa de Splitterless y el servicio de negocio pequeño; similar a DSL Lite

### **CiDSL**

Consumer-installable Digital Subscriber Line  
Es propiedad de Globespan

### **Ether Loop**

EtherLoop  
1.5 Mbps y 10 Mbps  
Propiedad de Nortel

### **G. shdsl**

G.shdsl

entre 192 Kbps y 2.3 Mbps sobre un simple par de cobre  
15,600 pies sobre 24 AWG  
3.952 metros

Compatibilidad con otras variantes DSL. Puede negociar el número de tramas del protocolo  
incluyendo ATM, T1, E1, ISDN e IP

### **HDSL 2**

DSL de Índice de Datos alto 2 ó DSL de Índice de Datos alto sobre un par  
T1 a 1.544 Mb/s sobre un simple par de cobre

### **MDSL**

Línea de Abonados Digital Simétrica Multi Tasa

128 Kbps y 2.048 Mbps

CAP: 64 Kbps/128 Kbps

8.9 Km sobre cables de 24 AWG (0.5 mm) y 4.5 Km (2 Mbps)

Valorada en los servicios TDM sobre una base ubícu

### **UDSL**

Línea de Abonados Digital Unidireccional  
Versión unidireccional de HDSL

**Tabla 1-c-Comparación de las distintas técnicas xDSL**

**Técnica  
Banda Frecuencias  
Tasa de Bits**

**ISDN 2B1Q**

10 Hz - 50 kHz

144 kbps

**ADSL sobre POTS**

25.875 kHz a 1.104 MHz

Hasta 8 Mbps DS, 640 kbps US

**ADSL sobre ISDN**

138 kHz a 1.104 MHz

Hasta 8 Mbps DS, 640 kbps US

**HDSL 2B1Q (3 pares)**

0.1 kHz - 196 kHz

2 Mbps

**HDSL 2B1Q (2 pares)**

0.1 kHz - 292 kHz

2 Mbps

**HDSL CAP (1 par)**

0.1 kHz - 485 kHz

2 Mbps

**SDSL**

10 kHz - 500 kHz

192 kbps a 2.3 Mbps

**VDSL**

300 kHz - 10/20/30 MHz

Hasta 24/4 DS/US, y hasta 36/36 en modo simétrico

**Tabla 1-d -Tasa de Bits y Frecuencias**

Considerando la necesidad de soportar el incremento en la demanda para el acceso a Internet combinada con teleconmutación <sup>12</sup> e interconectividad de las Redes LAN, podemos ver que xDSL ofrece a los carriers, proveedores de servicios Internet (ISP's) y proveedores de acceso competitivo, una oportunidad excelente y maravillosa de ampliar sus recursos. Enfrentados a el reto de desarrollar soluciones que cumplan con las necesidades crecientes de un mercado en expansión, los proveedores de servicios están concluyendo rápidamente que xDSL se les presenta con una serie de opciones invaluable. Dado que la tecnología xDSL ha madurado rápidamente y ha establecido una segura y muy fuerte penetración en la industria de las comunicaciones, las aplicaciones que requieren gran ancho de banda pueden ser soportadas en una plataforma altamente competitiva y costo-efectiva.

---

<sup>12</sup> **Teleworking:** También conocido como teleconmutación, hace, permaneciendo en casa la manera más fácil de ir a trabajar

## 2 ADSL

### 2.1 INTRODUCCIÓN

ADSL (Tecnología de Línea de Suscriptor Digital Asimétrica) es una tecnología de módem que utiliza las líneas telefónicas de par trenzado existentes para transportar datos de gran ancho de banda como multimedia y video a los suscriptores del servicio. Es parte de una gran familia de tecnologías conocidas genéricamente como XDSL. La tecnología ADSL está atrayendo la atención (en relación con las demás tecnologías XDSL ) de los implementadores y proveedores de servicios de comunicación, ya que promete entregar tasas de datos de gran ancho de banda en puntos geográficos dispersos y su uso sólo requiere ligeros cambios en la infraestructura de telecomunicaciones existente. El objetivo de la tecnología ADSL es soportar tasas de transmisión de más de 6 Mbps por línea de suscriptor. La figura 2-a muestra la arquitectura ADSL.

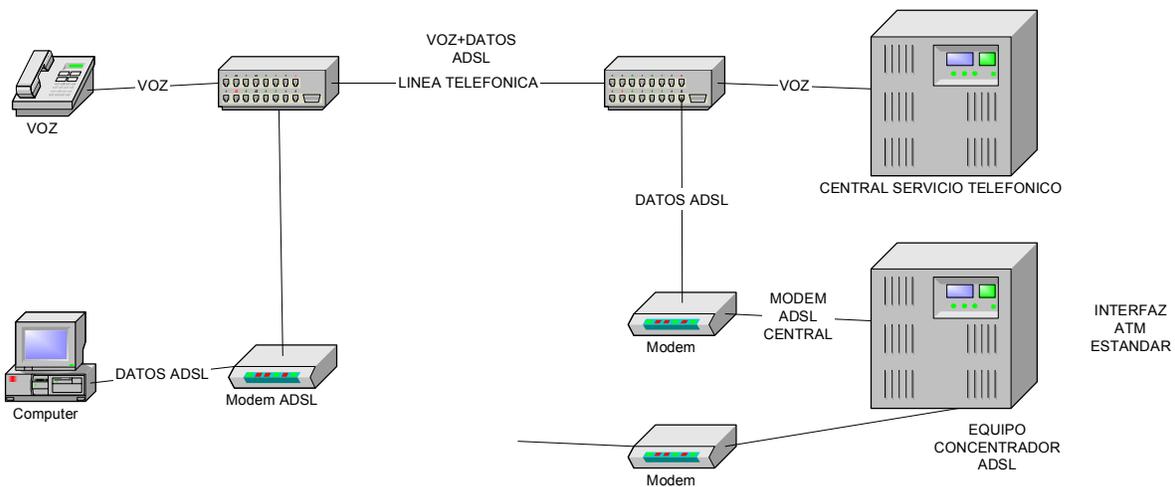


Fig. 2-a-ADSL-Arquitectura ADSL

### 2.2 ESTANDARIZACIÓN DE ADSL

El grupo de trabajo T1E1.4 del ANSI (Instituto Nacional Americano de Estándares) aprobó recientemente un estándar ADSL que incluye velocidades de hasta 6.1 Mbps (Estándar T1.413 de la ANSI). El ETSI (instituto Europeo de Estándares Técnicos) contribuyó con un anexo al estándar T1.413 que reflejara las necesidades de Europa. El estándar T1.413 actual está formado por una interfase de terminal simple en las instalaciones terminales. Con una versión II, que en este momento se encuentra en fase de estudio por el T1E1.4, se expandirá el estándar para incluir una interfase multiplexada en el extremo de las instalaciones, así como también protocolos para la configuración y administración de la red, entre otras mejoras.

El foro ADSL se formó en diciembre de 1994 para promover el concepto de ADSL y facilitar el desarrollo de arquitecturas del sistema ADSL, protocolos e interfases para aplicaciones mayores de ADSL.

### 2.3 PANORAMA DE LA TECNOLOGÍA ADSL

Un circuito ADSL conecta a un módem en cada uno de los extremos de una línea telefónica de par trenzado y crea tres canales de información: un canal de alta velocidad unidireccional, un canal dúplex de media velocidad y un canal POTS (Servicio Telefónico Convencional). El canal POTS se separa del

módem digital por medio de filtros, y de esta manera se garantiza el servicio POTS ininterrumpido aun cuando llegara a fallar la ADSL. El canal de alta velocidad va de 1.5 a 6.1 Mbps, en tanto que el rango de tasas dúplex varía de 16 a 640 Kbps. Cada canal puede submultiplexarse para formar múltiples canales de menores tasas.

Los módems ADSL ofrecen tasas de datos que cumplen con las jerarquías digitales americanas y europeas y pueden comprarse con diversos rangos de velocidad y características.

La configuración mínima permite 1.5 o 2.0 Mbps hacia abajo en un canal unidireccional y un canal dúplex de 16 Kbps; otros ofrecen tasas de 6.1 Mbps y 64 Kbps dúplex . Desde 1996 ha habido productos con tasas unidireccionales de hasta 9 Mbps y tasa dúplex de hasta 640 Kbps en el mercado. A medida que la tecnología ATM y los requerimientos del mercado maduren, los módems ADSL podrán transportar tráfico de ATM con tasas variables y compensación para el gasto indirecto de ATM.

Las tasas de datos hacia abajo dependen de muchos factores, entre ellos la longitud de la línea de cobre, su calibre, la presencia de ramificadotes de puenteo y de interferencia por acoplamiento de cruce. La atenuación en la línea se incrementa con la longitud y la frecuencia de la línea y disminuye a medida que aumenta el diámetro del alambre.

En la tabla 2-a se resume el desempeño mencionado de ADSL a través de diferentes medios de transmisión.

VELOCIDAD	TIPO DE CABLE	DISTANCIA	GROSOR DEL CABLE
1,5 ó 2 Mbps	24 AWG	5,5 Km	0,5 mm.
1,5 ó 2 Mbps	26 AWG	4,6 Km	0,4 mm.
6,1 Mbps	24 AWG	3,7 Km	0,5 mm.
6,1 Mbps	26 AWG	2,7 Km	0,4 mm.

**Tabla 2-a-Desempeño observado del medio de transmisión físico de SDSL**

Se ha previsto que muchas aplicaciones de ADSL incluyan video digital comprimido. Como toda señal en tiempo real , el video digital no puede utilizar los procedimientos de control de errores a nivel enlace o red que comúnmente se encuentran en los sistemas de comunicación de datos . Los módems ADSL incorporan la función de corrección de errores hacia delante para que disminuyan los errores generados por el ruido de impulso. Gracias a la corrección de errores símbolo por símbolo también se reducen los errores generados por el ruido continuo acoplado a una línea.

Hasta el momento, los modelos ADSL ofrecen las interfases digitales T1/E1<sup>1</sup> y V.35<sup>2</sup> para señales con CBR (Tasa de Bits Continua)

<sup>1</sup> T1: Instalación de transporte digital en una WAN. T1 transmite datos formateados en DS-1 a una velocidad de 1.544 Mbps a través de la red telefónica conmutada, utilizando una codificación AMI o B8ZS.

E1: Esquema de transmisión digital de área amplia , utilizado principalmente en Europa para transportar datos a una velocidad de 2..048 Mbps . Las líneas E1 se pueden alquilar a las compañías telefónicas para su uso particular.

<sup>2</sup> V35: Estándar de la ITU-T que describe un protocolo síncrono de la capa física que se utiliza para las comunicaciones entre un dispositivo de acceso a la red y una red de paquetes. V.35 se utiliza más comúnmente en Estados Unidos y en Europa y se recomienda a velocidades de hasta 48 Kbps

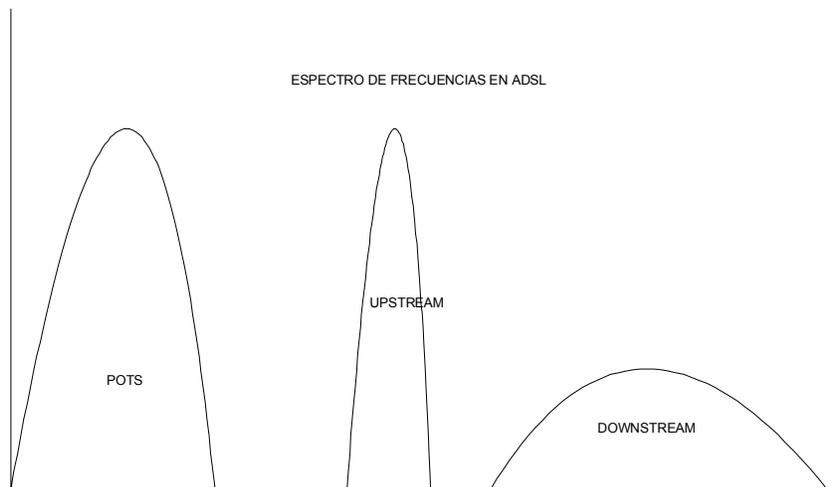
## 2.4 ARQUITECTURA Y OPERACIÓN

En el servicio ADSL, el envío y recepción de los datos se establece desde el ordenador del usuario a través de un módem ADSL. Los datos pasan por un filtro (splitter), que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico (RTC) y del servicio ADSL. Es decir, el usuario puede hablar por teléfono a la vez que esta navegando por Internet. ADSL utiliza técnicas de codificación digital que permiten ampliar el rendimiento del cableado telefónico actual.

Para conseguir estas tasas de transmisión de datos, la tecnología ADSL establece tres canales independientes sobre la línea telefónica estándar:

- El primero es el canal estándar que se utiliza para transmitir la comunicación normal de voz (servicio telefónico básico). ADSL divide una región de 4Khz para servicio POTS en el extremo DC de la banda .
- El segundo es el canal de alta velocidad que llega desde 1 a 9 Mbps. Este canal es conocido como downstream y es utilizado para llevar la información desde la central telefónica hasta el usuario final.
- El tercero es el canal de velocidad media que llega desde 16 a 640 Kbps. Este canal es conocido como upstream y es utilizado para llevar la información desde el usuario hasta la central telefónica.

Los dos canales de datos son asimétricos, es decir, no tienen la misma velocidad de transmisión de datos. El canal downstream tiene mayor velocidad que el canal upstream.



**Fig. 2-b-ADSL-Espectro de frecuencias en ADSL**

Esta asimetría, característica de ADSL, permite alcanzar mayores velocidades en el sentido red - usuario, lo cual se adapta perfectamente a los servicios de acceso a información (por ejemplo Internet) en los que normalmente, el volumen de información recibido es mucho mayor que el enviado. El sistema ADSL lo que realiza es una división de frecuencia sobre el cable de línea telefónica, de forma que no impide tener una conversación con un amigo y a la vez estar conectado a Internet y buscar documentación. Para poder

realizar dicha división de frecuencias, ADSL utiliza FDM (Multiplexaje por División de Frecuencia) o cancelación de eco.

El ancho de banda del canal de voz es el más bajo, y se transmite en banda base. Mientras que las frecuencias de datos (ADSL) son moduladas en alta frecuencia.

#### 2.4.1 LAZO O BUCLE DEL ABONADO

El medio físico que conecta el abonado a la Central Local se denomina "lazo ó bucle de abonado". Cada "lazo" consta de un par trenzado (dos hilos de Cobre aislados trenzados). El conjunto de todos los "lazos de abonado" se denomina colectivamente "lazo de acceso". El "lazo de acceso" permite a cualquier usuario transmitir información tanto de datos como voz a otro abonado a través de una Central (ó Conmutador Local).

Los últimos kilómetros finales de cable desde el conmutador local al cliente son generalmente enlaces analógicos de frecuencia de voz. El "lazo de acceso" reúne a un conjunto de usuarios que conectan con un conmutador local utilizando cables de par trenzado de Cobre de varias longitudes y calibre/diámetro.

La longitud, calibre y número de secciones de los cables utilizados varía, esto produce una variación en las características de propagación a través del lazo de acceso. Cada usuario posee su propio par de cobre que le permite acceso al conmutador local y por tanto a otros usuarios.

#### 2.4.2 TRANSPORTE DEL CANAL DE VOZ

Una de las características de la tecnología ADSL es que permite tener un canal de voz y otro de datos separados, de forma que es posible estar conectado a Internet y poder hablar por teléfono como si se tratara de dos líneas distintas. Para crear varios canales, los módems ADSL dividen el ancho de banda disponible de la línea telefónica utilizando para ello dos métodos: la multiplexación por división de frecuencias (FDM: Frecuency Division Multiplexing) o la cancelación del eco. La otra técnica de multiplexación usada en ADSL es la multiplexación en tiempo (TDM: Time Division Multiplexing), que permite intercalar los datos procedentes de varios usuarios en un único canal, vía serie.

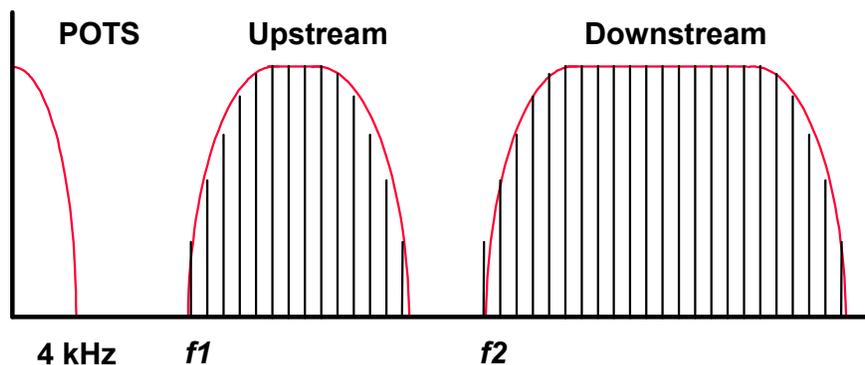
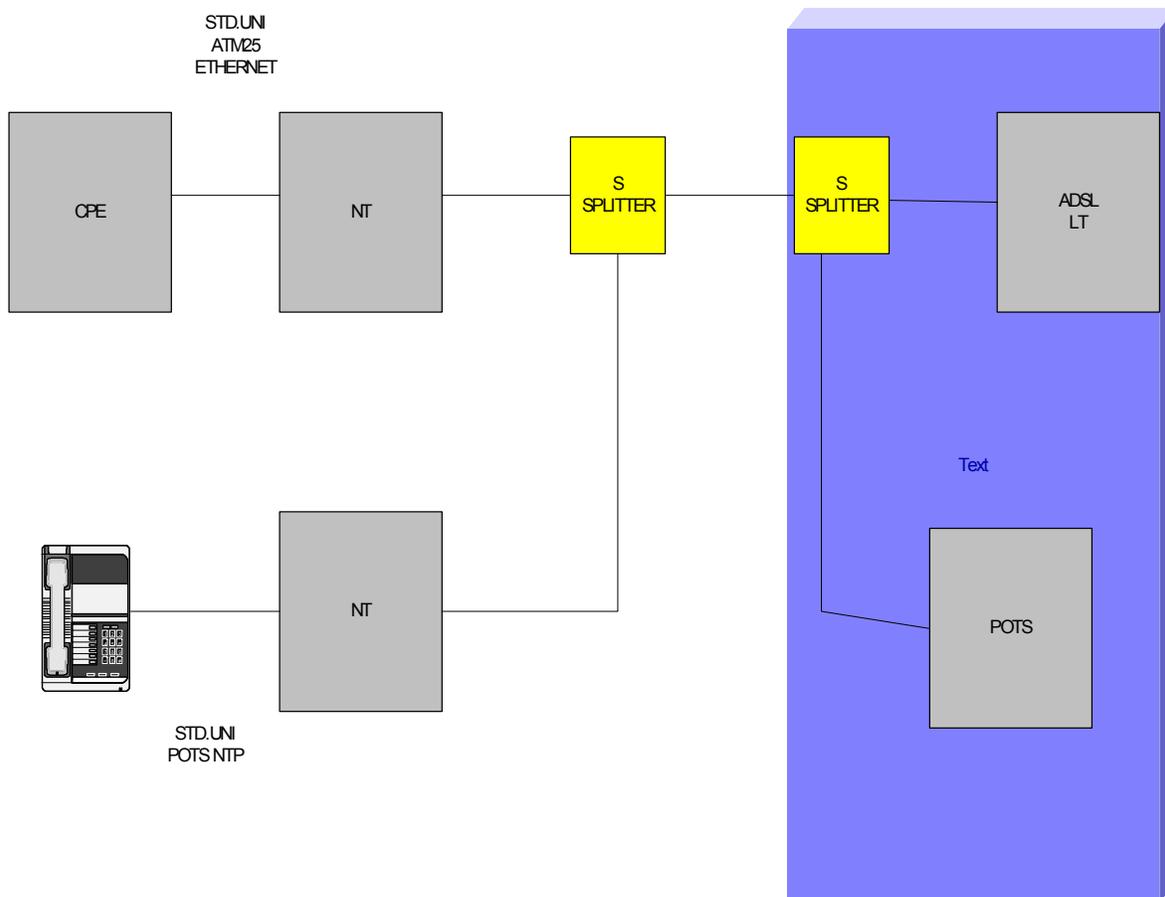


Fig. 2-c-ADSL-Asignación de canales en ADSL

La técnica FDM asigna un ancho de banda para los datos enviados a la central telefónica y otra para los procedentes de ésta. Al mismo tiempo, el circuito lógico que va a la central se fracciona mediante la multiplexación por división en tiempo (TDM), en uno o más canales de alta velocidad y en uno o más canales de baja velocidad.

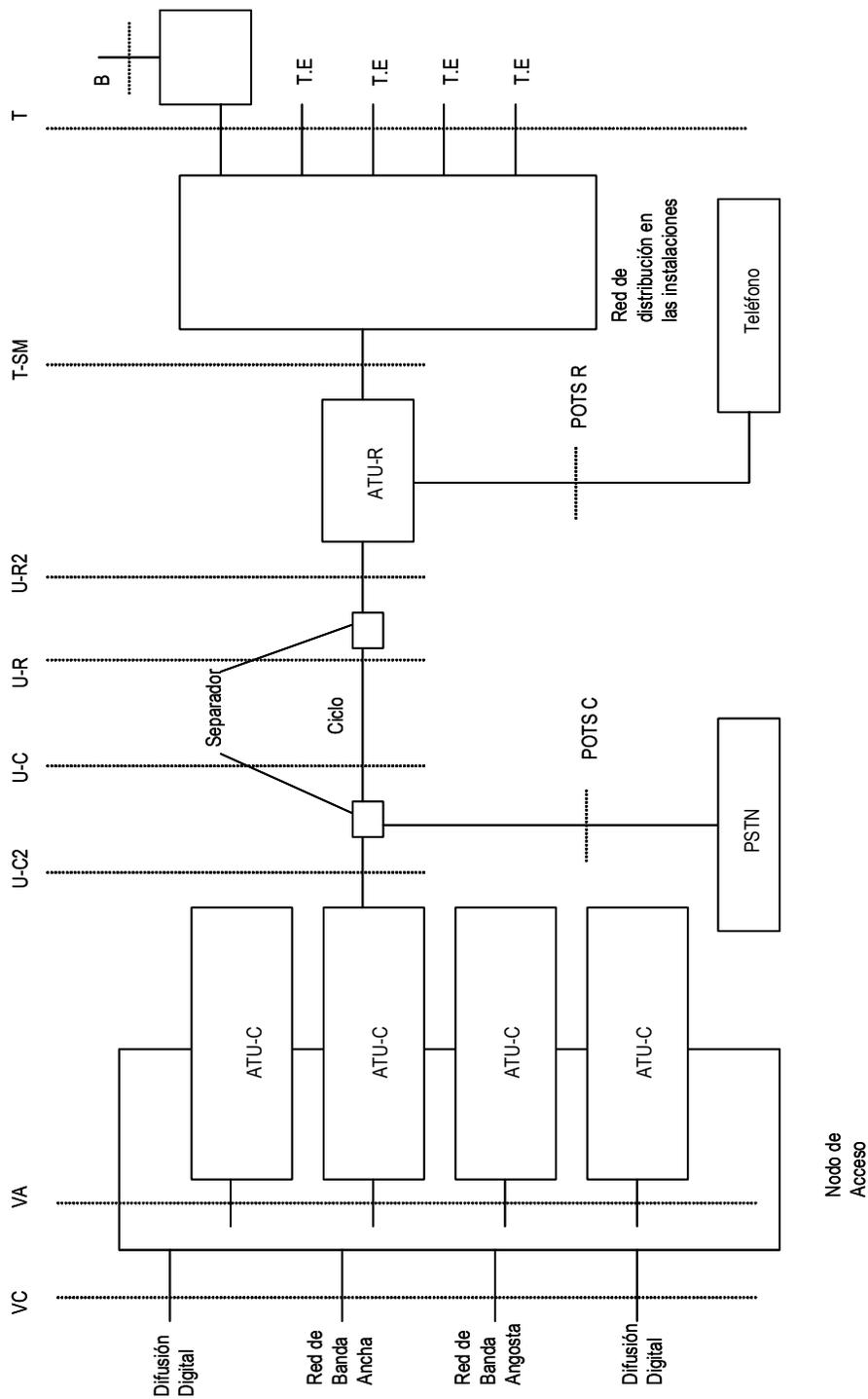
La cancelación de eco superpone ancho de banda dirigido al usuario al dirigido a la central y luego las separa mediante la supresión del eco local, de la misma forma que se hace en los módems v.32 y v.34<sup>3</sup>; este sistema permite utilizar el ancho de banda con más eficacia, pero a cambio de un mayor costo y complejidad. En ambos métodos, FDM y cancelación del eco, es necesario añadir un filtro (splitter), que separa una banda de 4 KHz para la línea telefónica habitual. De esta forma el tráfico de voz y de datos pueden transmitirse por el mismo cable y eliminándose así la necesidad de tener una línea para voz y otra para datos.



**Fig. 2-d-ADSL-Tráfico de voz y datos en ADSL**

<sup>3</sup> V.32: Protocolo de línea serial del estándar ITU-T para la transmisión bidireccional de datos a velocidades de 4.8 o 9.6 Kbps

V.34: Estándar de la ITU-T que especifica un protocolo de línea serial. V.34 presenta mejoras al estándar V.32 incluyendo mayores velocidades de transmisión (28.8 Kbps) y una compresión de datos mejorada.



**Fig. 2-e-ADSL-Modelo de Referencia ADSL**

Las descripciones siguientes resumen los elementos del modelo de referencia ADSL que se muestran en la figura 2-e:

- ATU-C : Unidad de transmisión ADSL en el extremo de la red . El ATU-C puede estar integrado en un nodo de acceso.
- ATU-R: Unidad de transmisión ADSL en el extremo de las instalaciones del cliente. El ATU-R puede estar integrado en un SM
- Nodo de acceso: Es un punto de concentración para datos de banda ancha y banda angosta. El nodo de acceso puede estar localizado en la central telefónica o en un sitio remoto. Asimismo, un nodo de acceso remoto puede estar delimitado por un nodo de acceso central.
- B: Entrada de datos auxiliar que se proporciona a un modulo de servicio (como un equipo de cable para TV)
- Difusión : La entrada de datos de banda amplia en modo simples
- Red de banda amplia: Es un sistema de conmutación para tasas de datos arriba de 1.5/2.0 Mbps
- Ciclo: Línea telefónica de par trenzado de cobre. Los lazos pueden diferir en distancia, diámetro, antigüedad y características de transmisión dependiendo de la red.
- Red de banda angosta: Es un sistema de conmutación para tasas de datos de 1.5/2.0 Mbps o menores
- POTS: Servicio telefónico convencional
- POTS-C : Interfase entre PSTN y un divisor de POTS en el extremo de la red
- POTS-R : Interfase entre teléfonos y un divisor de POTS en el extremo de las instalaciones
- PDN: (Red de Distribución en las Instalaciones) Sistema para conectar ATU-R a los módulos de servicio. La red PDN puede ser punto a punto o multipunto y puede ser cableado pasivo o una red activa. La PDN multipunto puede ser un bus o una estrella
- PSTN: Red telefónica pública conmutada
- SM (Módulo de Servicio) : Son dispositivos que desempeñan funciones de adaptación de terminal . Algunos ejemplos son el equipo de cable para TV , las interfases de PC y los enrutadores LAN
- Divisor: Son los filtros que separan las señales de alta frecuencia (ADSL) y las de baja frecuencia (POTS) en el extremo de la red y en el extremo terminal. El divisor puede estar integrado en el ATU, separado físicamente del ATU o dividido entre pasa altas y pasa bajas con la función de pasa bajas separada físicamente del ATU. El equipamiento de los divisores de POTS y las funciones asociadas con POTS es opcional.
- T-SM: Es la interfase entre el ATU-R y la PDN, la cual puede ser la misma que T cuando la red es punto a punto y está cableada pasivamente. Un ATU-R puede tener más de un tipo de interfase T-SM implementada, como una conexión T1/E1 y una conexión Ethernet. La interfase T-SM puede estar integrada dentro de un módulo de servicio.
- T: Es la interfase entre la PDN y los módulos de servicio que pueden ser los mismos que T-SM cuando la red es punto a punto y está cableada pasivamente. La interfase T puede desaparecer a nivel físico cuando el ATU-R está integrado en un modulo de servicio.
- U-C : Es una interfase entre el ciclo y el divisor POTS en el lado de red. Es necesario definir ambos extremos de la interfase de ciclo de manera separada por la asimetría de las señales en la línea
- U-C2 : Es la interfase entre el divisor POTS y el ATU-C . Hasta el momento, el ANSI T1.413 no ha definido dicha interfase , por lo que separar el divisor de POTS del ATU-C presenta algunas dificultades técnicas en la estandarización de la interfase.
- U-R : Es una interfase entre el ciclo y el divisor POTS en el lado de las instalaciones

- U-R2 : Es una interfase entre el divisor POTS y el ATU-R. Hasta el momento, el ANSI T1.413 no ha definido dicha interfase, por lo que separar el divisor de POTS del ATU-R presenta algunas dificultades técnicas en la estandarización de la interfase.
- VA: Es la interfase lógica entre el ATU-C y el nodo de acceso. Puesto que esta interfase estará muy a menudo dentro de los circuitos de una tarjeta común, el foro de ADSL no considera interfases físicas VA. La interfase V puede contener el STM (Módulo de Transporte Síncrono) , ATM o ambos modos de transferencia. En el caso tradicional de conexión punto a punto entre el puerto de conmutador y un ATU-C , entonces las interfases VA y VC se hacen idénticas (por otra parte la interferencia VA desaparece)
- Es la interfase entre el nodo de acceso y la red que puede tener múltiples conexiones físicas, aunque también puede transportar todas las señales a través de una sola conexión física. Un equipo de transporte digital, como una extensión de la SONET (Red Óptica Síncrona) o de la SDH (Jerarquía Digital Síncrona) , puede interponerse en la interfase VC cuando el nodo de acceso y los ATU-Cs se ubican en un sitio remoto. El segmento de banda ancha de la interfase VC puede ser de tipos de conexión diferentes como conmutación STM, conmutación ATM o a través de una línea privada.

## 2.5 SPLITTER

Al tratarse de una modulación en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos Usuario -> Red y Red - Usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del bucle, en la central local.

En la figura 2-f se muestra un enlace ADSL entre un usuario y la central local de la que depende. En dicha figura se observa que además de los módems situados en casa del usuario (ATU-R ó "ADSL Terminal Unit-Remote) y en la central (ATU-C o "ADSL Terminal Unit-Central"), delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado "splitter". Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo.

La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas por el bucle de modo que las señales de baja frecuencia (telefonía) de las de alta frecuencia (ADSL).

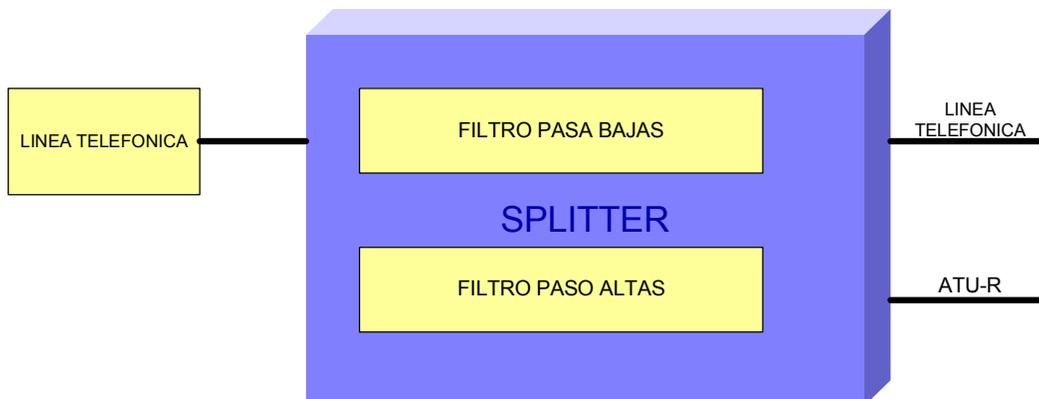
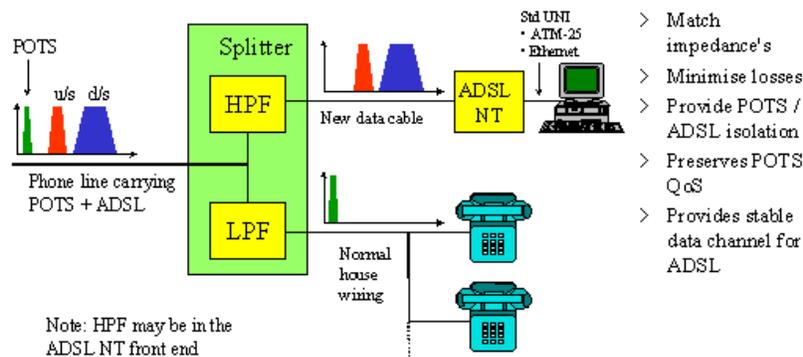


Fig. 2-f -ADSL-Enlace ADSL entre un usuario y la central local

## 2.6 ESTÁNDARES DE MODULACIÓN

En la tecnología ADSL existen varias formas de alterar la señal portadora de alta frecuencia para convertirla en una señal modulada y ser enviada a través de cable telefónico. Para ADSL existen dos sistemas de modulación que son rivales entre sí, hasta tal punto de haber creado grupos de partidarios a favor de una u otra, dichos sistemas son CAP y DMT, ambos están basados en el sistema QAM aunque cada uno lo adopta de una forma distinta.

La CAP y DMT son actualmente los sistemas de modulación en el mercado para ADSL. El tipo de modulación CAP, desarrollada por AT & T Paradyne, ofrece una solución al problema de generar una onda modulada capaz de trasportar cambios de amplitud y de fase. La versión CAP de la modulación QAM almacena partes de una señal en una memoria y luego une los fragmentos de la onda modulada. La señal portadora se suprime antes de la transmisión ya que no contiene información y se vuelve a componer de nuevo en el módem receptor. De ahí la expresión de carrierless, es decir, sin portadora. Al comienzo de la transmisión, CAP también comprueba la calidad de la línea de acceso y utiliza la versión más eficaz de QAM para obtener el mayor rendimiento en cada señal (Figura 2.-g)



**Fig. 2-g-ADSL-Sistema de modulación CAP**

La modulación DMT es la otra alternativa. Fue desarrollada por Comunicaciones de Amati y Universidad de Stanford. Dado que las señales de alta frecuencia atravesando las líneas de cobre sufren mayores pérdidas en presencia de ruido, DMT divide las frecuencias disponibles en 256 subcanales. Como en el caso del sistema CAP, realiza una comprobación al comienzo de la transmisión para determinar la capacidad de la señal portadora de cada subcanal. A continuación, los datos entrantes se fragmentan en diversos números de bits y se distribuyen entre una determinada combinación de los 256 subcanales creados, en función de su capacidad para efectuar la transmisión. Para eliminar el problema del ruido, se transportan más datos en las frecuencias inferiores y menos datos en las superiores. DMT es la base de ANSI Standard T1.413. La modulación CAP tiene la ventaja de estar disponible para velocidades de 1,544 Mbps y su costo es reducido debido a su simplicidad, la desventaja que presenta es que reduce el rendimiento en ADSL y es susceptible de interferencias debido a la utilización de un solo canal. Mientras que la modulación del tipo DMT tiene la ventaja de ser la norma que han acogido ANSI y ETSI, además ofrece cuatro veces más de rendimiento que la modulación CAP para el tráfico de datos desde la central al usuario y de diez veces más desde el usuario a la central, también es menos susceptible al ruido y las pruebas realizadas por los laboratorios de Bellcore demuestran que este tipo de modulación es más rápida que la CAP, independientemente de la distancia que separe los modems ADSL. Los inconvenientes son que su costo resulta superior al de CAP y es un sistema muy complejo. Existe una variante de DTM, denominada DWMT (Discrete Wavelet Multi-Toen) que es algo más compleja pero a cambio ofrece aún

mayor rendimiento al crear mayor aislamiento entre los 256 subcanales. Esta variante podría ser el protocolo estándar para transmisiones ADSL a larga distancia y donde existan entornos con un alto nivel de interferencias. En una primera etapa coexistieron dos técnicas de modulación para el ADSL: CAP ("Carrierless Amplitude/Phase") y DMT("Discrete MultiTone"). Finalmente los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) se han decidido por la solución DMT. En DMT cada una de las portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal /Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal/ Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida.

La técnica de modulación usada es la misma tanto en el ATU-R como en el ATU-C. La única diferencia estriba en que el ATU-C dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que el ATU-R sólo puede disponer como máximo de 32. La modulación parece y realmente es bastante complicada, pero el algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (transformada rápida de Fourier inversa) en el modulador, y en una FFT (transformada rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del bucle. Estas operaciones se pueden efectuar fácilmente si el núcleo del módem se desarrolla sobre un DSP.

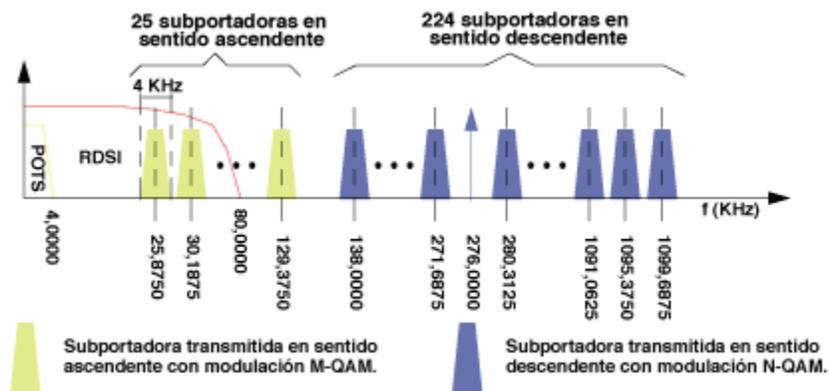


Fig. 2-h-ADSL- FDM (Multiplexaje por División de Frecuencia)

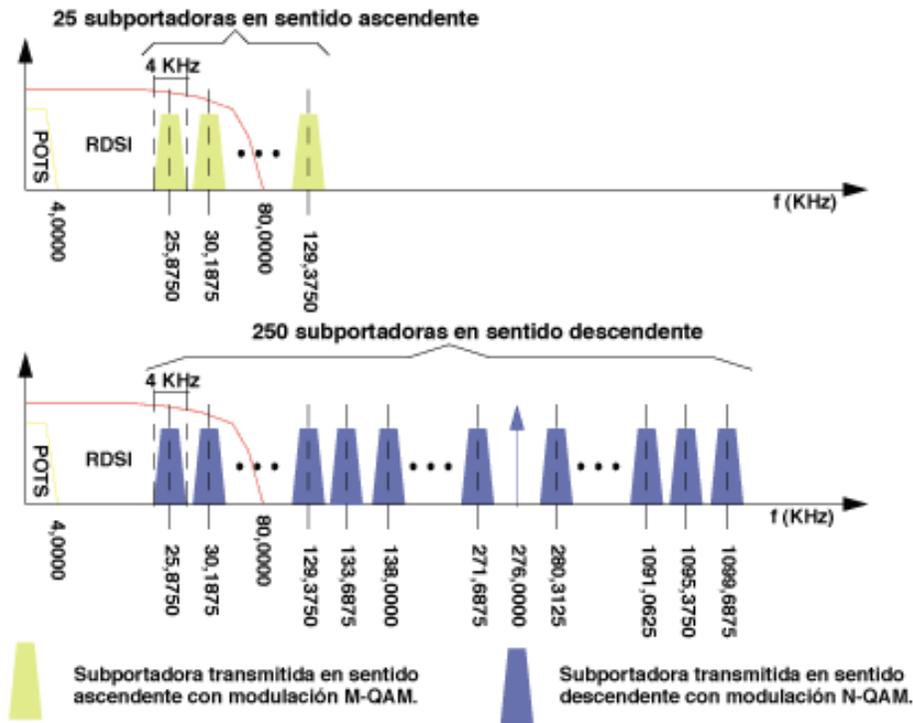


Fig. 2-i-ADSL-Cancelación de Ecos

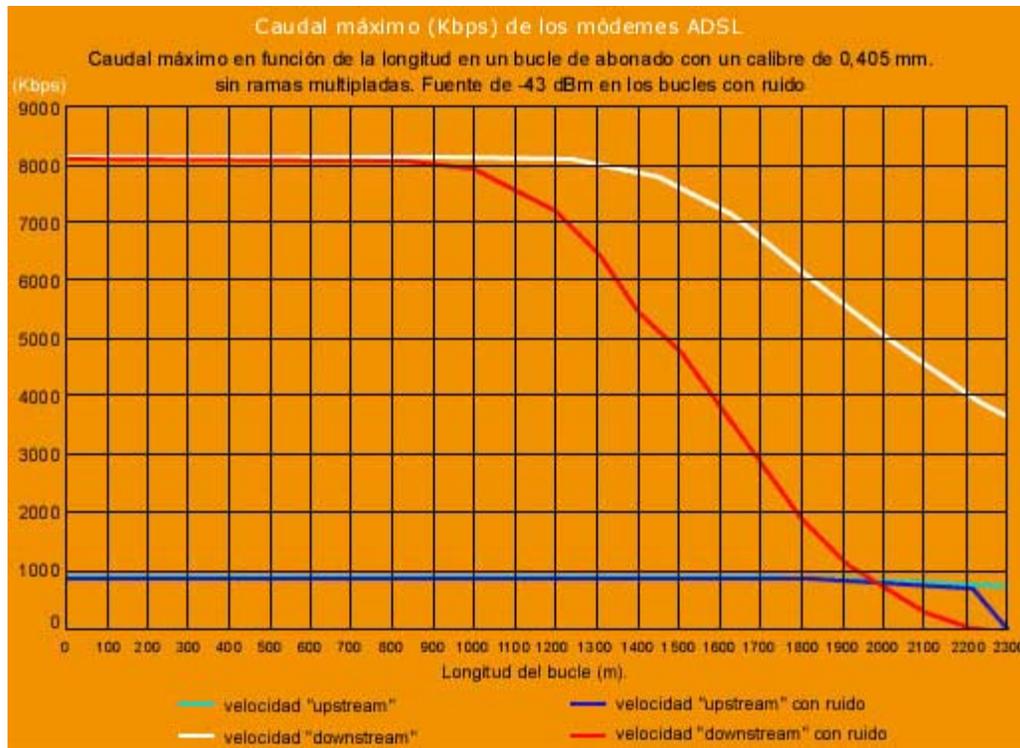
El modulador del ATU-C, hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "downstream".

- El modulador del ATU-R, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "upstream".
- El demodulador del ATU-C, hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal "upstream" que recibe.
- El demodulador del ATU-R, hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal "downstream" recibida.

En la figura 2-h y figura 2-i se muestran las dos modalidades dentro del ADSL con modulación DMT: FDM y cancelación de ecos respectivamente. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se traslapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente, no tanto por el menor número de subportadoras disponibles como por el hecho de que las de menor frecuencia, aquéllas para las que la atenuación del par de cobre es menor, no están disponibles. La segunda modalidad, basada en un cancelador de ecos para la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión, permite mayores caudales a costa de una mayor complejidad en el diseño.

En ambas figuras (figura 2-h y figura 2-i) se muestran los espectros de las señales transmitidas por los módems ADSL tanto en sentido ascendente como descendente. Como se puede ver, los espectros nunca se traslapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS o "Plain Old Telephone Service"), y en cambio sí que se solapan con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son incompatibles.

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas. Y cuanto mayor es la longitud del bucle, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas. Ambas cosas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud del bucle de abonado.



**Fig. 2-j-ADSL-Curva del caudal máximo de los módems ADSL con respecto a la longitud del bucle de abonado**

En la figura 2-j se representa la curva del caudal máximo en Kbps, tanto en sentido ascendente como descendente, que se puede conseguir sobre un bucle de abonado con un calibre de 0,405 mm., sin ramas multiplicadas. Se representan las curvas con y sin ruido. La presencia de ruido externo provoca la reducción de la relación Señal/ Ruido con la que trabaja cada una de las subportadoras, y esa disminución se traduce en una reducción del caudal de datos que modula a cada subportadora, lo que a su vez implica una reducción del caudal total que se puede transmitir a través del enlace entre el ATU-R y el ATU-C.

Hasta una distancia de 2,6 Km de la central, en presencia de ruido (caso peor), se obtiene un caudal de 2 Mbps en sentido descendente y 0,9 Mbps en sentido ascendente. Esto supone que en la práctica, teniendo en cuenta la longitud media del bucle de abonado en las zonas urbanas, la mayor parte de los usuarios están en condiciones de recibir por medio del ADSL un caudal superior a los 2 Mbps. Este caudal es suficiente para muchos servicios de banda ancha, y desde luego puede satisfacer las necesidades de cualquier internauta, teletrabajador así como de muchas empresas pequeñas y medianas.

## **2.7 VARIANTES**

### **2.7.1 G.lite**

En Enero de 1998, el Grupo de Trabajo de ADSL Universal (UAWG) fue anunciado. Se desarrolló un variante de ADSL de bajo costo y velocidad para poder ser instalada y utilizada más rápidamente por los servicios de proveedores. El resultado de este trabajo fue un nuevo estándar conocido como G.Lite.

G.Lite es también conocido como DSL Lite, splitterless ADSL (sin filtro voz/datos), y ADSL Universal. Hasta la reciente llegada del estándar, el UAWG (Universal ADSL Work Group, Grupo de trabajo de ADSL) llamaba a la tecnología G.Lite, Universal ADSL. En Junio de 1999, G.992.2 fue adoptado por la ITU como el estándar que recogía esta tecnología.

Desgraciadamente para los consumidores, G.Lite es más lento que ADSL. Ofrece velocidades de 1.3Mbps (downstream) y de 512Kbps (upstream). Los consumidores de G.lite pueden vivir a más de 18,000 los pies de la oficina central, siendo disponible la tecnología a un muy mayor número de clientes.

### **2.7.2 RADSL**

RADSL: Rate Adaptive Digital Subscriber Line, Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable.

Como su nombre lo indica, se ajusta a la velocidad de acceso de acuerdo a las condiciones de la línea. Funciona en los mismos márgenes de velocidad que ADSL, pero tiene la ventaja de ajustarse de forma dinámica a las condiciones de la línea y a su longitud. La velocidad final de conexión utilizando esta variante de ADSL puede seleccionarse cuando la línea se sincroniza, durante la conexión o como resultado de una señal procedente de la central telefónica.

Esta variante, utiliza la modulación CAP. El sistema de FlexCap2 de Westell usa RADSL para entregar de 640 Kbps a 2.2 Mbps downstream y de 272 Kbps a 1.088 Mbps upstream sobre una línea existente.

En Marzo de 1993 se reconoció por parte del grupo de trabajo T1E1 de ANSI el estándar RADSL, conocido como ANSI TR59. El FCC especifica RADSL como una tecnología que es espectralmente compatible con voz y otras tecnologías DSL sin el bucle local.

## **2.8 VENTAJAS Y LIMITACIONES**

Como ventajas tenemos:

- Ahorro de costos, ya que elimina la necesidad de instalar fibra óptica en el bucle de abonado para suministrar servicios de alta velocidad, por lo tanto, no se requiere trabajos de la ingeniería civiles para colocar nuevos cables.
- ADSL puede introducirse en base a la demanda por usuario individual; esto es importante a los operadores de la red porque significa que su inversión en ADSL es proporcional a la aceptación del usuario de servicios de multimedios de altas velocidades.
- Para los nuevos operadores, especialmente los más pequeños, suponen una interesante oportunidad competitiva, ya que carecen de infraestructuras instaladas.

- Para los usuarios, los servicios ADSL aportan nuevas posibilidades de acceso de alta capacidad para soportar una gran variedad de aplicaciones, desde multimedia a interconexión de LAN y acceso a Internet.
- Una de las mayores ventajas de ADSL sobre los módem analógicos, RDSI y HDSL reside en su capacidad para proporcionar soporte de servicio telefónico sin impacto alguno en la capacidad de procesamiento de datos. La razón es que ADSL utiliza tecnología de división de frecuencia, permitiendo separar los canales telefónicos de los otros dos canales. Esto garantiza el suministro de un servicio telefónico ininterrumpido incluso cuando falla el suministro de energía del módem ADSL, una posibilidad que no ofrece la mayoría de las soluciones competidoras, incluidas RDSI y HDSL, que, aunque pueden efectuar conexiones telefónicas, lo hacen consumiendo 64 Kbps de ancho de banda.

## LIMITACIONES

- El sistema no es compatible con líneas con servicios especiales, como son RDSI, hilo musical, etc.. aunque se están preparando dispositivos para que sean compatibles.
- La distancia desde la central telefónica hasta nuestra casa debe tener un máximo, cuanto mayor sea la distancia menor será la velocidad o incluso no se podrá montar ADSL en nuestra casa o empresa.
- Aun a pesar de que las condiciones anteriores se cumplan, quizás no podamos montar ADSL en casa o empresa debido a un exceso de interferencias en nuestra línea telefónica.
- Debe contratarse el servicio a la operadora telefónica correspondiente. Esto no sucede con los módem habituales, puesto que basta con conectarlos a la red, sin tener que dar aviso a la operadora.
- Otro inconveniente importante es la saturación de los servidores al conectarse muchos usuarios con ADSL.

De todas formas, es el propio instalador del sistema ADSL, el que determinará si podemos o no montar un sistema ADSL, existen aparatos especiales que conectados a nuestra línea de teléfono, determinan si se puede o no establecer un sistema ADSL para dicha línea.

Las distintas velocidades que ofrece ADSL son en función de la longitud del cable telefónico y del estado del mismo. Según las características de esta tecnología, para alcanzar las velocidades de 1,5 a 2 Mbps, es necesario que la distancia máxima no sea más de 5,5 Km entre un módem ADSL y otro, es decir desde donde se encuentra el ordenador del usuario hasta donde está la central telefónica más próxima. En muchos casos esta circunstancia no será ningún inconveniente, ya que en centros urbanos o periferias de grandes ciudades, es probable que exista una central telefónica con ADSL en una distancia inferior. Pero puede darse el caso de pequeños pueblos y aldeas que están separados, unos de otros, 10 Km, por ejemplo. Lógicamente, la central telefónica más cercana puede estar separada esta misma distancia y para realizar llamadas de voz, o incluso utilizar un módem analógico de 28,8 ó 33,6 Kbps no habrá ningún inconveniente, pero a la hora de decidir el uso de la tecnología ADSL será necesario informarse antes, ya que puede existir la sorpresa de no llegar a alcanzar estas velocidades aún habiendo solicitado este tipo de contratación y lógicamente su precio. A medida que la distancia entre los módem ADSL sea mayor, la velocidad de transferencia será menor. El segundo factor clave en este tipo de tecnología es el estado del cable.

Si una comunicación ADSL trata de sacar el máximo partido al par de cobre, utilizando como elemento clave el bajo nivel de ruido de la línea, es necesario que éste se encuentre en perfectas condiciones, ya que de lo contrario puede darse el caso de no llegar a alcanzar las velocidades estándar.

## 2.9 ADSL vs. RDSI

ADSL puede tener todas las posibilidades de competir e incluso ganar a su más rival competidor: la RDSI, pero algunos terrenos son más propicios para DSL y otros para la red digital. Ambos tipos de comunicación están orientados a conseguir una alta velocidad de transmisión de forma fiable. Asimismo, los dos permiten utilizar un canal para datos mientras se utiliza el otro para voz sobre la misma línea.

Pero la diferencia más importante es que RDSI es un medio de conexión que funciona bajo la conmutación de circuitos, mientras que ADSL es un tipo de conexión punto-punto. Esto quiere decir que si queremos realizar una conexión con nuestro proveedor de Internet, utilizando una RDSI, debemos realizar el marcado de un número telefónico que a través de una central nos encaminará hasta el dispositivo receptor. El mismo caso ocurría si lo que deseamos es llamar a la red de nuestra empresa.

Utilizando un módem ADSL, la conexión que existe es permanente, es decir, no es necesario realizar ningún tipo de marcado para lograr el acceso a Internet. Este tipo de conexión denominado punto-punto tiene la ventaja de que el ancho de banda que existe entre el módem receptor de la llamada, instalado en la central telefónica, y el nuestro no es compartido por ningún otro usuario. En la central telefónica deben de existir tantos módems ADSL como líneas para este uso tengan en esa área metropolitana, estando todos estos módems enlazados mediante un conmutador Ethernet, un enrutador o un conmutador ATM, que a su vez tenga una conexión con una línea de alta velocidad a Internet. De esta forma es posible tener nuestra computadora conectada de forma permanente a Internet por una cantidad fija de dinero (con la implantación de la tarifa plana).

La tabla 2-b.a resume las características comparativas entre RDSI y ADSL:

Característica	RDSI	ADSL
Velocidad máxima	128Kbps	2Mbps
Dispositivo	Adaptador de red	Adaptador ADSL
Tecnología	Digital	Digital
Canal para voz	Digital	Analógico
Disponibilidad	Universal	Según ubicación

**Tabla 2-b-ADSL--Características comparativas entre ADSL y RDSI**

Lógicamente uno de los puntos fuertes de ADSL es su velocidad, ya que es 15 veces mayor que la RDSI, utilizando dos canales (128 Kbps), aunque esta vez la RDSI tiene varios puntos a favor: a través de un módem ADSL no es posible llamar a la red de nuestra empresa, ya que la conexión que tiene es permanente con otro módem ADSL instalado en la central. Por ello si se desea conectar con otros servidores o incluso mandar un fax, debemos de hacerlo a través de un módem tradicional. En el caso de una línea RDSI esta posibilidad sí es viable, además, este tipo de conexión digital ofrece mucha mayor

calidad a la hora de enviar voz, mientras que de un módem ADSL se extrae la habitual línea de voz de un sistema telefónico.

Otra de las ventajas de las líneas RDSI es su independencia de la distancia donde se encuentre el módem receptor de la llamada.

Es caso de un fallo en el fluido eléctrico la comunicación a través de RDSI queda interrumpida ya que no existe alimentación para el terminal del abonado. En cambio, la tecnología ADSL, permite poder seguir utilizando el canal de voz aún habiendo un fallo del fluido eléctrico, a pesar de que el canal de datos quede inoperativo.

## 2.10 APLICACIONES

Los principales beneficios que proporciona ADSL son:

1. Capacidad simultánea de voz /fax e Internet sobre una única línea telefónica.
2. Acceso a Internet a alta velocidad de forma ininterrumpida, lo que permite estar siempre "en línea"; ADSL supera las prestaciones de los módem convencionales V.34/V.90.
3. Solución económica para clientes residenciales, "telecommuting", pequeñas empresas, etc.
4. Mayor seguridad de datos que supera a otras tecnologías como módem de cable. ADSL permite dos tipos generales de aplicaciones: vídeo interactivo y comunicaciones de datos a alta velocidad.

Las principales áreas de aplicación de la tecnología ADSL son:

1. "Telecommuting".Acceso a redes corporativas. Estaciones de trabajo interactivas y videoconferencia, etc..
2. Vídeo Interactivo. Entretenimiento bajo demanda. Películas /Vídeo bajo demanda, vídeo en tiempo real, catálogos de vídeo, TV interactiva, etc.
3. Servicios Profesionales Remotos. Cuidado de la salud, servicios legales, "bienes raíces".
4. Compras desde casa. Catálogos en línea, Competencia Multi-fabricante, Informes al consumidor, etc..
5. Juegos. Multimedia Interactiva. Juegos residenciales de único jugador, Juegos residenciales de múltiples jugadores, Juegos de TV.
6. Información bajo demanda. Servicios de noticias electrónicas, publicaciones a medida, etc..
7. Conocimientos de toda la vida. Lecciones de Música, Laboratorios Virtuales, Libros Electrónicos, Reentrenamiento vocacional, etc.
8. Comunicaciones de datos a alta velocidad. Acceso a Internet, accesos a LANs remotas, accesos a redes especializadas, etc.

Entre las ventajas que ADSL posee en comparación a otras alternativas de transmisión de alta velocidad como módem de cable y FTTN <sup>4</sup> figura el impresionante número de líneas telefónicas existentes. Si los

---

<sup>4</sup> FTTN (Fiber to the Neighborhood ): Topología alternativa para alcanzar altas velocidades de transmisión de datos, con la combinación de cables de cables de fibra óptica alimentando a las unidades ópticas de la red (ONU: Optical Network Units) en los sectores residenciales y la conexión final a través de la red telefónica de cobre.

precios de los servicios ADSL se parecen a los de los servicios RDSI entonces ADSL se verá favorecida por Internet y las aplicaciones de vídeo.

Muchas redes de cable antiguas no pueden ofrecer un canal de retorno, por tanto necesitarán actualizarse antes de poder ofrecer servicios de banda ancha y competir con ADSL.

ADSL también es una solución a tener en cuenta por parte de los Proveedores de Servicios Internet que día a día van necesitando proporcionar mejores prestaciones de velocidad a los usuarios.

## 3 PPP

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la infraestructura de redes de área extensa está construida a partir de líneas alquiladas punto a punto. En la práctica, la comunicación punto a punto se utiliza de diferentes maneras. Actualmente, una de las formas más habituales de conectarse a Internet para un usuario común es a través de un módem y una línea telefónica. En general, la PC llama al enrutador de su proveedor de Internet y así actúa como host de la Red. Este método de operación no es distinto a tener una línea arrendada entre la PC y el enrutador, excepto que la conexión desaparece cuando el usuario termina la sesión.

Tanto para la conexión por línea alquilada de enrutador a enrutador como para la conexión conmutada de host a enrutador se requiere de un protocolo punto a punto de enlace de datos en la línea, para el manejo de marcos de control de errores y las demás funciones de la capa de enlace de datos.

Según nos acercamos al medio físico, la diversidad de los mismos provoca que existan varios protocolos a nivel de enlace de datos para adaptarse a las peculiaridades de cada medio físico.

Dos protocolos de este nivel utilizados ampliamente en Internet son SLIP (Serial Line Internet Protocol) y PPP (Point to Point Protocol).

Si bien el protocolo SLIP está específicamente diseñado para el transporte de tráfico TCP/IP, la tendencia actual es hacia el uso cada vez mayor del protocolo PPP, ya que también es apto para líneas telefónicas conmutadas, siempre que nuestro proveedor de Internet disponga de este protocolo para atender nuestra llamada.

Al utilizar SLIP, es necesario conocer tanto nuestra dirección IP como la de nuestro proveedor, lo que puede causarnos problemas en el caso de que este asigne dinámicamente las direcciones (algo muy común actualmente). Igualmente, existe la posibilidad de tener que configurar algunos parámetros como pueden ser la máxima unidad de transmisión (MTU), máxima unidad de recepción (MRU), el uso de cabeceras de compresión, etc.

El PPP fue desarrollado por el IETF (Internet Engineering Task Force) en 1993 para mejorar estas y algunas otras deficiencias, y crear un estándar internacional, por lo cual en este capítulo desarrollaremos principalmente el protocolo PPP, luego de lo que concluiremos con una breve comparación con su par (SLIP).

### 3.2 DESARROLLO

El protocolo PPP proporciona un método estándar para transportar datagramas multiprotocolo sobre enlaces simples punto a punto entre dos "pares"<sup>1</sup>. Estos enlaces proveen operación bidireccional full dúplex y se asume que los paquetes serán entregados en orden.

---

<sup>1</sup> Par: Cada una de las máquinas en los dos extremos del enlace -en inglés es peer-.

Tiene tres componentes:

1. Un mecanismo de enmarcado para encapsular datagramas multiprotocolo y manejar la detección de errores.
2. Un protocolo de control de enlace (LCP, Link Control Protocol) para establecer, configurar y probar la conexión de datos.
3. Una familia de protocolos de control de red (NCPs, Network Control Protocols) para establecer y configurar los distintos protocolos de nivel de red.

### 3.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL

Para dar un panorama inicial del funcionamiento de este protocolo en el caso comentado, en que un usuario de una PC quiera conectarse temporalmente a Internet, describiremos brevemente los pasos a seguir:

En primera instancia, la PC llama al enrutador del ISP<sup>2</sup>, a través de un módem conectado a la línea telefónica.

Una vez que el módem del enrutador ha contestado el teléfono y se ha establecido una conexión física, la PC manda al enrutador una serie de paquetes LCP en el campo de datos de uno o más marcos PPP. Estos paquetes y sus respuestas seleccionan los parámetros PPP por usar.

Una vez que se han acordado estos parámetros se envían una serie de paquetes NCP para configurar la capa de red.

Típicamente, la PC quiere ejecutar una pila de protocolos TCP/IP, por lo que necesita una dirección IP. No hay suficientes direcciones IP para todos, por lo que normalmente cada ISP tiene un bloque de ellas y asigna dinámicamente una a cada PC que se acaba de conectar para que la use durante su sesión. Se utiliza el NCP para asignar la dirección de IP.

En este momento la PC ya es un *host* de Internet y puede enviar y recibir paquetes IP. Cuando el usuario ha terminado se usa NCP para destruir la conexión de la capa de red y liberar la dirección IP. Luego se usa LCP para cancelar la conexión de la capa de enlace de datos.

Finalmente la computadora indica al módem que cuelgue el teléfono, liberando la conexión de la capa física.

PPP puede utilizarse no solo a través de líneas telefónicas de discado, sino que también pueden emplearse a través de SONET o PDH.

---

<sup>2</sup> ISP (Internet Service Provider) : Proveedor del servicio de Internet

### 3.4 CONFIGURACIÓN BÁSICA

Los enlaces PPP son fáciles de configurar. El estándar por defecto maneja todas las configuraciones simples. Se pueden especificar mejoras en la configuración por defecto, las cuales son automáticamente comunicadas al "par" sin la intervención del operador. Finalmente, el operador puede configurar explícitamente las opciones para el enlace, lo cual lo habilita para operar en ambientes donde de otra manera sería imposible. Esta auto-configuración es implementada a través de un mecanismo de negociación de opciones extensible en el cual cada extremo del enlace describe al otro sus capacidades y requerimientos.

### 3.5 ENTRAMADO

La encapsulación PPP provee multiplexamiento de diferentes protocolos de la capa de red sobre el mismo enlace. Ha sido diseñada cuidadosamente para mantener compatibilidad con el hardware mayormente usado.

Sólo son necesarios 8 bytes adicionales para formar la encapsulación cuando se usa dentro del entramado por defecto. En ambientes con escaso ancho de banda, la encapsulación y el entramado pueden requerir menos bytes.

El formato de la trama completa es:

Indicador	Dirección	Control	Protocolo	Información	Suma	Indicador
(1 byte)	(1 byte)	(1 byte)	(1 o 2 bytes)	(variable)	(2 o 4 bytes)	(1 byte)

**Tabla 3-a-PPP-Formato de la trama completa**

Todas las tramas comienzan con el byte indicador "01111110". Luego viene el campo dirección, al que siempre se asigna el valor "11111111". La dirección va seguida del campo de control, cuyo valor predeterminado es "00000011". Este valor indica un marco sin número ya que PPP no proporciona por omisión transmisión confiable (usando números de secuencia y acuses) pero en ambientes ruidosos se puede usar un modo numerado para transmisión confiable. El anteúltimo campo es el de suma de comprobación, que normalmente es de 2 bytes, pero puede negociarse una suma de 4 bytes. La trama finaliza con otro byte indicador "01111110". Debido a que los campos indicados anteriormente son utilizados para encapsular la información fundamental del protocolo, desde ahora nos centraremos en el siguiente esquema:

Protocolo	Información (y relleno)
(1 o 2 bytes)	(variable)

**Tabla 3-b-PPP-Formato de encapsulamiento**

Este campo es de 1 o 2 bytes y su valor identifica el contenido del datagrama en el campo de información del paquete (cuando hablamos de "paquete" nos estamos refiriendo al marco de la capa de enlace, que es

en la que opera el PPP; no debe confundirse con los de la capa de red, manejados por IP). El bit menos significativo del byte menos significativo debe ser 1 y el bit menos significativo del byte más significativo debe ser 0. Los marcos recibidos que no cumplan con estas reglas deben ser tratados como irreconocibles.

Los valores en el campo de protocolo dentro del rango de 0000hex a 3000hex identifican el protocolo de capa de red de los paquetes específicos, y valores en el rango de 8hex a Bhex identifican paquetes pertenecientes al protocolo de control de red asociado (NCPs). Los valores en el campo de protocolo dentro del rango de 4000hex a 7000hex son usados para protocolos con bajo volumen de tráfico, los cuales no tienen asociados NCP. Valores en el rango de Chex a Fhex identifican paquetes de los protocolos de control de la capa de enlace (como LCP).

### **3.5.1 CAMPO DE INFORMACION**

Puede tener 0 o más bytes. Contiene el datagrama para el protocolo especificado en el campo protocolo. La máxima longitud para este campo, incluyendo el relleno pero no incluyendo el campo de protocolo, es determinada por la unidad máxima de recepción (MRU), la cual es de 1500 bytes por defecto. Mediante negociaciones, PPP puede usar otros valores para la MRU.

A la información se le puede agregar un relleno, con un número arbitrario de bytes, hasta llegar a la MRU.

## **3.6 OPERACIÓN DEL PPP**

Para establecer comunicaciones sobre un enlace punto a punto cada extremo del mismo debe enviar primero paquetes LCP para configurar y testear el enlace de datos. Después de que éste ha sido establecido, el "par" debe ser autenticado. Entonces, PPP debe enviar paquetes NCP para elegir y configurar uno o más protocolos de red. Una vez que han sido configurados cada uno de los protocolos de la capa de red elegidos, los datagramas de cada protocolo de capa de red pueden ser enviados a través del enlace. El enlace permanecerá configurado para la comunicación hasta que una serie de paquetes NCP o LCP cierran la conexión, o hasta que ocurra un evento externo (por ej., que un *timer* de inactividad expire o que se produzca una intervención del administrador de la red).

## **3.7 FASES DE LA OPERACIÓN**

En la siguiente figura se muestran las fases por las que pasa una línea cuando es activada, usada y desactivada, a través del protocolo PPP. Esta secuencia se aplica tanto a las conexiones por módem como a las conexiones enrutador a enrutador

### **3.7.1 FASE DE ENLACE MUERTO (CAPA FÍSICA NO LISTA)**

El enlace comienza y termina necesariamente en esta fase. Cuando un evento externo (como una detección de portadora) indica que la capa física está lista para ser usada, PPP procederá con la fase de establecimiento del enlace.

Típicamente, si se utiliza un módem, el enlace volverá a esta fase automáticamente después de la desconexión del mismo. En el caso de un enlace *hard-wired* esta fase puede ser extremadamente corta, tan solo hasta detectar la presencia del dispositivo.

### **3.7.2 FASE DE ESTABLECIMIENTO DEL ENLACE**

El protocolo de control de enlace (LCP) es usado para establecer la conexión a través de un intercambio de paquetes de configuración. Este intercambio está completo y se ingresa en el estado abierto de LCP una vez que un paquete de "reconocimiento de configuración" ha sido enviado y recibido por ambos. Todas las opciones de configuración son asumidas con sus valores por defecto a menos que sean alteradas por un intercambio de paquetes de configuración.

Es importante notar que solo las opciones de configuración que son independientes de cada protocolo particular de capa de red son manejadas por el LCP. La configuración de los protocolos de capa de red individuales es manejada por separado por los protocolos de control de red (NCPs) durante la fase de red.

Cualquier paquete que no sea LCP recibido durante esta fase debe ser descartado.

### **3.7.3 FASE DE VALIDACIÓN**

En algunos enlaces puede ser deseable solicitar al "par" que se autentifique a sí mismo antes de permitir el intercambio de paquetes del protocolo de capa de red.

Por defecto, la validación o autenticación no es obligatoria. Si una implementación desea que el "par" se autentifique con algún protocolo de validación específico, entonces ésta debe solicitar el uso del protocolo de autenticación durante la fase de establecimiento del enlace.

La autenticación debe tomar lugar tan pronto como sea posible después del establecimiento del enlace. El progreso de la fase de autenticación a la fase de red no debe ocurrir hasta que la autenticación haya sido completada. Si ésta falla, el que realiza la autenticación debe proceder a la fase de terminación del enlace.

Durante esta fase, sólo son permitidos paquetes del protocolo de control de enlace, el protocolo de autenticación y el monitoreo de calidad de enlace. Cualquier otro paquete recibido debe ser descartado.

La autenticación debe proporcionar algún método de retransmisión, y se procederá a la fase de terminación del enlace sólo luego de que se ha excedido cierta cantidad de intentos de autenticación.

### **3.7.4 FASE DE RED**

Una vez que el PPP finalizó las fases anteriores, cada protocolo de capa de red (como por ejemplo IP, IPX o AppleTalk) debe ser configurado separadamente por el protocolo de control de red (NCP) apropiado.

Cada NCP debe ser abierto y cerrado de a uno por vez.

### **3.7.5 FASE ABIERTA**

Una vez que un NCP ha alcanzado el estado abierto, PPP transportará los correspondientes paquetes del protocolo de capa de red. Cualquier paquete recibido mientras su NCP no esté en el estado abierto debe ser descartado. Durante esta fase el tráfico del enlace consiste en cualquier combinación posible de paquetes LCP, NCP, y de protocolo de capa de red.

### 3.7.6 FASE DE TERMINACIÓN DEL ENLACE

PPP puede terminar el enlace en cualquier momento. Esto puede ocurrir por la pérdida de la señal portadora, una falla de autenticación, una falla de la calidad del enlace, la expiración de un *timer*, o un cierre administrativo del enlace.

LCP es usado para cerrar el enlace a través de un intercambio de paquetes de "terminación". Cuando el enlace ha sido cerrado, PPP informa a los protocolos de capa de red así ellos pueden tomar la acción apropiada.

Después del intercambio de paquetes de "terminación", la implementación debe avisar a la capa física que desconecte la línea para forzar la terminación del enlace, particularmente en el caso de una falla de autenticación. El que envía una "solicitud de terminación" debe desconectarse después de recibir un "reconocimiento de terminación", o después de que expire el *timer* correspondiente. El receptor de una "solicitud de terminación" debe esperar al "par" para desconectarse, y no lo debe hacer hasta que al menos haya pasado cierto tiempo de reiniciado después de enviar el "reconocimiento de terminación". PPP procederá entonces con la fase de enlace muerto.

Cualquier paquete recibido durante esta fase que no sea LCP debe ser descartado. La clausura del enlace por LCP es suficiente. No es necesario que cada NCP envíe paquetes de terminación. A la inversa, el hecho de que un NCP sea cerrado no es razón suficiente para causar la terminación del enlace PPP, aún si ese NCP era el único actualmente en el estado abierto.

### 3.8 NEGOCIACIÓN AUTOMÁTICA DE OPCIONES

La negociación de opciones es definida por eventos, acciones y transiciones de estados. Los eventos incluyen la recepción de comandos externos (como apertura y clausura), expiración de *timers*, y recepción de paquetes de un "par". Las acciones incluyen el arranque de *timers* y la transmisión de paquetes al "par".

Algunos tipos de paquetes ("no reconocimientos de configuración", "rechazos de configuración", "solicitudes de eco", "respuestas de eco", etc.) no son diferenciados aquí ya que producen siempre las mismas transiciones.

### 3.9 ESTADOS

Algunos posibles estados son: "inicial" (la capa más baja no está disponible y no ha ocurrido una apertura), "*starting*" (ha sido iniciada una apertura pero la capa más baja aún no está disponible), "*closed*" (el enlace está disponible pero no ha ocurrido una apertura), etc.

### 3.10 EVENTOS

Las transiciones y las acciones en la negociación son causadas por eventos. Algunos son: "*up*" (este evento ocurre cuando la capa más baja indica que está lista para transportar paquetes; típicamente es usado por los procesos de manejo y llamada de un módem, y también puede ser utilizado por el LCP para indicar a cada NCP que el enlace está entrando en la fase de red). Otro evento muy común es "*down*" (cuando la capa más baja indica que ya no está lista para transportar paquetes, este evento también es generalmente utilizado por un módem o por un LCP).

### 3.11 ACCIONES

Son causadas por eventos y habitualmente indican la transmisión de paquetes y/o el comienzo o parada de *timers*. Algunas acciones son: "evento ilegal" (esto indica acerca de un evento que no puede ocurrir en una negociación implementada correctamente), "capa hacia arriba" (esta acción indica a las capas superiores que la negociación está entrando en estado "abierto"; típicamente es utilizada por el LCP para indicar el evento "up" a un NCP, por un protocolo de autenticación, o de calidad de enlace).

### 3.12 PREVENCIÓN DE CICLOS

El PPP hace intenta evitar ciclos mientras se efectúa la negociación de opciones de configuración. De todas formas, el protocolo no garantiza que no ocurrirán ciclos. Como en cualquier negociación es posible configurar dos implementaciones PPP con políticas conflictivas que nunca converjan finalmente. También es posible configurar políticas que converjan, pero que se tomen un tiempo significativo para hacerlo.

### 3.13 TIMERS

Existen distintos tipos de *timers*. Por ejemplo, el "*timer* de reiniciado" es utilizado para controlar el tiempo de las transmisiones de solicitud de configuración y los paquetes de solicitud de terminación. La expiración de este *timer* causa un evento de "tiempo cumplido" y la retransmisión de la correspondiente "solicitud de configuración" o el paquete de "solicitud de terminación". Este *timer* debe ser configurable, pero por defecto durará 3 segundos. Este tiempo está pensado para bajas velocidades, como las líneas telefónicas típicas.

Otro ejemplo de timer es el de "terminación máxima", que es un contador de reiniciado requerido para las solicitudes de terminación. Indica el número de paquetes de "solicitudes de terminación" enviados sin recibir un "reconocimiento de terminación". Debe ser configurable pero por defecto se establece en 2 transmisiones.

### 3.14 PROTOCOLO DE CONTROL DE ENLACE (LCP)

El LCP es usado para acordar automáticamente las opciones del formato de encapsulación, los límites de manipulación de tamaño de paquete, detectar un enlace con ciclos, otros errores comunes por mala configuración, y terminar el enlace. Otras facilidades opcionales provistas son: autenticación de la identidad de los "pares" del enlace, y determinación de cuándo el enlace está funcionando apropiadamente y cuándo está fallando.

### 3.15 FORMATO DE LOS PAQUETES LCP

Hay tres clases de paquetes LCP:

1. Paquetes de configuración de enlace: usados para establecer y configurar el enlace ("solicitud de configuración", "reconocimiento de configuración", "no reconocimiento de configuración" y "rechazo de configuración").
2. Paquetes de terminación de enlace: usados para terminar el enlace ("solicitud de terminación" y "reconocimiento de terminación").

3. Paquetes de mantenimiento del enlace: usados para manejar y depurar el enlace ("rechazo de código", "rechazo de protocolo", "solicitud de eco", "respuesta de eco", "solicitud de descarte").

Un paquete LCP es encapsulado en el campo de información PPP, donde el campo de protocolo PPP indica el tipo C021hex.

Básicamente, el formato de un paquete del protocolo de control de enlace es el siguiente:

Código	Identificador	Longitud	Datos
(1 byte)	(1 byte)	(2 bytes)	(variable)

**Tabla 3-c-PPP-Formato de un paquete del protocolo de control de enlace**

### **3.15.1 CAMPO CÓDIGO**

Ocupa un byte y sirve para identificar el tipo de paquete LCP. Cuando se recibe un paquete con un campo de código desconocido, se transmite un paquete de "rechazo de código".

### **3.15.2 CAMPO IDENTIFICADOR**

Es de un byte y ayuda en la comparación de las solicitudes y respuestas.

### **3.15.3 CAMPO LONGITUD**

Es de dos bytes e indica la longitud del paquete LCP, incluyendo los campos código, identificador, longitud y datos. La longitud no debe exceder la MRU del enlace. Los bytes fuera del rango del campo longitud son tratados como relleno e ignorados al ser recibidos.

### **3.15.4 CAMPO DATOS**

Pueden ser 0 o más bytes, indicados por el campo longitud. El formato de los datos es determinado por el campo código. A continuación describiremos brevemente los principales paquetes utilizados por el LCP:

### **3.15.5 SOLICITUD DE CONFIGURACIÓN**

Debe transmitirse para abrir una conexión. En el campo de datos se incluirán las opciones de configuración que el transmisor desee negociar (0 o más). Todas estas opciones son negociadas simultáneamente.

### **3.15.6 RECONOCIMIENTO DE CONFIGURACIÓN**

Si cada opción de configuración recibida en una "solicitud de configuración" es reconocible y sus valores son aceptables, la implementación receptora debe transmitir un paquete de "reconocimiento". Estas opciones reconocidas no deberán ser modificadas luego. Las opciones reconocidas son enviadas en el área de datos del paquete simultáneamente.

### **3.15.7 NO RECONOCIMIENTO DE CONFIGURACIÓN**

Si cada opción de configuración es reconocible pero algunos valores no son aceptables, se debe transmitir un paquete de "no reconocimiento de configuración". El campo de datos es completado sólo con las opciones no aceptadas de la "solicitud de configuración".

Al recibir un paquete de "no reconocimiento", el campo de identificación debe ser comparado con el de la última "solicitud de configuración", y cuando se vuelva a enviar una "solicitud de configuración", las opciones de la mismas deberán ser modificadas.

### **3.15.6 RECHAZO DE CONFIGURACIÓN**

Este paquete será transmitido si se recibe una "solicitud de configuración" en la que algunas opciones no son reconocibles o aceptables para ser negociadas. El campo de datos es completado sólo con las opciones de configuración no aceptables. Al recibir un "rechazo de configuración", el campo identificador debe compararse con el de la última solicitud de configuración.

### **3.15.7 SOLICITUD DE TERMINACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE TERMINACIÓN**

Son utilizadas para terminar una conexión. Primero se debe transmitir una "solicitud de terminación". Estas solicitudes se seguirán transmitiendo hasta recibir un "reconocimiento de terminación", hasta que la capa inferior indique que se perdió la conexión, o hasta que se haya transmitido un cierto número de solicitudes al "par".

El campo de datos puede contener 0 o más bytes, los cuales no son utilizados.

### **3.15.8 RECHAZO DE CÓDIGO**

La recepción de un paquete LCP con un código desconocido indica que el "par" está operando con una versión diferente del protocolo. Esto debe ser reportado al transmisor del código desconocido por medio de un "rechazo de código". Al recibir un paquete de este tipo acerca de un código que es fundamental para la versión utilizada del protocolo, se deberá reportar el problema y cesar la transmisión. El campo de datos contiene una copia del paquete LCP que está siendo rechazado.

### **3.15.9 RECHAZO DE PROTOCOLO**

La recepción de un paquete PPP con un campo de protocolo desconocido indica que el "par" está intentando usar un protocolo no soportado. Esto ocurre usualmente cuando el "par" intenta configurar un nuevo protocolo. El campo de datos contiene en dos bytes el campo de protocolo PPP del paquete que está siendo rechazado y a continuación una copia del paquete rechazado.

### **3.15.10 SOLICITUD Y RESPUESTA DE ECO**

Estos paquetes proveen al LCP de un mecanismo para detectar ciclos en la capa de enlace de datos, que puede ser utilizado en ambos sentidos. Es muy útil para ayudar en la depuración, la determinación de la calidad del enlace, de la performance y en varias funciones más. Luego de recibir una "solicitud de eco" se debe transmitir la respuesta correspondiente.

El campo de datos contiene 4 bytes que son utilizados para enviar un número llamado "mágico", que es utilizado para detectar enlaces con ciclos. A continuación puede ser transmitido cualquier valor binario elegido por el transmisor.

### 3.15.11 SOLICITUD DE DESCARTE

El LCP incluye estos paquetes para proveer un mecanismo de "hundimiento" de la capa de enlace de datos en el sentido desde el sitio local hacia el remoto. Este mecanismo se utiliza cuando se desea enviar paquetes para realizar alguna prueba, sin que el "par" realice ninguna acción en función de los mismos. Esto es útil para ayudar en la depuración, el testeo de performance y algunas otras funciones.

Los paquetes de "solicitudes de descarte" deben ser ignorados al ser recibidos.

### 3.16 OPCIONES DE CONFIGURACIÓN DE LCP

Estas opciones permiten la negociación o modificación de las características por defecto de un enlace punto a punto. Si no se incluyen opciones de configuración en un paquete de solicitud de configuración, se asumen los valores por defecto para las mismas. El permitir valores por defecto para cada opción otorga al enlace la capacidad de funcionar correctamente sin negociaciones, pero sin embargo sin alcanzar una performance óptima.

El formato de las opciones de configuración es el siguiente:

Tipo	Longitud	Datos
(1 byte)	(1 byte)	(variable)

Tabla 3-d-PPP-Formato de las opciones de configuración

#### 3.16.1 CAMPO TIPO

Este campo es de 1 byte e indica el tipo de la opción de configuración. Los valores posibles son: 0 (reservado), 1 (MRU), 3 (protocolo de autenticación), 4 (protocolo de calidad), 5 (número "mágico"), 7 (compresión del campo de protocolo) y 8 (compresión de los campos de dirección y control). Por supuesto, los valores que acabamos de indicar deben transmitirse en binario.

#### 3.16.2 CAMPO LONGITUD

Es de 1 byte e indica la longitud del paquete, incluyendo los campos tipo, longitud y datos.

#### 3.16.3 CAMPO DATOS

Puede ser de 0 o más bytes, y contiene la información específica de cada opción a configurar. El formato y la longitud del campo de datos son determinados por los campos de tipo y longitud.

### 3.17 PROTOCOLOS DE CONTROL DE RED (NCP)

Los enlaces punto a punto tienden a agravar muchos problemas con la familia actual de protocolos de red. Por ejemplo, la asignación y manejo de direcciones IP es especialmente dificultosa sobre circuitos conmutados de enlaces punto a punto (como los utilizados por los módems).

Estos problemas son manejados por una familia de protocolos de control de red (NCPs), cada uno de los cuales maneja las necesidades específicas requeridas por sus respectivos protocolos de la capa de red, por lo cual su definición detallada es tratada en forma separada de los documentos correspondientes al PPP.

### 3.18 COMPARACIÓN ENTRE PPP Y SLIP

Además de los aspectos comentados en la "Introducción" y las diferencias que se desprenden de la parte de "Desarrollo", a continuación enumeraremos en una tabla, y a modo de resumen, algunas de las principales diferencias entre los protocolos PPP y SLIP.

SLIP	PPP
Fácil de implementar.	Más complejo.
Adiciona muy pocos bytes de <i>overhead</i>	Mayor <i>overhead</i>
No es un estándar aprobado de Internet	Estándar de facto
No efectúa detección ni corrección de errores.	Suma de verificación (CRC) en cada marco según entramado.
Solo reconoce IP	Múltiples protocolos
Debe conocerse la dirección IP de cada extremo.	Permite la asignación dinámica de direcciones IP.
No proporciona verificación de autenticidad	Proporciona verificación de autenticidad
Estático	Configurable a través de LCP.

**Tabla 3-e-PPP-5 Principales diferencias entre los protocolos PPP y SLIP**

## 3.19 OSPF

### 3.19.1 INTRODUCCIÓN

OSPF (Algoritmo Abierto de la Primera Trayectoria Más Corta) es un protocolo de enrutamiento, desarrollado para las redes con IP por el grupo de trabajo del IGP<sup>3</sup> de IETF<sup>4</sup>. El grupo de trabajo se formó en 1988 para diseñar un IGP basado en el algoritmo de la SPF<sup>5</sup> para su uso en Internet. El OSPF fue creado debido a que, a mediados de los años 80, RIP<sup>6</sup> era cada vez menos capaz de dar servicio a grandes redes heterogéneas.

### 3.19.2 DESCRIPCIÓN

El OSPF tiene dos características principales:

- a) El protocolo OSPF es un protocolo abierto, es decir, su especificación es del dominio público. La especificación OSPF está publicada como la RFC (Solicitud de Comentarios) 1247.
- b) OSPF está basado en el algoritmo SPF

El OSPF es un protocolo de enrutamiento basado en estado de enlaces que promueve el envío de LSAs (Avisos del Estado del Enlace) hacia todos los demás enrutadores dentro de la misma área jerárquica. En las LSAs del OSPF se incluye la información en las interfases conectadas, las mediciones utilizadas y otras variables. Como los enrutadores OSPF acumulan información sobre el estado del enlace, utilizan el algoritmo SPF para calcular la trayectoria más corta hacia cada nodo.

Como protocolo de enrutamiento basado en estado de enlaces, el OSPF contrasta con el RIP y el IGRP, los cuales son protocolos de enrutamiento basados en vector de distancia. Los enrutadores que corren el algoritmo de vector de distancia envían todas o una porción de sus tablas de enrutamiento a través de mensajes de actualización de enrutamiento hacia sus vecinos.

### 3.19.3 JERARQUÍAS DE ENRUTAMIENTO

OSPF puede operar dentro de una jerarquía. La entidad más grande dentro de una jerarquía es AS (Sistema Autónomo), que es un conjunto de redes bajo una administración común que comparte una estrategia de enrutamiento común. OSPF es un protocolo de enrutamiento intra-AS (puerta de enlace interior), aunque puede recibir rutas de y enviar rutas a otros ASs.

---

<sup>3</sup> **IGP**: Protocolo de Puerta de Enlace Interior. Protocolo de Internet que se utiliza para el intercambio de la información dentro de un sistema autónomo. Entre los ejemplos de IGP se encuentran IGRP, OSPF Y RIP.

<sup>4</sup> **IETF**: Fuerza de Trabajo de Ingeniería en Internet. Es una fuerza de trabajo que consta de 80 grupos de trabajo responsables del desarrollo de estándares para Internet.

<sup>5</sup> **SPF**: Algoritmo Abierto de la Primera Trayectoria Más Corta) Éste es un algoritmo de enrutamiento que itera según la longitud de la trayectoria, para determinar un árbol de recubrimiento de trayectoria más corta. Comúnmente se utiliza con algoritmos de enrutamiento basados en estado de enlaces

<sup>6</sup> **RIP**: Protocolo de Información de Enrutamiento. Es un IGP provisto en los sistemas UNIX BSD. Es el IGP más común en Internet. El protocolo RIP utiliza el conteo de saltos como una medida de enrutamiento.

Un AS puede estar dividido en varias áreas, que son grupos de redes contiguas y anfitriones conectados. Los enrutadores con múltiples interfases pueden participar en múltiples áreas. Estos enrutadores, llamados enrutadores de frontera de área, llevan bases de datos topológicas separadas por cada área.

Una base de datos topológica es fundamentalmente un panorama general de las redes en relación con los enrutadores. La base de datos topológica contiene la colección de LSAs recibida de todos los enrutadores en la misma área. Debido a que los enrutadores dentro de la misma área comparten la misma información, tienen bases de datos topológicas idénticas.

A menudo, el término dominio se utiliza para describir una porción de la red en la que todos los enrutadores tienen base de datos topológicas idénticas. La palabra dominio se utiliza con frecuencia como sinónimo de AS.

Una topología de área es invisible para las entidades fuera del área. Conservando cada topología de área por separado, el OSPF transfiere menos tráfico de enrutamiento del que pasaría si el AS no estuviera particionado.

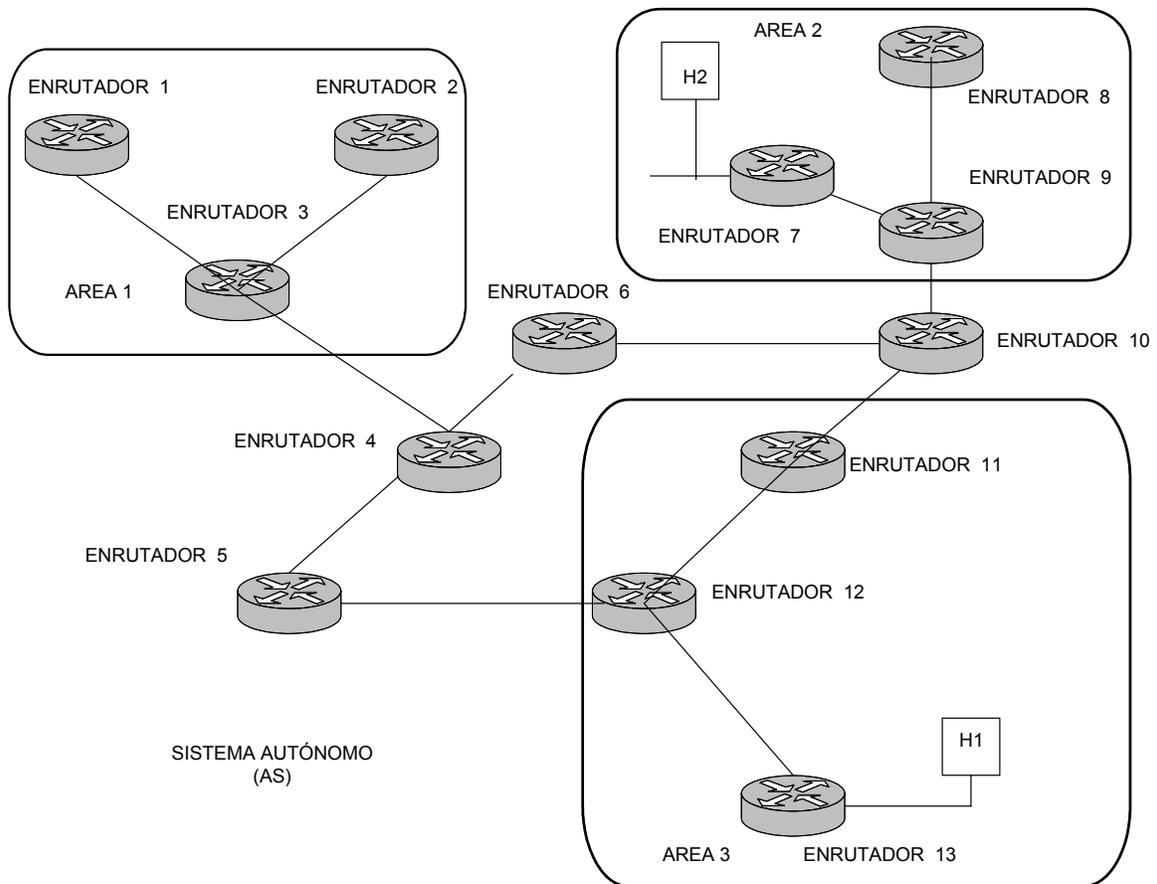
La partición del área genera dos tipos diferentes de enrutamiento OSPF, dependiendo si el origen y el destino se encuentran en la misma área o en diferentes áreas. El enrutamiento intraárea se presenta cuando el origen y el destino se encuentran en la misma área ; el enrutamiento interárea se presenta cuando están en áreas diferentes.

Una troncal OSPF (llamada área cero ) es responsable de distribuir información de enrutamiento entre las áreas. Está formada por todos los enrutadores de frontera de área, las redes no contenidas por completo en cualquier área y los enrutadores conectados. La figura 3-a muestra un ejemplo de una red con varias áreas.

En la figura 3-a , los enrutadores 4,5,6,10,11 y 12 conforman la troncal. Si el anfitrión H1 en el área 3 desea enviar un paquete al anfitrión H2 en el área 2, el paquete se envía al enrutador 13, que envía el paquete al enrutador 12, que envía el paquete al enrutador 11. El enrutador 11 , posteriormente , envía el paquete a través de la troncal al enrutador de frontera de área 10, que envía el paquete a través de 2 enrutadores de intraárea (Enrutador 9 y Enrutador 7) para que sea enviado al Anfitrión H2.

La troncal misma es un área OSPF, así que todos los enrutadores de troncal utilizan los mismos procedimientos y algoritmos para conservar la información de enrutamiento dentro de la troncal que cualquier enrutador de área usaría. La topología de la troncal es invisible a todos los enrutadores intraárea, así como las topologías de área individuales son invisibles a la troncal.

Las áreas pueden definirse de tal manera que la troncal no sea contigua. En este caso, la conectividad de la troncal se debe reestablecer a través de los enlaces virtuales. Los enlaces virtuales se configuran entre cualesquiera de los enrutadores de troncal que compartan un enlace hacia un área que no sea de troncal y funcionan como si fueran enlaces directos.



**Fig. 3-a-PPP-Un AS del OSPF consta de múltiples áreas enlazadas por medio de enrutadores**

Los enrutadores de frontera AS que corren OSPF conocen las rutas exteriores a través de los EGPs (Protocolos de Puerta de Enlace Exterior), como el EGP o BGP (Protocolo de Puerta de Enlace de Frontera) o a través de información de configuración.

### 3.19.4 LSA (AVISO DEL ESTADO DE ENLACES)

El LSA es un paquete de difusión utilizado por los protocolos basados en estado de enlaces, el cual contiene información respecto a los vecinos y a los costos de la trayectoria. Son utilizados por los enrutadores de recepción para mantener sus tablas de enrutamiento.

Los LSA's son distribuidos por todos los otros enrutadores del área. Existen diferentes tipos de LSA:

a) LSA tipo 1: anuncio del estado de los links hacia el enrutador. Es generado por enrutadores y solamente es distribuido dentro de el área.

b) LSA tipo 2 : Anuncio del estado de los enlaces hacia redes. Es generado por enrutadores designados DR (designated routers). Describe a los enrutadores conectados a una red en particular y solamente es distribuido dentro de el área.

c) LSA tipo 3 y tipo 4: Anuncio de resumen de enlaces. Es generado por los enrutadores de borde de área (ABR) y describen las rutas hacia redes , resumen de rutas (el tipo 3) o bien rutas hacia enrutadores de límite hacia otros Sistemas Autónomos (ASBR) (el tipo 4).

d) LSA tipo 5: Anuncio del estado de enlaces externos al Sistema Autónomo. Es originado por el enrutador de límite hacia otros Sistemas Autónomos. La tablas de enrutamiento las muestra como rutas O E1 ó como rutas O E2.

### **3.19.5 ALGORITMO SPF**

El algoritmo de enrutamiento SPF (Primera Trayectoria Más Corta) es la base de la operación del OSPF. Cuando un enrutador SPF se enciende, inicializa sus estructuras de datos para el protocolo de enrutamiento y posteriormente espera las señales de los protocolos de las capas inferiores que indican que sus interfases están funcionando correctamente.

Después que el enrutador se asegura de que sus interfases están funcionando correctamente, utiliza el protocolo Hello de OSPF para obtener vecinos, que son enrutadores con interfases hacia una red común. El enrutador envía paquetes hello a sus vecinos y recibe sus paquetes hello. Además de ayudar a obtener vecinos, los paquetes hello también funcionan como señales de operación para que los enrutadores sepan que otros enrutadores están funcionando correctamente.

En las redes multiacceso (redes que soportan más de 2 enrutadores), el protocolo Hello selecciona un enrutador designado y un enrutador de respaldo. Entre otras cosas, el enrutador designado es responsable de generar LSAs para toda la red de multiacceso. Los enrutadores designados permiten que disminuya el tráfico de la red y el tamaño de la base de datos topológica.

Cuando las bases de datos de estado de enlaces de dos enrutadores vecinos están sincronizadas, se dicen que los enrutadores son adyacentes. En las redes multiacceso, el enrutador designado determina que enrutadores deben ser adyacentes. Las bases de datos de topologías están sincronizadas entre pares de enrutadores adyacentes. Las adyacencias controlan la distribución de los paquetes del protocolo de enrutamiento, los cuales se envían y reciben sólo a través de las adyacencias.

Cada enrutador periódicamente envía un LSA para proporcionar información sobre las adyacencias de un enrutador o para informar a los demás enrutadores cuando se presente un cambio en el estado de alguno de ellos. Comparando las adyacencias establecidas con los estados de enlaces; se pueden detectar rápidamente los enrutadores que están fallando y la topología de la red se puede modificar de la misma forma. Con la ayuda de la base de datos topológica que generan los LSAs, cada enrutador calcula un árbol de trayectoria más corta, a su vez, genera una tabla de enrutamiento.

### **3.19.6 FORMATO DEL PAQUETE**

Todos los paquetes OSPF comienzan con un encabezado de 24 bytes, como se muestra en la figura 3-b :

Longitud del campo en bytes      1            1            2            4            4            2            2            8            VARIABLE

Número de Versión	Tipo	Longitud del Paquete	ID del enrutador	ID del área	Verificación Total	Tipo de Autorización	Autorización	Datos
-------------------	------	----------------------	------------------	-------------	--------------------	----------------------	--------------	-------

**Fig. 3-b-PPP-Los paquetes OSPF están formados por 9 campos**

- Número de Versión : Identifica la versión utilizada del OSPF
- Tipo : Identifica el tipo de paquete OSPF como alguno de los siguiente:
  - Hello: Establece y conserva las relaciones con el enrutador vecino
  - Descripción de la base de datos: Describe el contenido de la base de datos topológica. Estos mensajes se intercambian cuando se inicializa una adyacencia.
  - Solicitud de estado de enlaces: Solicita partes de la base de datos a los enrutadores vecinos . Estos mensajes se intercambian después de que un enrutador descubre (al examinar los paquetes con la descripción de la base de datos) las partes de la base de datos topológicas que están vencidas.
  - Actualización de estado de enlaces: Responde a un paquete de solicitud de estado de enlaces . Estos mensajes también se utilizan para la distribución regular de los LSAs. Varios LSAs pueden estar incluidos en un solo paquete de actualización de estado de enlaces.
  - Confirmación de estado de enlaces: Confirma los paquetes de actualización de estado de enlaces.
- Longitud del paquete: Especifica la longitud del paquete, en bytes, incluyendo el encabezado OSPF.
- ID del enrutador : Identifica el origen del paquete
- ID del área: Identifica el área a la que pertenece el paquete. Todos los paquetes OSPF están asociados con una sola área.
- Verificación Total: Verifica el contenido total del paquete por si ha sufrido algún daño durante su tránsito.
- Tipo de autorización: Contiene el tipo de autorización. Todo el intercambio de protocolos OSPF se autoriza. El tipo de autorización se configura en cada área.
- Autorización: Contiene información de autorización.
- Datos: Contiene información encapsulada de las capas superiores.

### 3.19.7 OTRAS CARACTERÍSTICAS DE OSPF

OSPF también tiene características como el costo equitativo, el enrutamiento de multitrayectoria y el enrutamiento basado en las solicitudes del TOS (Tipo de Servicio) de las capas superiores. El enrutamiento basado en TOS soporta aquellos protocolos de las capas superiores que pueden especificar tipos de servicios particulares, por ejemplo, una aplicación puede especificar que ciertos datos son urgentes. Si el OSPF tiene enlaces de alta prioridad a su disposición, éstos pueden utilizarse para transportar el datagrama urgente.

OSPF soporta una o más métricas. Si solo se utiliza una métrica, se considera que es arbitrario y el TOS no es soportado. Si se utiliza más de una métrica, el TOS se soporta opcionalmente usando una métrica independiente ( y ,por lo tanto, una tabla de enrutamiento independiente ) para cada una de las ochos combinaciones generadas por los 3 bits IP TOS ( los bits de retardo, rendimiento efectivo total y confiabilidad ).

Si, por ejemplo, los bits TOS IP especifican un bajo retardo, un bajo rendimiento eficiente total y una alta confiabilidad, el OSPF calcula las rutas hacia todos los destinos con base con base en esta asignación TOS.

Las máscaras de subred del IP se incluyen con cada destino anunciado. Esto permite la existencia de máscaras de subred de longitud variable. Con máscaras de subred de longitud variables, una red IP puede dividirse en varias subredes de diferentes tamaños. Esto representa una mayor flexibilidad en la configuración de la red para los administradores de la misma.

## 4 FRAME RELAY

### 4.1 INTRODUCCIÓN

La integración de las diferentes redes locales que existen geográficamente dispersas en las corporaciones puede realizarse utilizando líneas privadas. Sin embargo, en muchos casos esta solución no es económicamente factible, sobre todo si se trata de una red con una gran cantidad de LANs y enlaces de larga distancia que no se ocupan un porcentaje alto del tiempo debido a la naturaleza por ráfagas (intermitente) del tráfico transportado. Surge entonces Frame Relay como la alternativa más viable de implementación de redes de transmisión de datos en la presente década.

Frame Relay es una forma simplificada de conmutación de paquetes diseñada para trabajar sobre las líneas de transmisión digitales de los 90s, que presentan una baja probabilidad de errores de transmisión. Frame Relay aumenta la velocidad de tránsito a través de una red, en comparación a X.25, reduciendo el procesamiento efectuado sobre los paquetes en la red. Los nodos de la red (switches<sup>1</sup>) actúan sólo como "relevadores": reciben paquetes y los envían sobre la línea de salida correspondiente, dejando que las estaciones de los usuarios corrijan los errores eventuales que puedan ocurrir en la red. Las características más importantes de Frame Relay son:

- Altas velocidades de transmisión.
- Bajos retardos sobre la red.
- Alta conectividad.
- Uso eficiente del ancho de banda.

Las normas de Frame Relay han sido desarrolladas por el Sector de Estandarización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU-T<sup>2</sup>, el Instituto Nacional de Estándares Americanos (ANSI<sup>3</sup>) y el Foro Frame Relay<sup>4</sup>

En 1988 la Recomendación I.122 del ITU-T<sup>5</sup> introdujo de manera global a Frame Relay dentro del marco de los servicios adicionales de transmisión de paquetes de ISDN. En 1990 el comité T1S1 de ANSI publicó los estándares que especifican la descripción del servicio, la señalización de acceso y los aspectos básicos de transmisión de frames: T1.606, T1.617 y T1.618. El ITU-T publicó en 1991 los estándares equivalentes: I.233, Q.933 y Q.922 Anexo A<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> **Switch (conmutador de red)**: Dispositivo WAN que enruta paquetes a través de la trayectoria más eficiente y permite que un canal de comunicaciones sea compartido por múltiples conexiones.

<sup>2</sup> **Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T)**: Sector de la UIT en donde los expertos preparan especificaciones técnicas sobre el funcionamiento, el rendimiento y el mantenimiento de los sistemas, redes y servicios de telecomunicaciones. Estos expertos se encargan también de los principios de tarificación y de los métodos de contabilidad que se utilizan en la prestación de servicios internacionales

<sup>3</sup> **ANSI (American National Standards Institute, Instituto nacional estadounidense de estándares)** es la principal organización que promueve el desarrollo de estándares tecnológicos en los Estados Unidos. ANSI trabaja con grupos de la industria y es el miembro estadounidense de la Organización Internacional para la Estandarización (International Organization for Standardization, ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC)

<sup>4</sup> **Foro Frame Relay** : Organismo Técnico encargado de definir los estándares de Frame Relay

<sup>5</sup> **I.122 del ITU-T** - Marco para los servicios portadores en modo trama

<sup>6</sup> **I.233 del ITU-T** - Servicios portadores en modo trama

I.233.1 - Servicio portador RDSI con retransmisión de frames

I.233.2 - Servicio portador RDSI con conmutación de frames

**Q.933 del ITU-T** - Sistema de señalización digital de abonado N.º 1 de red digital de servicios integrados (RDSI) – Especificaciones de señalización para el control y la monitorización de la situación de conexiones virtuales conmutadas y permanentes en modo trama

**Q.922 del ITU-T** - Especificación de la capa de enlace de datos de la RDSI para servicios portadores en modo trama

## 4.2 DEFINICIÓN DE FRAME RELAY

Frame Relay es un protocolo WAN de alto nivel que opera en las capas físicas y de enlace del modelo de referencia OSI. Frame Relay originalmente fue diseñado para utilizarse a través de las interfaces de una Red Digital de Servicios Integrados (ISDN) . Actualmente, es utilizado sobre otros tipos de interfaces de red.

Frame Relay es un ejemplo de una tecnología de conmutación de paquetes. Las redes de conmutación de paquetes activan estaciones terminales para compartir dinámicamente el medio y el ancho de banda disponible. Las siguientes 2 técnicas son utilizadas en la tecnología de conmutación de paquetes:

- PAQUETES DE LONGITUD VARIABLE
- MULTIPLEXAJE ESTADÍSTICO

Los paquetes de longitud variable son utilizados para obtener una mayor eficiencia y flexibilidad en la transferencia de datos. Estos paquetes son conmutados entre varios segmentos en la red hasta que alcanzan el destino final.

Las técnicas de multiplexaje estadístico de red de control de acceso están dentro de una red de conmutación de paquetes. La ventaja de estas técnicas es que acomodan con mayor facilidad y eficiencia el aprovechamiento del ancho de banda.

A menudo Frame Relay se describe como una versión moderna de X.25, que ofrece servicios menos robustos de los que ofrece X.25.

Esto es por que Frame Relay generalmente opera sobre facilidades WAN que ofrece servicios de conexión más confiables y un grado de confiabilidad mayor al de las facilidades proporcionadas durante los años 70s y casi 80s que servían como plataformas comunes para WANs X.25. Frame Relay es estrictamente un protocolo de capa 2.

Frame Relay es una red de paquetes de datos conmutados diseñada para ser más simple y rápida que X.25. La simplicidad de Frame Relay se debe a la alto nivel de improbabilidad en el rango de errores que existe en los sistemas de transmisión que utiliza para su transporte. Las velocidades de acceso de Frame Relay van de los 56 Kbps, 64 Kbps a los 34 Mbps.

## 4.3 DISPOSITIVOS FRAME RELAY

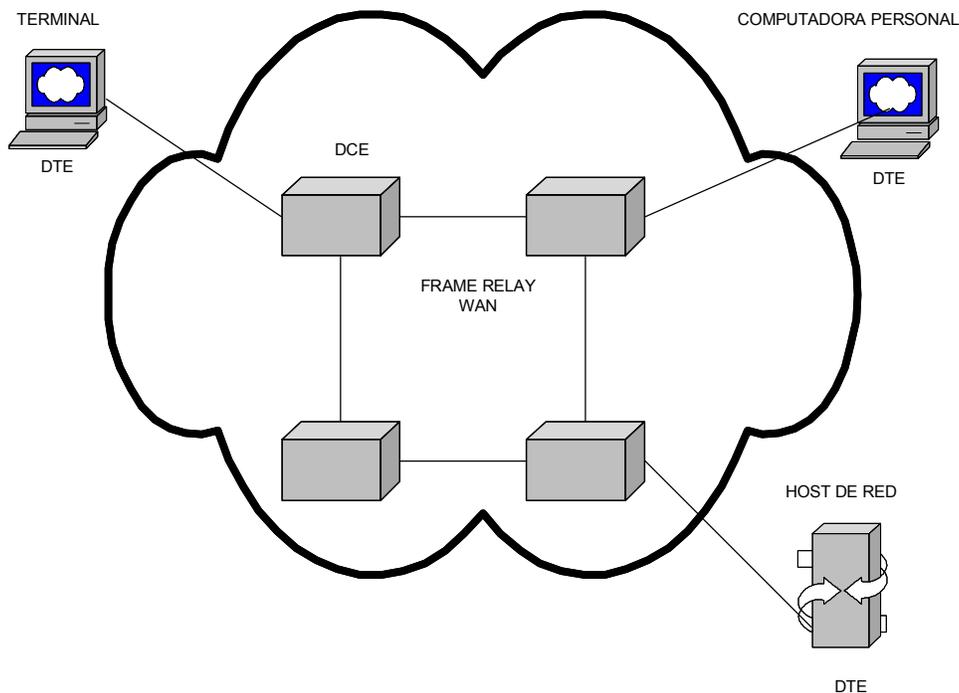
Los dispositivos para una WAN Frame Relay se encuentran divididos en 2 categorías principalmente:

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

Los DTEs, en general, se consideran equipo de terminal para una red específica y, por lo general, se localizan en las instalaciones del cliente. De hecho pueden ser propiedades del cliente. Algunos ejemplos de dispositivos DTE son las terminales, computadoras personales, enrutadores y puentes.

Los DCE son dispositivos de interconectividad de redes propiedad de la compañía de larga distancia.

El propósito del equipo DCE es proporcionar los servicios de temporalización y conmutación en una red, que son en realidad los dispositivos que transmiten datos a través de la WAN. En la mayoría de los casos, éstos son switches de paquetes. La figura 4.a muestra la relación entre las 2 categorías diferentes de dispositivos.



**Fig. 4-a-F.R.-Estructura general de los dispositivos Frame Relay dentro de una WAN**

La conexión entre un dispositivo DTE y un dispositivo DCE consta de un componente de la capa física y otro de la capa de enlace de datos. El componente físico define las especificaciones mecánicas, eléctricas funcionales y de procedimiento para la conexión entre dispositivos. Una de las especificaciones de interfase de capa física más comúnmente utilizada es la especificación del (RS)-232.<sup>7</sup> La componente de capa de enlace define al protocolo que establece la conexión entre el dispositivo DTE, que puede ser un enrutador, y el dispositivo DCE, que puede ser un switch.

<sup>7</sup> **RS-232 en 23 Y 9 Pines:** Define una interfaz no balanceada empleando un intercambio en serie de datos binarios a velocidades de transmisión superiores a los 20,000 bps, opera con datos síncronos pero está limitada por una longitud de cable de aprox. 50 pies

## 4.4 CIRCUITOS VIRTUALES FRAME RELAY

Frame Relay ofrece comunicación de la capa de enlace de datos orientada a la conexión. Esto significa que hay una comunicación definida entre cada par de dispositivos y que estas conexiones están asociadas con un identificador de conexión. Este servicio se implementa por medio de un circuito virtual Frame Relay, que es una conexión lógica creada entre dos DTE (Equipos Terminales de Datos) a través de una Red de Conmutación de Paquetes (PSN).

Estos circuitos virtuales ofrecen una trayectoria de comunicación bidireccional de un dispositivo DTE a otro y se identifica de manera única por medio del DLCI (Identificador de Conexión de Enlace de Datos).

Se puede multiplexar una gran cantidad de circuitos virtuales en un solo circuito físico para transmitirlos a través de la red. Con frecuencia esta característica permite conectar múltiples dispositivos DTE con menos equipo y una red menos compleja.

Un circuito virtual puede pasar a través de cualquier cantidad de dispositivos intermedios DCE (switches) ubicados dentro de la Frame Relay PSN.

Los circuitos virtuales Frame Relay se dividen en 2 categorías: Circuitos Virtuales Conmutados (SVCs) y Circuitos Virtuales Permanentes (PVCs).

### 4.4.1 CIRCUITOS VIRTUALES CONMUTADOS

Un Circuito Virtual Conmutado (SVCs) son conexiones temporales que se utilizan en situaciones donde se requiere solamente una transferencia de datos esporádica entre los dispositivos DTE a través de la red Frame Relay. La operación de una sesión de comunicación a través de un SVC consta de 4 estados principalmente:

- Establecimiento de la llamada: Se establece el circuito virtual entre 2 dispositivos DTE Frame Relay.
- Transferencia de datos: Los datos se transmiten entre los dispositivos DTE a través del circuito virtual.
- Desactivación: La conexión entre los dispositivos DTE aún está activa, sin embargo no existe transferencia de datos. Si un SVC permanece en un estado inactivo por un periodo definido de tiempo, la llamada puede darse por terminada.
- Terminación de la llamada: Se da por terminado el circuito virtual entre los dispositivos DTE.

Una vez finalizado un circuito virtual, los dispositivos DTE deben establecer un nuevo SVC si hay más datos que intercambiar. Se espera que los SVC se establezcan, conserven y finalicen utilizando los mismos protocolos de señalización que se usan en ISDN. Sin embargo pocos fabricantes de equipo DCE Frame Relay soportan SVCs; por lo tanto, su utilización real es mínima en las redes Frame Relay actuales.

### 4.4.2 CIRCUITOS VIRTUALES PERMANENTES

Un circuito virtual permanente (PVCs) son conexiones establecidas en forma permanente que se utilizan en transferencias de datos frecuentes y constantes entre los dispositivos DTE a través de la red Frame Relay.

La comunicación a través de un PVC no requiere los estados de establecimiento de llamada y finalización utilizadas en el SVC. Los PVCs siempre operan en algunos de los estados siguientes:

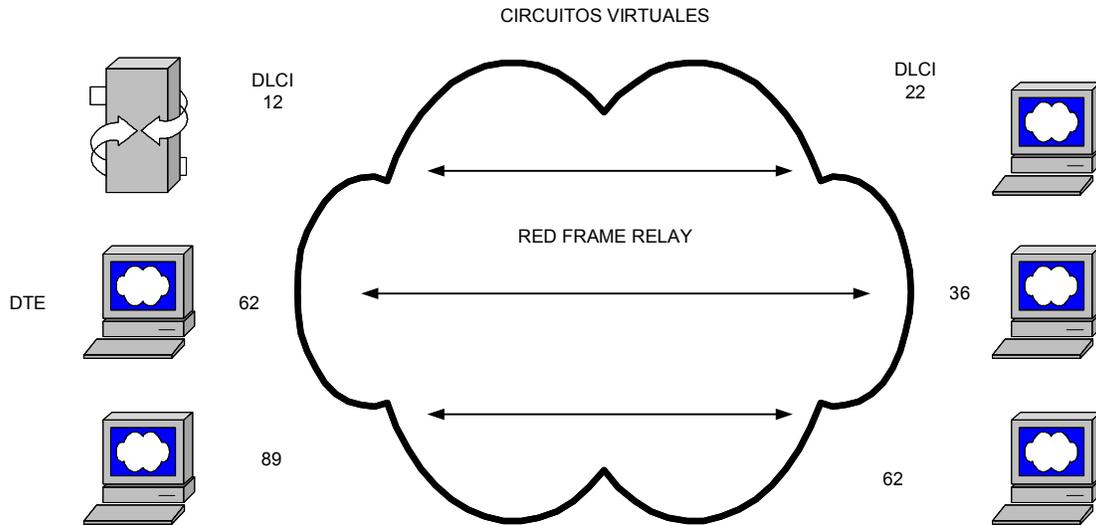
- Transferencia de datos : Los datos se transmiten entre los dispositivos DTE a través del circuito virtual
- Desactivación: Ocurre cuando la conexión entre los dispositivos DTE esta activa, pero no existe transferencia de datos. A diferencia de los SVCs , los PVCs no se darán por finalizados bajo ninguna circunstancia ya que se encuentran en un estado inactivo.

#### 4.5 IDENTIFICADOR DE CONEXIÓN DEL ENLACE DE DATOS

Los circuitos virtuales Frame Relay se identifican a través de los DLCIs (Identificadores de Conexión del Enlace de Datos) . Generalmente los valores de DLCIs son asignados por el proveedor de servicios Frame Relay (en su caso la compañía telefónica)

Los DLCIs Frame Relay tienen un significado local, lo que significa que los valores en sí mismos no son únicos en la WAN Frame Relay; por ejemplo, dos dispositivos DTE conectados a través de un circuito virtual, pueden usar un valor diferente de DLCI para hacer referencia a la misma conexión.

La figura 4-b ilustra como dos diferentes dispositivos DTE pueden asignar a un circuito virtual un valor DLCI diferente en cada extremo de la conexión.

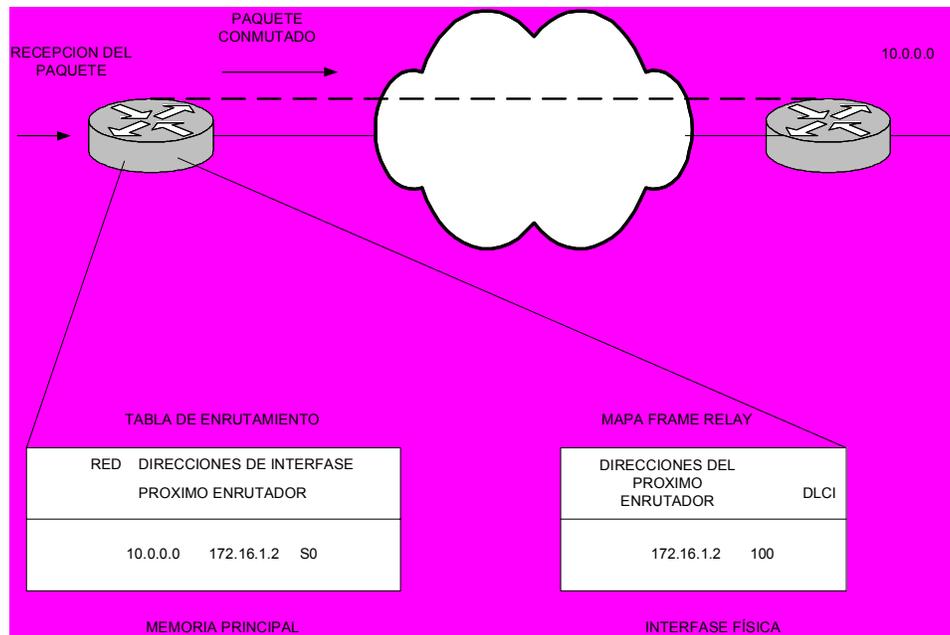


**Fig. 4-b-F.R.- Un circuito virtual único Frame Relay se le pueden asignar diferentes DLCIs a cada extremo de un VC**

#### 4.6 MAPEO FRAME RELAY

En un enrutador conectado a la red Frame Relay, las direcciones IP del siguiente salto determinan la tabla de enrutamiento. Para asociar una IP a un DLCI específico, se usan dos formas. La primera es la

configuración manual, y la segunda a través de ARP inverso. En ambos casos la estructura de datos formada (IP, DLCI) es denominada Mapa Frame Relay



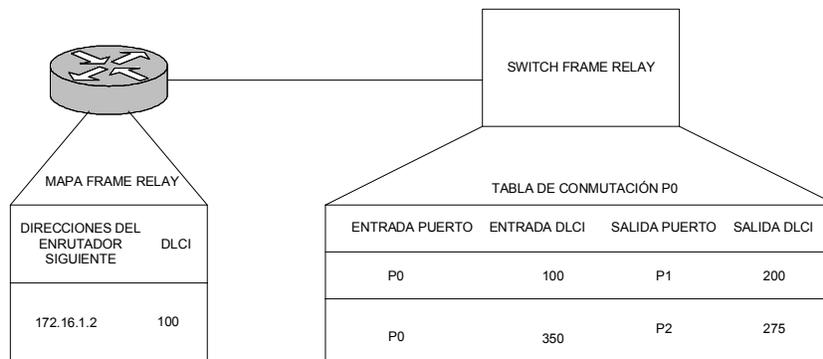
**Fig 4-c-F.R.- Mapeo Frame Relay**

#### 4.6.1 ARP INVERSA

El mecanismo ARP inverso permite al enrutador construir automáticamente el mapa Frame Relay.

Con el mapa Frame Relay, el enrutador sabrá exactamente que DLCIs estarán en uso para cada switch durante el intercambio inicial del LMI. El enrutador envía un ARP inverso para cada DLCI por cada protocolo configurado en la interfase, siempre y cuando el protocolo esta aprobado.

La replica de la información por cada ARP inverso es utilizada para construir el mapa Frame Relay.



**Fig. 4-d-F.R.- ARP Inverso**

#### 4.7 MECANISMOS DE CONTROL DE CONGESTIONAMIENTO

Frame Relay reduce el gasto indirecto de la red , al implementar mecanismos simples de notificación de congestiamiento ,más que un control de flujo explícito por cada circuito virtual .Frame Relay generalmente es implementada sobre medios de transmisión de red confiables para no sacrificar la integridad de los datos , ya que el control de flujo se puede realizar por medio de los protocolos de las capas superiores.La tecnología Frame Relay implementa 2 mecanismos de notificación de congestiamiento:

- FECN ( Notificación de Congestionamiento Explícito Hacia Adelante)
- BECN (Notificación de Congestionamiento Explícito Hacia Atrás)

Tanto FECN como BECN son controlados por un solo bit incluido en el encabezado de la trama Frame Relay .Éste también contiene un bit DE (Elegibilidad para Descarte), que se utiliza para identificar el tráfico menos importante que se puede eliminar durante periodos de congestiamiento.

El bit FECN forma parte del campo de Direcciones en el encabezado de la trama Frame Relay. El mecanismo FECN inicia en el momento en que un dispositivo DTE envía frames Frame Relay a la red. Si la red sufre de congestiamiento, los dispositivos DCE (switches) fijan el valor de los bit FECN de los frames en 1.Cuando los frames llegan a el dispositivo DTE de destino, el campo Direcciones (con el bit FECN en 1) indica que la trama encontró saturación en su trayectoria del origen al destino. El dispositivo DTE puede enviar esta información a un protocolo de las capas superiores para su procesamiento. Dependiendo de la implementación, el control de flujo puede iniciarse o bien la indicación se puede ignorar.

El bit BECN es parte del campo de direcciones en el encabezado de trama Frame Relay. Los dispositivos DCE establecen el valor del bit BECN en 1 en los frames que viajan en sentido opuesto a los frames con el

bit FECN igual a 1. Esto permite al dispositivo DTE receptor saber una trayectoria específica en la red esta congestionada. Posteriormente, el dispositivo DTE envía esta información a un protocolo de las capas superiores para que sea procesada. Dependiendo de la implementación, el control de flujo puede iniciarse o bien se puede ignorar la indicación.

#### **4.8 BIT DE**

El bit DE (Elegibilidad para Descarte) es utilizado para indicar que un frame tiene una importancia menor que otros. El bit DE es parte de el campo de direcciones en encabezado del frame.

Los dispositivos DTE fijan el valor del bit DE de un frame en 1 para indicar que éste tiene una importancia menor respecto a los demás frames. Cuando la red comienza a congestionarse, los dispositivos DCE descartarán los frames con el bit DE fijado en 1 antes de descartar aquellos que no los tienen. Esto disminuye la posibilidad de que los dispositivos DCE de Frame Relay eliminen datos importantes durante la congestión.

#### **4.9 VERIFICACIÓN DE ERRORES EN FRAME RELAY**

Frame Relay utiliza un mecanismo para la verificación de errores conocido como CRC (Verificación de Redundancia Cíclica). El CRC compara 2 valores calculados para determinar si se han presentado errores durante la transmisión del origen al destino. Frame Relay disminuye el gasto indirecto al implementarse la verificación de errores más que su corrección. Frame Relay por lo general se implementa sobre medios confiables de transmisión de red, por lo que la integridad de los datos no se sacrifica si la corrección de un error se deja a los protocolos de las capas superiores que operan en la parte más alta de Frame Relay.

#### **4.10 INTERFASE DE ADMINISTRACIÓN LOCAL FRAME RELAY (LMI)**

La interfase de administración local Frame Relay (LMI) es un conjunto de avances en la especificación básica de Frame Relay. LMI fue desarrollada en 1990 por Cisco Systems, Strata Com, Northern Telecom, y Digital Equipment Corporation. Presenta varias características (llamadas extensiones) para la administración de redes internas complejas. Entre las extensiones LMI más importantes de Frame Relay están el direccionamiento global, los mensajes de estado de los circuitos virtuales y la multidifusión. La extensión de direccionamiento global LMI otorga a los valores del DLCI (Identificador de la Conexión de Enlace de Datos) Frame Relay un significado global más que local.

Los valores DLCI se convierten en direcciones DTE únicamente en la WAN Frame Relay. La extensión global direccionamiento agrega funcionalidad y buena administración a las redes internas Frame Relay; por ejemplo las interfases de red individuales y los nodos terminales conectados a ellos se pueden identificar por medio de técnicas estándar de descubrimiento y resolución de direcciones. Además, para los enrutadores ubicados en su periferia, toda la red Frame Relay aparece como una típica LAN.

Los mensajes de estado de los circuitos virtuales LMI permiten la comunicación y sincronización entre los dispositivos DTE y DCE Frame Relay.

Estos mensajes se utilizan para reportar, de manera periódica, el estado de los PVCs, para prevenirse el envío de datos a agujeros negros (esto es, a través de PVCs que no existen).

La extensión LMI para multidifusión permite que se asignen grupos de multidifusión. Con la multidifusión se ahorra ancho de banda, ya que permite que los mensajes sobre la resolución de direcciones y de actualizaciones de enrutamiento sean enviados solamente a grupos específicos de enrutadores. La extensión también transmite reportes sobre el estado de los grupos de multidifusión en los mensajes de actualización.

#### 4.11 FORMATOS DEL FRAME EN FRAME RELAY

La figura 4-e muestra el formato básico del frame de Frame Relay, y la figura 4-f ilustra la versión LMI del frame de Frame Relay.

Las banderas indican el principio y final del frame. El frame Frame Relay está formado por tres componentes principales: el campo de encabezado y el campo de dirección, el campo de los datos del usuario, y la FCS (Secuencia de Verificación del Frame). El campo de dirección, que tiene una longitud de 2 bytes, se compone de 10 bits que representan al identificador de circuitos y 6 bits de los campos asociados a la administración del congestionamiento.

##### 4.11.1 FRAME ESTÁNDAR FRAME RELAY

Estos frames constan de los campos que se muestran en la figura 4-e:



**Fig. 4-e-F.R.- El frame de Frame Relay comprende 5 campos**

- **BANDERA:** Indican el comienzo y el final del frame. El valor de este campo es siempre el mismo y se representa como el número hexadecimal 7E o el número binario 01111110.
- **DIRECCIÓN:** Contiene la siguiente información:
  - **DLCI:** El DLCI de 10 bits es el encabezado principal de Frame Relay.
  - **EA :** (Dirección Extendida) : La EA se utiliza para indicar si el byte cuyo valor EA es 1, es el último campo de direccionamiento. Si el valor es 1 entonces se determina que este byte es el último byte DLCI. El octavo bit de cada byte del campo de direcciones utiliza para indicar el EA.
  - **C/R:** El C/R es el bit que sigue después del byte DLCI más significativo en el campo de dirección. El bit C/R no está definido hasta el momento.

- **CONTROL DE CONGESTIONAMIENTO:** Este campo consta de 3 bits que controlan los mecanismos de notificación del control de congestiónamiento Frame Relay. Estos bits son llamados FECN, BECN y CE, y ocupan los últimos 3 bits dentro del campo de dirección.
  - a) **NOTIFICACIÓN DE CONGESTIONAMIENTO EXPLÍCITO HACIA ADELANTE (FECN)**
  - b) **NOTIFICACIÓN DE CONGESTIONAMIENTO FINAL (BECN)**
  - c) **ELECCIÓN DESCARTADA (DE)**
- **DATOS:** Los datos contienen información encapsulada de las capas superiores. Cada frame en este campo de longitud variable incluye un campo de datos del usuario o carga útil que podrá variar en longitud y podrá tener hasta 1600 bytes. Este campo sirve para transportar el PDU (Paquete de Protocolos de Capa Superiores) a través de la red Frame Relay.
- **SECUENCIA DE VERIFICACIÓN DE FRAMES:** Asegura la integridad de los datos transmitidos. Este valor es calculado por el dispositivo de origen y verificado por el receptor para asegurar la integridad de la transmisión.

#### 4.11.2 FORMATO DEL FRAME LMI

Los frames de Frame Relay que siguen las especificaciones LMI contienen los campos que muestran en la figura 4-f



**Fig. 4-f-F.R.- Nueve campos conforman el formato del LMI**

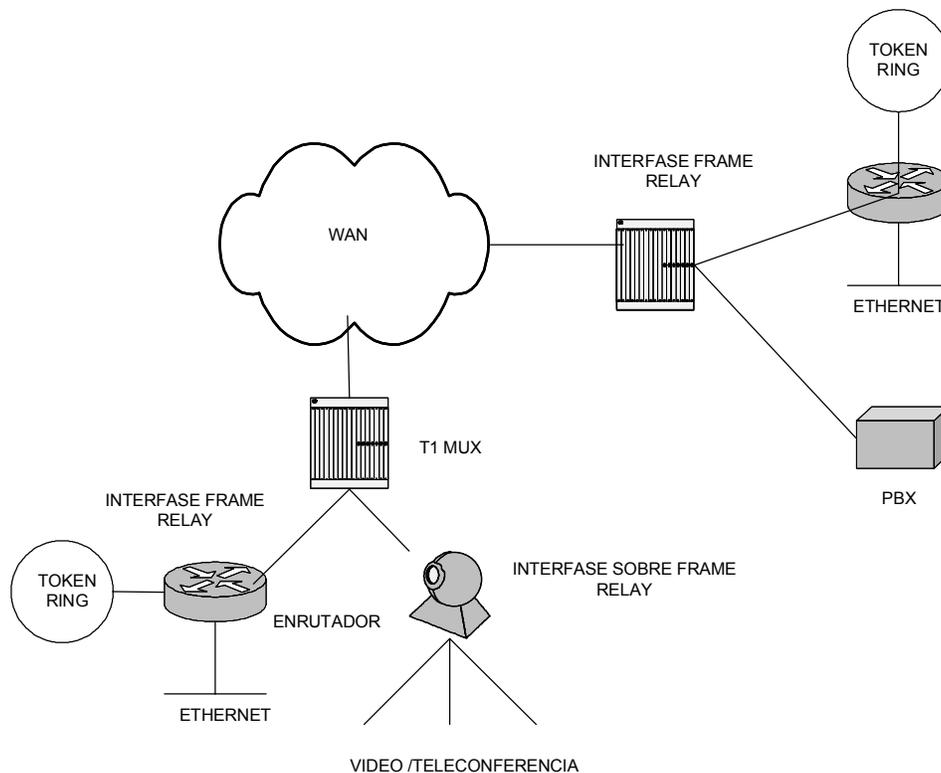
- **BANDERA:** Delimita el inicio y el final del frame.
- **LMI DLCI :** Identifica al frame como un frame LMI en vez de un frame básico Frame Relay. El valor DLCI específico del LMI definido por la especificación del consorcio LMI es DLCI=1023
- **INDICADOR DE LA INFORMACIÓN NO NUMERADA:** Coloca el bit final en cero.
- **DISCRIMINADOR DE PROTOCOLOS:** Siempre contiene un valor que indica que es un frame LMI.

- **REFERENCIA DE LLAMADA:** Siempre contiene ceros. En la actualidad este campo no se usa ni tiene ningún propósito.
- **TIPO DE MENSAJE :** Etiqueta al frame como uno de los siguientes tipos de mensajes:
  - **MENSAJE DE SOLICITUD DE ESTADO:** Permite que un dispositivo de usuario solicite el estado de la red.
  - **MENSAJE DE ESTADO:** Responde a los mensajes de solicitud de estado. Los mensajes de estado incluyen mensajes operación y mensajes de estado del PVC
- **ELEMENTOS DE INFORMACIÓN:** Contiene una cantidad variable de elementos individuales de información (IEs) . Cada IEs consta de los campos siguientes:
  - **IDENTIFICADOR IE:** Identifica de manera única el IE
  - **LONGITUD IE:** Identifica la longitud del IE
  - **DATOS:** Consta de 1 o más bytes que contienen datos encapsulados de las capas superiores.
- **SECUENCIA DE LA VERIFICACIÓN DEL FRAME (FCS):** Asegura la integridad de los datos.

#### 4.12 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FRAME RELAY

Una implementación habitual y privada de red Frame Relay consiste en equipar un multiplexor T1 con interfases Frame Relay e interfases que no sean Frame Relay. El tráfico de Frame Relay es enviado fuera de la interfase Frame Relay y hacia la red de datos. El tráfico que no es de Frame Relay se direcciona hacia la aplicación o servicio adecuados, como una PBX (Central Privada de Intercambio) de servicio telefónico o una aplicación de video conferencia.

Generalmente una red Frame Relay consta de varios dispositivos DTE, que pueden ser enrutadores, conectados hacia puertos remotos de un equipo multiplexor vía servicios tradicionales punto a punto, como T1, fraccionales de T1 , o circuitos de 56Kb. Un ejemplo de una red sencilla Frame Relay se muestra en la figura 4-g



**Fig 4-g-F.R.- Red sencilla Frame Relay conectada a varios dispositivos a diferentes servicios a través de una red WAN**

La mayoría de las redes Frame Relay que se utilizan en la actualidad son equipadas por los proveedores de servicios que ofrecen servicios de transmisión a clientes. A esto se le conoce como un servicio público de Frame Relay, pues también Frame Relay se implementa tanto en las redes públicas ofrecidas por las compañías de larga distancia, como en las redes privadas empresariales.

#### 4.12.1 REDES PÚBLICAS DE LARGA DISTANCIA

En las redes públicas Frame Relay de larga distancia, el equipo de conmutación Frame Relay se encuentra en las centrales telefónicas de compañías de larga distancia. A los subscribers se les cobra determinada cantidad dependiendo del uso que hagan de la red. Sin embargo, los clientes no se encargan de administrar y mantener el equipo y el servicio de la red Frame Relay.

En general, el proveedor de servicio de telecomunicaciones también es propietario del equipo DCE

El equipo DCE puede ser propiedad del cliente o bien del proveedor de servicio de telecomunicaciones como un servicio para el usuario.

Actualmente la mayoría de las redes Frame Relay son redes públicas que suministran servicios de larga distancia.

#### 4.12.2 REDES PRIVADAS EMPRESARIALES

Actualmente, muchas organizaciones a nivel mundial están utilizando cada vez más redes privadas Frame Relay. En estas redes Frame Relay, la administración y el mantenimiento de la red son responsabilidad de una empresa (o compañía privada). Todo el equipo, incluyendo el equipo de conmutación, son propiedad del cliente.

#### 4.13 TRANSMISIÓN DE FRAMES.

Entre las estaciones de los usuarios y los nodos de la red (UNI: User-to-Network Interface) se transmiten únicamente frames a nivel de la capa de enlace de datos del modelo OSI. Frame Relay ofrece un servicio orientado a conexión basado en el establecimiento de circuitos virtuales bidireccionales y en el intercambio de tramas tipo HDLC.

Al establecer un circuito virtual el usuario negocia con la red tres parámetros: CIR, Bc y Be, que definen las características de rafagueo (*burstiness*) de su tráfico. El CIR (Committed Information Rate) es la velocidad media de transferencia de información a la que el usuario desea transmitir. El CIR se mide sobre un intervalo de tiempo T que es proporcional al tamaño de las ráfagas Bc (committed burst size) que son transmitidas por la fuente de información:  $T=Bc/CIR$ . El Bc es el número máximo de bits que la red se compromete a transportar sobre cualquier intervalo de tiempo T (normalmente inferior a 8 segundos). Por ejemplo, si la velocidad de acceso (AR) es de 64 Kbps, la duración (s) de las ráfagas es de 1.5 segundos y el tiempo (T) entre ráfagas es de 6 segundos, entonces el Bc es de 96 Kb y el CIR es de 16 Kbps.

Si el tráfico de un usuario excede su CIR (Bc bits en T segundos), el nodo de acceso a la red enciende el indicador de elegibilidad para ser descartado (bit DE) de todas las tramas en exceso.

Finalmente, el tráfico de un usuario que exceda Bc en más de una cierta cantidad Be (excess burst size) durante un intervalo de tiempo T, se descarta en el nodo de acceso de la red (En algunas redes es posible programar el nodo de acceso para que deje pasar este tráfico en exceso con el bit DE encendido (*graceful discard*)). La cantidad  $(Bc+Be)/T$  se conoce como EIR (Excess Information Rate). En el diseño y operación de una red privada virtual que utilice una red pública de transporte Frame Relay es de suma importancia ajustar los parámetros del servicio: CIR, Bc y Be.

Este ajuste debe realizarse en función de las características del tráfico inicial esperado y de mediciones efectuadas continuamente durante la operación cotidiana de la red.

El multiplexaje estadístico de recursos que caracteriza a la conmutación de paquetes permite el uso eficiente de la red pero puede ocasionar condiciones de congestión. Frame Relay trata de resolver un problema de congestión mediante los bits de notificación explícita de congestión (BECN y FECN)

Para poder utilizar una red Frame Relay, el cliente del servicio debe conectar su ambiente de cómputo interno a un enrutador (si se trata de una red local) que contenga una tarjeta que maneje Frame Relay o a un FRAD (Frame Relay Access Device). Estos elementos de interconexión a su vez se conectan a la línea

de acceso a la red a través de un DSU (Data Service Unit) o de un DSU/CSU (Data Service Unit/Channel Service Unit), que pueden ser dispositivos externos o estar integrados en los enrutadores y FRADs.

Un FRAD es un dispositivo multiprotocolo que recibe datos por sus puertos seriales, los encapsula en frames y los envía a la red Frame Relay.

En el sentido inverso, recibe frames de la red Frame Relay, desencapsula los datos y los envía al puerto correspondiente.

Visto con más detalle, el funcionamiento de un FRAD es un poco más complejo que el de un simple ensamblador/ desensamblador de tramas: dado que se espera que el uso de un FRAD y de una red sea transparente para las aplicaciones, los FRADs interactúan con ellas como si se tratara del usuario destino (por ejemplo, sondan a los dispositivos SNA, que generan una fracción importante del tráfico que manejan) y se encargan de corregir los errores de transmisión que puedan ocurrir en la red. Las funciones de un FRAD pueden ser realizadas internamente por un nodo de la red Frame Relay.

#### **4.14 COSTOS**

Aunque las tarifas de Frame Relay no son uniformes sino que dependen del proveedor del servicio, en general se cobra por separado cada extremo de los PVCs en base a los siguientes elementos:

- Línea (privada) de acceso: el costo de la conexión al nodo más cercano de la red.
- Puerto de acceso: el costo por conectarse a un puerto del nodo de acceso. CIR : el costo del ancho de banda ofrecido

Los costos de la línea y del puerto de acceso dependen de su velocidad, mientras mayor sea la velocidad mayor será el precio. La tarifa por CIR se considera un cargo fijo por el uso del ancho de banda del PVC y puede ser no lineal, es decir, mientras más CIR contrate un usuario, el costo de un incremento de ancho de banda adicional puede ser menor. Dado que las características de un PVC en algunas redes pueden ser asimétricas (diferentes en cada sentido), el costo del CIR corresponde al contratado en el extremo de salida. La posibilidad de tener PVCs con parámetros asimétricos permite optimizar circuitos en los que el tráfico es muy diferente en sus dos sentidos.

Adicionalmente, algunos proveedores de servicio aplican tarifas que dependen de la distancia recorrida en la red por el PVC, de la cantidad de información transmitida a través de un PVC o de las características de las ráfagas (Bc y Be).

La velocidad de un puerto de acceso define la máxima cantidad de información que puede ser transmitida por cualquier combinación de PVCs en cualquier instante. Sin embargo, dado que los PVCs no utilizan en forma continua la línea de acceso (En las líneas privadas el porcentaje de utilización promedio es inferior al 30%) ,es posible reutilizar un puerto para aumentar el aprovechamiento promedio de su capacidad.

En estos casos, los proveedores pueden aplicar descuentos en varios de sus cargos a los clientes. La suma de los CIR de todos los PVCs asignados a un puerto puede representar, típicamente, hasta el 200% de la velocidad de acceso. Por ejemplo, puede asignarse un CIR total de 4 Mbps a un puerto de 2 Mbps. Este total puede estar formado por cuatro PVCs de 1024 Kbps cada uno, o por ocho PVCs de 512 Kbps

cada uno. En cualquier momento uno o todos los PVCs pueden transmitir tramas, dependiendo de las necesidades de los usuarios. Sin embargo, el usuario debe estar consciente de que el total de la información transmitida no puede exceder 2 Mbps. En los enlaces internos de la red también se utiliza la sobresuscripción para optimizar el número de PVCs que se pueden configurar en la red. Cada enlace tiene un ancho de banda virtual que se calcula multiplicando su ancho de banda real por un factor de sobre suscripción y restando al resultado un cierto porcentaje destinado a la administración de la red. El ancho de banda virtual disponible de un enlace es igual a su ancho de banda virtual menos la suma de los CIR de todos los PVCs que transitan por él.

Un nuevo PVC puede establecerse a través de un enlace siempre y cuando éste tenga ancho de banda virtual disponible. Obviamente, si todos los PVCs tratan de usar los enlaces al mismo tiempo, la red se congestiona y su desempeño se degrada. Un punto que ha causado mucho debate en el mundo Frame Relay es la propuesta de algunos proveedores, como MCI y Sprint, de ofrecer a los usuarios PVCs con CIR cero. Por supuesto, en estos casos  $B_c$  es también cero y  $T$  se define como  $B_e/AR$ . Si se contrata un CIR cero, el usuario puede enviar tramas a la red, pero ésta no tiene ningún compromiso de transmitir las. Los que están de acuerdo con esta opción afirman que es atractiva para el cliente ya que como no hay cobro fijo por el CIR se disminuyen sus costos de operación. Un punto a favor de esta propuesta son las declaraciones de un gran número de clientes que están satisfechos con el servicio.

Los que están en contra opinan que como la red no se compromete a nada, puede descartar las tramas del usuario que contrate un CIR cero en caso de congestión y que el éxito que se ha tenido hasta ahora no continuará cuando aumente el tráfico en las redes. Como en todo debate público, no hay un vencedor absoluto. Lo cierto es que el uso de un CIR cero debe estudiarse caso por caso en función del cliente y de los proveedores.

Cuando un cliente contrata un CIR cero debe estar consciente de que compra la disponibilidad de transportar su información cuando exista capacidad disponible en la red. Por otra parte, los proveedores que ofrezcan este servicio deben contar con una red muy bien diseñada que minimice, ahora y en el futuro, la probabilidad de descartar tramas debido a situaciones de congestión; además, se debería cobrar sólo por las tramas entregadas en el extremo receptor.

## 5 ATM

### 5.1 INTRODUCCIÓN

La tecnología llamada *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) Modo de Transferencia Asíncrona es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecerán las nuevas redes digitales de servicios integrados de Banda Ancha (B-ISDN), para muchos ya no hay cuestionamientos; el llamado tráfico del "Cyber espacio", con su voluminoso y tumultuoso crecimiento, impone a los operadores de redes públicas y privadas una voraz demanda de anchos de banda mayores y flexibles con soluciones robustas.

Algunos críticos establecen una analogía de la tecnología ATM con la red digital de servicios integrados o ISDN<sup>1</sup> por sus siglas en inglés. Actualmente el mercado está cambiando, la ISDN está encontrando una gran cantidad de aplicaciones. De toda forma la tecnología ATM se proyecta para diferentes necesidades, a pesar de su estrecha relación con ISDN, en términos de volúmenes de datos, flexibilidad de conmutación y facilidades para el operador.

Los conmutadores ATM aseguran que el tráfico de grandes volúmenes es flexiblemente conmutado al destino correcto. Los usuarios aprecian ambas cosas, ya que se cansan de esperar los datos y las pantallas de llegada a sus terminales. Estas necesidades cuadran de maravilla para los proveedores de servicios públicos de salud, con requerimientos de videoconferencias médicas, redes financieras interconectadas con los entes de intermediación y validación, o con las exigencias que pronto serán familiares como vídeo en demanda para nuestros hogares con alta definición de imágenes y calidad de sonido de un CD, etc.

Una de las fortalezas de ATM es que se paga solamente por la carga de celdas que es efectivamente transportada y conmutada. Además la demanda por acceso a Internet ha tomado a la industria de telecomunicaciones como una tormenta. Hoy día los accesos conmutados a Internet están creando "Cuellos de Botella" en la infraestructura. Para copar este problema los fabricantes no solo han desarrollado sistemas de acceso sino aplicaciones para soluciones de punta a punta con conmutadores ATM, con solventes sistemas de administración de la red (Network Management).

En varios aspectos, ATM es el resultado de una pregunta similar a la de teoría del campo unificada en física ATM contesta esta pregunta combinando la simplicidad de la multiplexación por división en el tiempo (Time Division Multiplex TDM) encontrado en la conmutación de circuitos, con la eficiencia de las redes de conmutación de paquetes con multiplexación estadística. Por eso es que algunos hacen reminiscencias de perspectivas de conmutación de circuitos mientras que otros lo hacen a redes de paquetes orientados a conexión.

---

<sup>1</sup> (Integrated Services Digital Network) Conjunto de normas estándar para la transmisión digital de datos a través de la línea telefónica. En una conexión de tipo ISDN se utilizan adaptadores ISDN en lugar del módem, y se alcanza una velocidad de hasta 128 Kbps.

## 5.2 CONCEPTOS GENERALES DE ATM.

El modo de transferencia asíncrono (ATM) ha sido seleccionado por la ITU-T como la tecnología para el transporte de la información en las redes de banda ancha (B-ISDN) <sup>2</sup>por ello será como un sinónimo cuando se hable de los dos términos.

ATM pretende resolver dos problemas: mayor ancho de banda y rápida conmutación que permita tomar bits de un enlace y llevarlos velozmente a otro enlace de la misma red.

ATM se basa en enlaces SONET, constituyendo una familia de implementaciones de hardware, software y protocolos interoperables y estándares, que pueden proporcionar mayor ancho de banda cuando se requiera. Al basarse en las tecnologías de multiplexado y conmutación, se logran redes con unos retrasos insignificantes extremo a extremo.

La combinación de ATM y SONET proporciona las ventajas del gran ancho de banda de la fibra, y la velocidad de los nodos de la red, que depende solo de la capacidad de los propios sistemas. Por tanto, la filosofía de ATM es muy simple: una vez establecida la forma más eficiente de enviar bits de un punto a otro de la red, no puede existir sistema o aplicación que pueda requerir mayor ancho de banda o menores retrasos.

La gran ventaja de ATM, es su potencial habilidad para mezclar diferentes tipos de redes (voz, vídeo, datos, ...) en una gran red físicamente no canalizada. Este método de multiplexar celdas ATM define el concepto de "modo de transferencia asíncrona", donde asíncrona se refiere a la habilidad de la red de enviar datos asociados con una conexión sólo mientras existan dichos datos.

En contraste, las redes canalizadas envían cadenas de bits para mantener la conexión o canal, a pesar de que no existan datos que transmitir en ese momento. Es la esencia de las redes síncronas.

A diferencia de las redes síncronas, especializadas para un determinado tipo de tráfico o servicios, en ATM el tráfico es enviado en función de la demanda: si no hay tráfico, no hay "consumo" de ancho de banda, y por tanto no es dependiente del servicio. Es muy flexible y eficiente: se ajustan fácilmente y los recursos previamente asignados a una conexión de audio, se emplean luego para datos.

ATM se basa en conexiones, no en canales, tal y como se hace en las tradicionales técnicas de multiplexado por división en el tiempo.

La unidad de intercambio de datos es la celda, definida como un bloque de información de longitud fija, en concreto 53 bytes: cabecera de 5 bytes, y sección de información de 48 bytes (denominada payload o carga útil). Los bytes son enviados a la red uno a uno, en secuencia, y el propietario de la célula se determina por la información existente en la cabecera de la propia célula.

La información producida por cualquier servicio se adaptara en las celdas ( Si es muy grande, la información, se segmenta en varias celdas y si es muy pequeña, Ej. la voz, se completa una celda las cuales serán enviadas a través de la red ATM hasta el otro extremo. Cuando las celdas llegan al destino, la

---

<sup>2</sup> B-ISDN :Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha

información es reorganizada se dice que son re-ensamblas, para atender dicho servicio extremo a extremo; previamente solicitado ya sea para voz, datos, imagen o vídeo.



**Fig. 5-a-ATM-Formato de Celda ATM**

Donde :

VPI : identificador de Camino Virtual

VCI : identificador de Canal Virtual

PT: Tipo de Carga Útil

CLP: Célula de Baja Prioridad

HEC : Control de Errores de Cabecera

La multiplexación de ATM ofrece una ventaja adicional, y es la posibilidad de que trabaje tanto en modo de circuitos como de paquetes. El modo de circuitos (por ejemplo, voz), se denomina también CBR o "Continuous Bit Rate"; el modo de paquetes, casi siempre datos, es denominado VBR<sup>3</sup>. De este modo, se logra compatibilidad con el equipamiento de red existentes, así como con todos los servicios de red.

<sup>3</sup> VBR :Variable Bit Rate

Las conexiones ATM, denominadas circuitos virtuales, pueden ser permanentes (PVC o Permanent Virtual Circuit), que operan como una línea física dedicada, creando una conexión permanente entre dos puntos de la red; o pueden ser conmutados (SVC o Switched Virtual Circuit), equivalentes a los de la red telefónica, donde las conexiones entre dos puntos de la red se establecen dinámicamente para cada transmisión.

Las celdas ATM son encaminadas entre dos puntos de la red a través de canales virtuales (VC o Virtual Channel) y caminos virtuales (VP o Virtual Path). Un canal virtual es la conexión entre dos entidades finales ATM, y ello conlleva el establecimiento de todos los enlaces necesarios para crear la comunicación entre dichas entidades.

Los caminos virtuales son grupos de canales virtuales que conectan dos puntos finales, incluyendo todos los enlaces asociados a través de la red ATM. Son un medio muy conveniente para agrupar el tráfico de todos los canales virtuales con idéntico destino.

Las diferentes funciones de la arquitectura ATM se distribuyen en capas que permiten una mejor gestión y convergencia de todas las funciones.

### **5.3 CARACTERÍSTICAS DE UNA CELDA ATM.**

Una cabecera de 5 bytes que identifica a la celda, su destino dentro de la red con el número de trayecto virtual y canal virtual, una protección adicional para saber si tiene errores y poder auto-corriger la presencia de uno, tipo de carga transportado y su nivel de prioridad para ser eliminada en caso de congestión y una zona de carga de 48 bytes que lleva la información del servicio prestado, sin ninguna protección ante la presencia de errores.

Las celdas entrantes compiten por los intervalos o ranuras de tiempo disponibles en el medio físico utilizado. Si no hay ningún espacio disponible, las celdas se pone en cola en el nodo ATM. La formación de colas introduce retrasos variables en las celdas a través de la red, dependiendo de la densidad de tráfico. Debido a este retraso variables de las celdas y su ubicación, se dice que el modo de transferencia de las celdas es asíncrono.

En un momento dado el enlace ATM soportara diferentes servicios utilizando la multiplexación, aumentando la efectividad de la red para el transporte de información, sin importar si el servicio es con velocidad constante o variable, si es necesario temporización o no, además si el servicio es orientado a la conexión o no orientado a la conexión. Todos los servicios están organizados dentro de canales virtuales (VC Virtual Channel) o un grupo de VCs denominado trayecto virtual VP (Virtual Path); por esto se dice que es un sistema esta orientado a la conexión; permitiendo definir la calidad del servicio (QoS).

Luego los nodos ATM pueden realizar conexiones en los niveles VC y VP.

El transporte físico de las celdas ATM se realizan cada vez con mayor frecuencia a través de los enlaces ópticos de la red SDH. Se han definido interfaces de red para las velocidades SDH de 155 Mbits/s y 622 Mbits/s o por las velocidades PDH, también para su aplicación en LAN/MAN sobre velocidades bajas 25 o

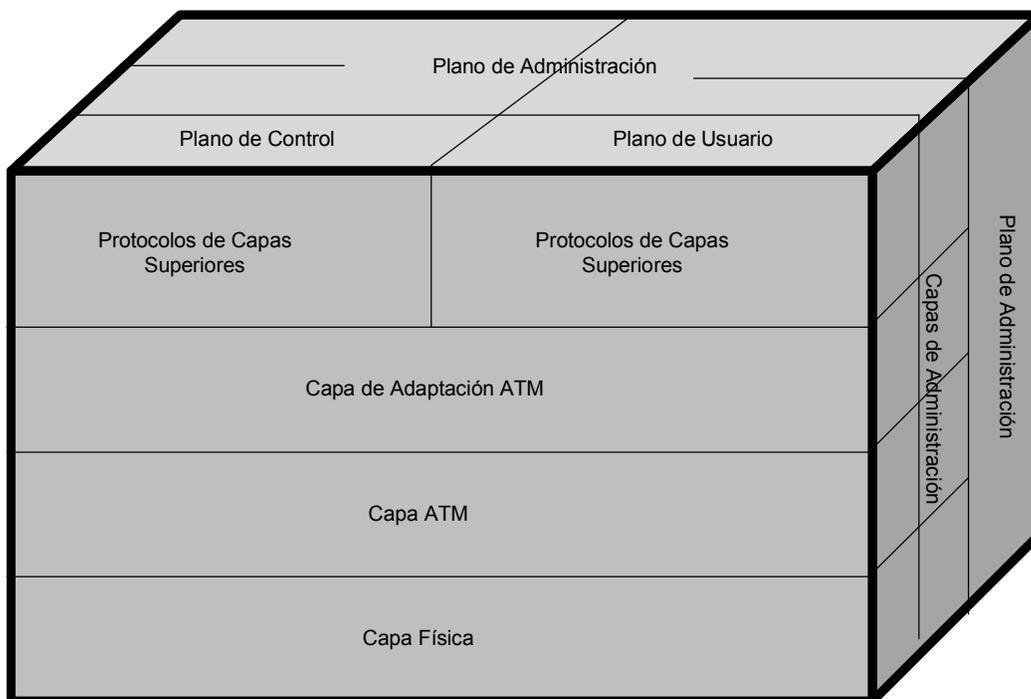
55 Mb/s y en altas a 100 Mb/s - 155 Mb/s sobre cable UTP-3<sup>4</sup> y MMF/STP - SMF/MMF/UTP/STP respectivamente.

## 5.4 PROTOCOLO ATM

El protocolo ATM consiste de tres niveles o capas básicas.

La primera capa llamada capa física (Physical Layer), define las interfases físicas con los medios de transmisión y el protocolo de trama para la red ATM es responsable de la correcta transmisión y recepción de los bits en el medio físico apropiado. A diferencia de muchas tecnologías LAN como Ethernet, que especifica ciertos medios de transmisión, (10 base T, 10 base 5, etc.) ATM es independiente del transporte físico. Las celdas ATM pueden ser transportadas en redes SONET (Synchronous Optical Network), SDH (Synchronous Digital Hierarchy), T3/E3, T1/E1 o aún en modems de 9600 bps. Las implementaciones actuales soportan velocidades de 34 Mb/s (E3), 45 Mb/s (T3), 155 Mb/s (OC-3), 1.544 Mb/s (T1), 622 Mb/s (OC-12). Aunque los límites aún no se han establecido, y por tanto esto son sólo algunas muestras de las posibilidades que se ofrecen.

La capa física se subdivide en dos subcapas: PMD<sup>5</sup> y TC<sup>6</sup>.



**Fig. 5-b-ATM-Formato de Protocolo ATM**

<sup>4</sup> Cable UTP ( Unshielded twisted Pair ): el que se usa aquí tiene cuatro pares trenzados, retorcidos o enrollados, sin pantalla o blindaje

<sup>5</sup> PMD :Physical Medium Dependent

<sup>6</sup> TC :Transmission Convergence o convergencia de transmisión

La subcapa PMD (Physical Medium Dependent) tiene que ver con los detalles que se especifican para velocidades de transmisión, tipos de conectores físicos, extracción de reloj, etc.

La subcapa TC (Transmission Convergence) tiene que ver con la extracción de información contenida desde la misma capa física.

Es el nivel más bajo y realiza cinco funciones específicas:

1. Generación/reconstrucción de la trama de transmisión, es decir, empaqueta las celdas en las tramas de transmisión (lado emisor) y las desempaqueta (lado del receptor).
2. Adaptación de la trama de transmisión, dado que los procesos siguientes requieren conocer el esquema de entramado empleado en el enlace.
3. Delimitación de las celdas, de modo que el receptor reconozca los límites de cada celda en la cadena de bits.
4. Secuencia de generación/verificación del HEC<sup>7</sup>. El control de errores en ATM se emplea sólo en la cabecera de la celda, y se denomina control de errores de cabecera (HEC o Header Error Control). A través de un sólo byte, con posibilidad de corrección de errores de un solo bit. Con su verificación se logra que celdas fallidas sean conmutadas a destinos inadecuados.
5. Cell Rate Decoupling: Un servicio de datos a ráfagas puede perder mucho tiempo sin transmitir datos, y en otros momentos puede intentar enviar gran cantidad de datos al mismo tiempo (ráfagas). Durante los períodos de inactividad, la capa TC insertará celdas "vacías", en el lado del emisor, que serán retiradas en el lado receptor. Sólo las celdas "no vacías" son pasadas a la capa ATM

La segunda capa es la capa ATM. Ello define la estructura de la celda ATM y la señalización a través de las conexiones en una red ATM. Esta capa también crea las celdas ATM y permite el establecimiento y "destrucción" de las conexiones virtuales (VC y VP) en la red.

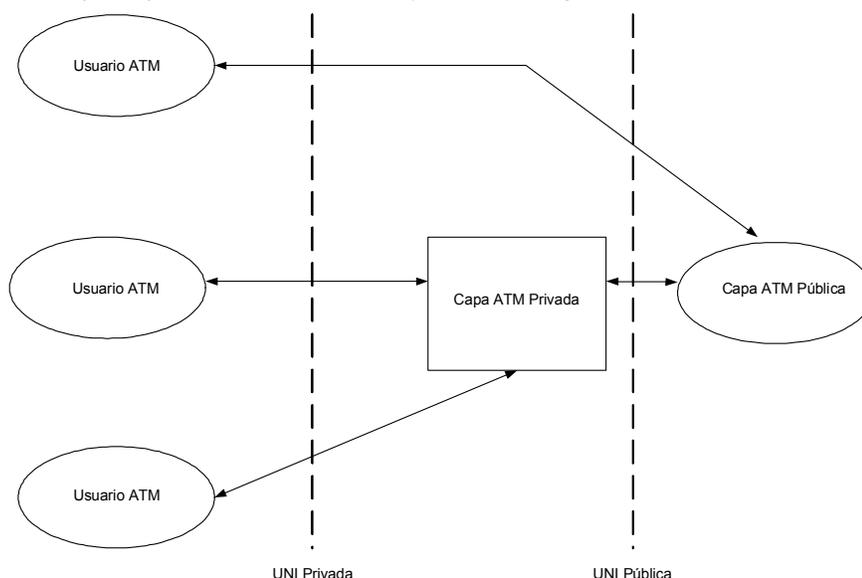
Como corazón de la red ATM, esta capa la define:

1. La capa ATM multiplexa (mezcla) celdas a través de un mismo enlace físico. Las celdas se distinguen en los nodos de la red (conmutadores ATM), y en los equipos destinatarios, porque los campos de la cabecera identifican los caminos virtuales y los canales virtuales.
2. La capa ATM traslada un identificador de camino virtual (VPI o Virtual Path Identifier) y un identificador de canal virtual (VCI o Virtual Channel Identifier) entrantes, en un enlace al par correcto VCI/VPI para el enlace de salida. Los valores se obtienen de una tabla en el conmutador, que previamente había sido obtenida en el momento de la conexión por mensajes de señalización.
3. En los extremos de la red, la capa ATM genera e interpreta las cabeceras de las celdas, y sólo el campo de "payload" es pasado a las capas superiores.
4. La capa ATM proporciona un mecanismo control de flujo genérico (GFC o Generic Flow Control) para el acceso al medio.

---

<sup>7</sup> HEC :Control de errores de cabecera (*Header Error Control*)

Los comités de estándares han definido dos tipos de cabeceras ATM: los User-to-Network Interface (UNI) y la Network to Network Interface (NNI). La UNI es un modo nativo de interfaz ATM que define la interfaz entre el equipo del cliente (Customer Premises Equipment), tal como hubs o enrutadores ATM y la red de área ancha ATM (ATM WAN). La NNI define la interfase entre los nodos de la redes (los switches o conmutadores) o entre redes. La NNI puede usarse como una interfase entre una red ATM de un usuario privado y la red ATM de un proveedor público (carrier). Específicamente, la función principal de ambos tipos de cabeceras de UNI y la NNI, es identificar las "Virtual paths identifiers" (VPIS) y los "virtual circuits" o virtual channels"(VCIS) como identificadores para el ruteo y la conmutación de las celdas ATM.



**Fig. 5-c-ATM-Cabeceras ATM**

La tercer capa es la ATM Adaptation Layer (AAL). La AAL juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM, y es dependiente del servicio. Específicamente, su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, (circuit emulation), vídeo, audio, frame relay, etc. La AAL recibe los datos de varias fuentes o aplicaciones y las convierte en los segmentos de 48 bytes.

## CLASIFICACION DE SERVICIOS ALL

A continuación veremos una tabla donde se explicaran los servicio ALL

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Relación de Tiempos entre Fuente y destino	Requerido	Requerido	No Requerido	No Requerido
Bit Rate	Constante	Variable	Variable	Variable
Modo de Conexión	Orientado a Conexión	Orientado a Conexión	Sin Conexión	Sin Conexión

**Tabla 5-a-ATM-Servicios ALL**

La capa de Adaptación de ATM se encuentra entre el ATM layer y las capas más altas que usan el servicio ATM. Su propósito principal es resolver cualquier disparidad entre un servicio requerido por el usuario y atender los servicios disponibles del ATM layer. La capa de adaptación introduce la información en paquetes ATM y controla los errores de la transmisión. La información transportada por la capa de adaptación se divide en cuatro clases según las propiedades siguientes:

1. Que la información que esta siendo transportada dependa o no del tiempo.
2. Tasa de bit constante/variable.
3. Modo de conexión.

Estas propiedades definen ocho clases posibles, cuatro se definen como B-ISDN Clases de servicios.

La capa de adaptación se divide en dos subcapas:

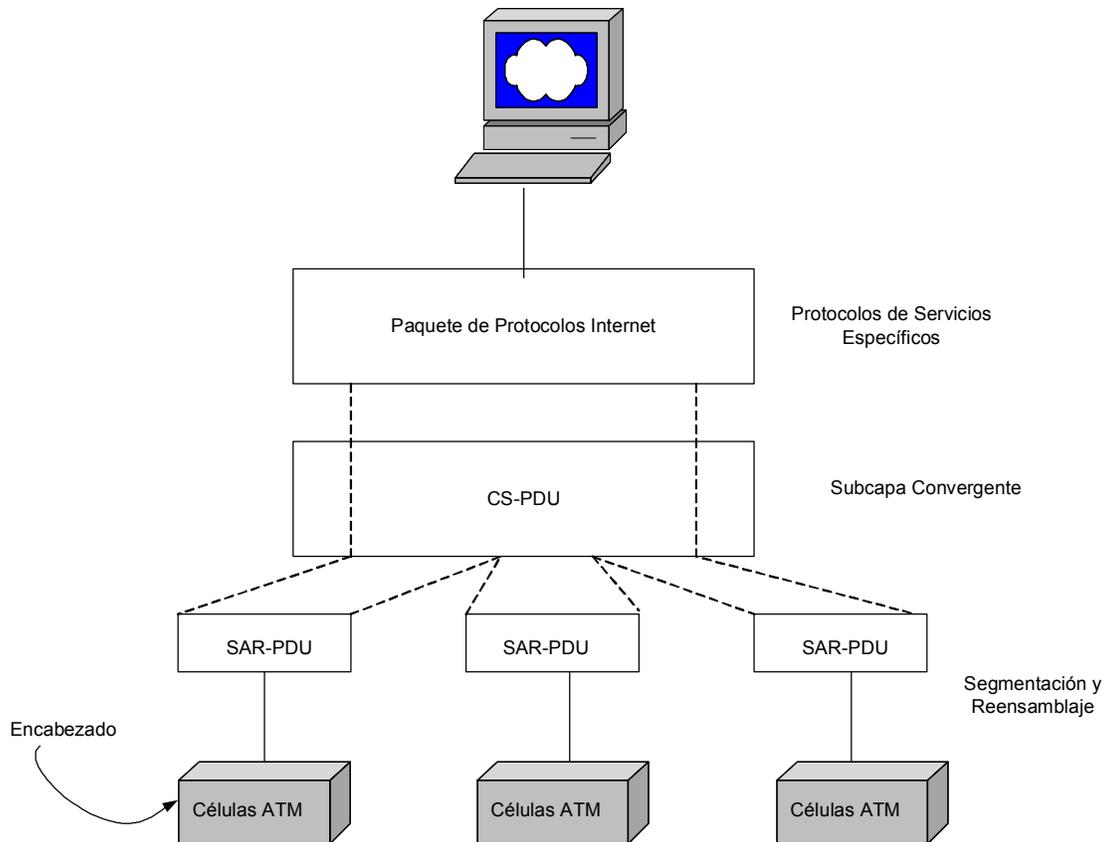
#### 1)Capa de convergencia (convergence sublayer (CS)) :

En esta capa se calculan los valores que debe llevar la cabecera y los payloads del mensaje. La información en la cabecera y en el payload depende de la clase de información que va a ser transportada.

#### 2)Capa de Segmentación y reensamblaje (segmentation and reassembly (SAR))

Esta capa recibe los datos de la capa de convergencia y los divide en trozos formando los paquetes de ATM. Agrega la cabecera que llevara la información necesaria para el reensamblaje en el destino.

La figura siguiente aporta una mejor comprensión de ellas. La subcapa CS es dependiente del servicio y se encarga de recibir y paquetizar los datos provenientes de varias aplicaciones en tramas o paquete de datos longitud variable.



**Fig. 5-d-ATM- Funciones de la capa de adaptación**

Estos paquetes son conocidos como (CS - PDU) CONVERGENCE SUBLAYER PROTOCOL DATA UNITS.

Luego, la sub capa recibe los SAR CS - PDU, los reparte en porciones del tamaño de la celda ATM para su transmisión. También realiza la función inversa (reensamblado) para las unidades de información de orden superior. Cada porción es ubicada en su propia unidad de protocolo de segmentación y reensamble conocida como (SAR - PDU) SEGMENTATION AND REASSEMBLER PROTOCOL DATA UNIT, de 48 bytes.

Finalmente cada SAR - PDU se ubica en el caudal de celdas ATM con su header y trailer respectivos.

La capa de adaptación de ATM define 5 servicios para equiparar las 4 clases definidas por B-ISDN:

- AAL-1
- AAL-2
- AAL-3
- AAL-4
- AAL-5

**AAL1:**

AAL-1 se usa para transferir tasas de bits constantes que dependen del tiempo. Debe enviar por lo tanto información que regule el tiempo con los datos. AAL-1 provee recuperación de errores e indica la información con errores que no podrá ser recuperada.

AAL1 soporta servicios CBR, orientados a conexión y tráfico síncrono, para servicios de voz y vídeo sin comprimir, emulación de circuitos, en los que se requiere una fuerte sincronización entre el emisor y el destinatario, pero a velocidades fijas

Capa de convergencia:

Las funciones provistas a esta capa difieren dependiendo del servicio que se proporciona. Provee la corrección de errores.

Capa de segmentación y reensamblaje:

En esta capa los datos son segmentados y se les añade una cabecera. La cabecera contiene 3 campos

- Número de secuencia usado para detectar una inserción o pérdida de un paquete.
- Número de secuencia para la protección usado para corregir errores que ocurren en el número de secuencia.

Indicador de capa de convergencia usado para indicar la presencia de la función de la capa de convergencia.

*ALL 2:*

AAL-2 se usa para transferir datos con tasa de bits variable que dependen del tiempo. Envía la información del tiempo conjuntamente con los datos para que esta puede recuperarse en el destino. AAL-2 provee recuperación de errores e indica la información que no puede recuperarse. AAL2 soporta servicios VBR, orientados a conexión y tráfico síncrono, para servicios de voz y vídeo comprimidos, donde la sincronización entre el emisor y el destinatario también es importante, pero la velocidad es variable.

Capa de convergencia:

Esta capa provee para la corrección de errores y transporta la información del tiempo desde el origen al destino.

Capa de segmentación y recuperación:

El mensaje es segmentado y se le añade una cabecera a cada paquete. La cabecera contiene dos campos.

- Número de secuencia que se usa para detectar paquetes introducidas o perdidas.
- El tipo de información es:
- BOM, comenzando de mensaje
- COM, continuación de mensaje
- EOM, fin de mensaje o indica que el paquete contiene información de tiempo u otra.

El payload también contiene dos de campos :

- indicador de longitud que indica el número de bytes válidos en un paquete parcialmente lleno.

- CRC que es para hacer el control de errores.

#### AAL 3:

AAL-3 se diseña para transferir los datos con tasa de bits variable que son independientes del tiempo. Proporciona servicios para comunicación de datos, tanto orientados a conexiones como sin ellas, de tráfico asíncrono. Permite el empleo de ATM con funciones de LAN , en general transferencias cortas pero con grandes ráfagas de datos.

AAL-3 puede ser dividido en dos modos de operación:

- Fiable: En caso de pérdida o mala recepción de datos estos vuelven a ser enviados. El control de flujo es soportado.
- No fiable: La recuperación del error es dejado para capas mas altas y el control de flujo es opcional.

Capa de convergencia:

La capa de convergencia en AAL 3 es parecida al ALL 2. Esta subdividida en dos secciones:

- Parte común de la capa de convergencia. Esto es provisto también por el AAL-2 CS. Añade una cabecera y un payload a la parte común

La cabecera contiene 3 campos:

- Indicador de la parte común que dice que el payload forma parte de la parte común.
- Etiqueta de comienzo que indica el comienzo de la parte común de la capa de convergencia.
- Tamaño del buffer que dice al receptor el espacio necesario para acomodar el mensaje.

El payload también contiene 3 campos:

- Alineación es un byte de relleno usado para hacer que la cabecera y el payload tengan la misma longitud.
- Fin de etiqueta que indica el fin de la parte común de la CS(capa de convergencia).
- El campo de longitud tiene la longitud de la parte común de la CS.

Parte específica del servicio. Las funciones proveídas en esta que capa dependen de los servicios pedidos. Generalmente se incluyen funciones para la recuperación y detección de errores y puede incluir también funciones especiales.

Capa de segmentación y reensamblaje

En esta capa los datos son partidos en paquetes de ATM. Una cabecera y el payload que contiene la información necesaria para la recuperación de errores y reensamblaje se añaden al paquete. La cabecera contiene 3 campos:

1. Tipo de segmento que indica que parte de un mensaje contiene en payload. Tiene uno de los siguientes valores:

- BOM: Comenzando de mensaje
- COM: Continuación de mensaje
- EOM: Fin de mensaje
- SSM: Mensaje único en el segmento

2.- Numero de secuencia usado para detectar una inserción o una pérdida de un paquete.

3.-Identificador de multiplexación. Este campo se usa para distinguir datos de diferentes comunicaciones que ha sido multiplexadas en una única conexión de ATM.

El payload contiene dos campos:

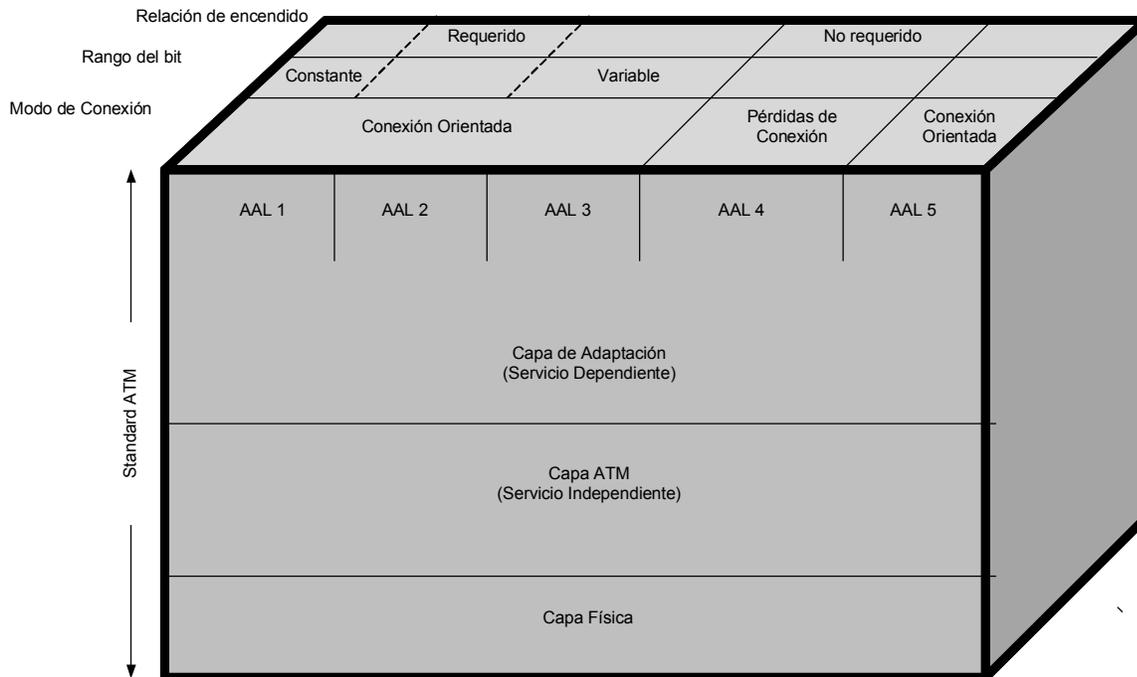
- 1) Indicador de longitud que indica el número de bytes útiles en un paquete parcialmente lleno.
- 2) CRC es para el control de errores.

*ALL 4:*

AAL-4 se diseña para transportar datos con tasa de bits variable independientes del tiempo. Es similar al AAL3 y también puede operar en transmisión fiable y no fiable. AAL-4 provee la capacidad de transferir datos fuera de una conexión explícita. También proporciona servicios para comunicación de datos, tanto orientados a conexiones como sin ellas, de tráfico asíncrono. Permite el empleo de ATM con funciones de LAN ,en general transferencias cortas pero con grandes ráfagas de datos.

*ALL 5 :*

Es una versión más eficiente de la AAL3/4, diseñada para los requerimientos de redes locales de alta velocidad (paquetes, SMDS, ...), sin conexión y con servicios VBR.



**Fig. 5-e-ATM-Formato Protocolo ATM y ubicación de AAL1 y AAL5**

## 5.5 ARQUITECTURA DE TRANSMISION FISICA

Para poder entender los conceptos de la arquitectura del ATM, es necesario mencionar que las funciones de transporte del ATM se dividen en dos partes; funciones de transporte de la Capa Física y funciones de transporte de la Capa ATM. Ambas capas están estructuradas de acuerdo a una jerarquía.

La Capa física está formada por:

- Nivel de trayectoria de transmisión.
- Nivel de sección digital.
- Nivel de sección regeneradora.

### 5.5.1 NIVEL DE TRAYECTORIA DE TRANSMISION.

La trayectoria de transmisión, la cual se extiende a lo largo de aquellos elementos de red encargados de ensamblar y desensamblar la carga (payload) de un sistema de transmisión

### 5.5.2 NIVEL DE SECCIÓN DIGITAL.

La sección digital; esta se encuentra a lo largo de aquellos elementos de red que se encargan de ensamblar y desensamblar bits continuos o corrientes de bits.

### 5.5.3 NIVEL DE SECCIÓN REGENERADORA.

La sección regeneradora es una porción de la sección digital que se extiende entre dos regeneradores adyacentes.

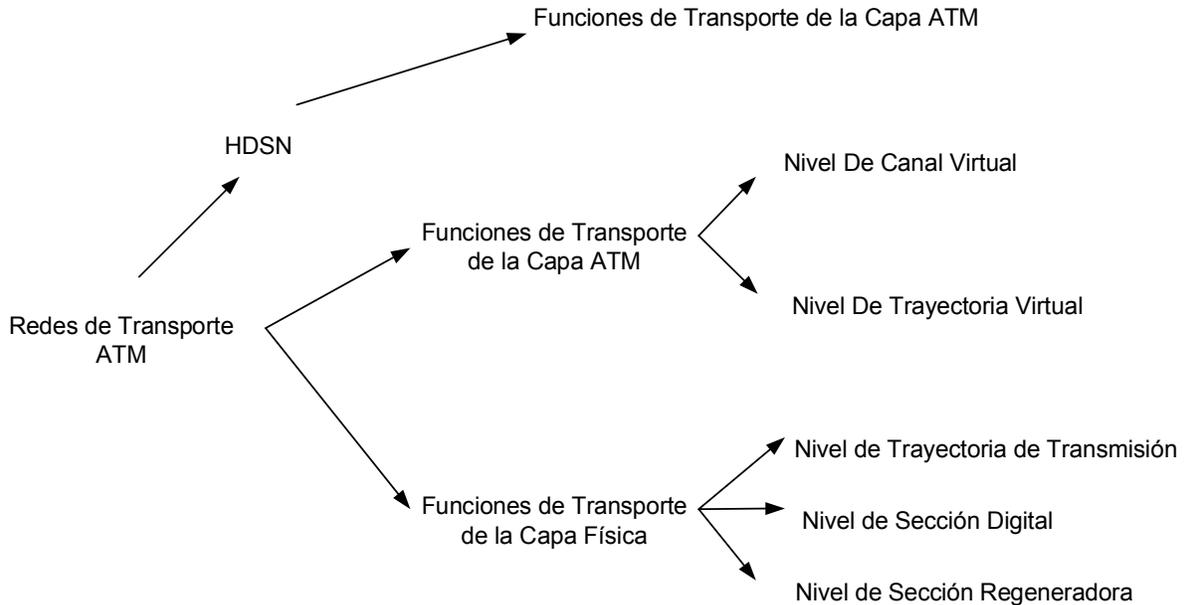


Fig. 5-f-ATM- Niveles de la Sección Regeneradora

## 5.6 ARQUITECTURA DE TRANSMISION DE ATM

### 5.6.1 NIVEL DE CANAL VIRTUAL.

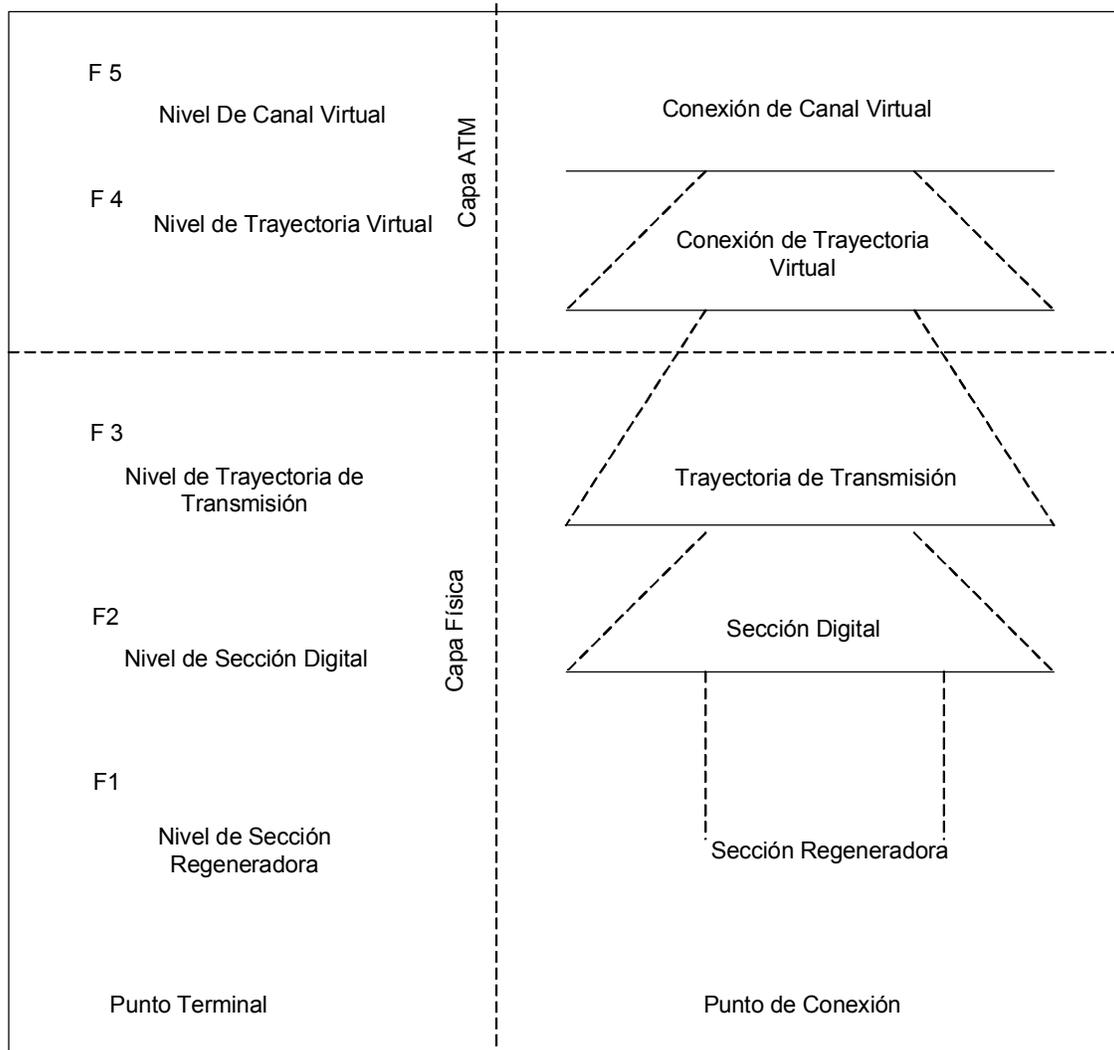
El canal virtual se define como un concepto utilizado para describir transporte unidireccional de celdas ATM asociadas por un único valor identificador común. Este identificador se conoce como identificador de Canal Virtual (VCI) y forma parte del header de la celda.

### 5.6.2 NIVEL DE TRAYECTORIA VIRTUAL.

El término de trayectoria virtual se usa para describir el transporte unidireccional de celdas pertenecientes a canales virtuales asociados por medio de un valor identificador común. Este identificador se llama identificador de Trayectoria Virtual (VPI), y también forma parte del header de la celda.

Una trayectoria de transmisión puede estar constituida por varias trayectorias virtuales, y éstas a su vez son capaces de cargar varios canales virtuales. El concepto de trayectoria virtual hace posible la agrupación de varios canales virtuales. Es muy importante, de la misma forma, el poder entender claramente la diferencia entre enlaces y conexiones. Un enlace de canal virtual es el término que se ha asignado a el transporte unidireccional de celdas ATM entre un punto donde un valor VCI es asignado y el punto al cual este valor es trasladado. De la misma forma, un enlace de trayectoria virtual se determina por los puntos en los cuales un valor VPI es asignado y el punto al cual se traslada..

Una cadena de eslabones VC se llama Conexión de Canal Virtual (VCC), y de manera análoga, una cadena de eslabones VP recibe el nombre de Conexión de Trayectoria Virtual (VPC).



**Fig. 5-g-ATM- Conexión de Trayectoria Virtual**

### 5.6.3 PLANOS DEL MODELO DE REFERENCIA ATM

Es evidente que para poder desarrollar una red ATM se necesita más que la sola implementación del PRM. Este protocolo opera en la Capa Física, y los protocolos inmediatamente por encima, en la Capa ATM se usan para la adaptación de varios servicios. El Plano del Usuario lleva a cabo transferencias de información de aplicaciones del usuario, en tanto que el Plano de Control, el cual también cuenta con una estructura a base de estratos, ejecuta las funciones de control de llamadas y conexiones, incluyendo señalamiento. El Plano de Manejo se encarga de operaciones, mantenimiento y otras funciones administrativas. A continuación se explican brevemente cada uno de estos planos y se analizan sus características más a fondo dentro del estudio de las capas que los constituyen

El Plano del Usuario consta de Capa Física, Capa ATM, Capa AAL, y Capas Superiores. La Capa Física se encarga de proporcionar transmisión punto a punto de celdas ATM a manera de corriente de bits a través del medio físico, por ejemplo fibra óptica.

La Capa ATM descansa sobre los servicios de la Capa Física con el fin de proporcionar transporte secuencial de terminal a terminal de las celdas de datos del usuario de acuerdo a la información de protocolo ATM que tengan cada una en el header. El AAL lleva a cabo varias funciones a nivel usuario por encima de la Capa ATM por medio de la conversión de datos de aplicaciones específicas al formato de celda ATM. La Capa Física se subdivide en tres niveles; trayectoria de Transmisión, sección digital y sección regeneradora. Una trayectoria de transmisión se define entre los puntos donde la Capa ATM accesa a la Capa Física. Los puntos finales de la trayectoria de transmisión llevan a cabo la delineación de celdas, el control de error del header, y ensamblado y desensamblado del payload del sistema de transmisión. La sección digital se extiende a lo largo de los elementos de red y ensambla y desensambla las corrientes de bits continuas. Una sección regeneradora forma parte de la sección digital, entre los dos puntos de regeneración de señal.

Por medio de los campos VPI/VCI, las celdas de datos de usuario se asocian con conexiones VP y VC. Estos puntos de conexión pueden ser conmutadores ATM o bien conectores de cruz que llevan a cabo las funciones de transporte de celdas. Es importante hacer notar que las celdas de datos de usuario se transportan de una manera transparente por la red. En contraste con estas celdas, existen otras cuyos payloads deben ser procesados por conmutadores ATM.

El Plano de Control representa las funciones de control de llamadas y conexiones relacionadas al establecimiento, supervisión y liberación de los VPC's/VCC's que han sido conmutados. Estos a su vez se controlan por medio del manejo de red. Una llamada puede estar formada por muchas conexiones, y cada conexión puede ser establecida, modificada o terminada durante la llamada. Un usuario puede tener varias entidades de señalamiento comunicándose con la red a través de diferentes VCC. Las llamadas pueden ser reconfiguradas dinámicamente con solo añadir o quitar conexiones o participantes durante la llamada.

El Plano de Control, al igual que el de usuario, se constituye por medio de capas, las cuales comparten entre ellos. Esto implica que las celdas de señalización viajan a través de la Capa ATM al igual que las celdas de usuario, pero a diferencia de estas últimas las celdas de señalización serán procesadas por conmutadores. En el Plano de Control se llevan a cabo básicamente las funciones de señalización

Para poder alcanzar la calidad deseada en los servicios es necesario vigilar y controlar la red ATM, para con esto asegurar la operación continua y correcta de las ventajas y el uso eficiente de los recursos de la red El Plano de Manejo, vigila y controla las funciones de la red; principalmente el OAM en cada nivel y la supervisión del nivel del desempeño de la red en cada uno de los niveles del sistema. Dicho plano se divide en Plano de Manejo y Capa de Manejo.

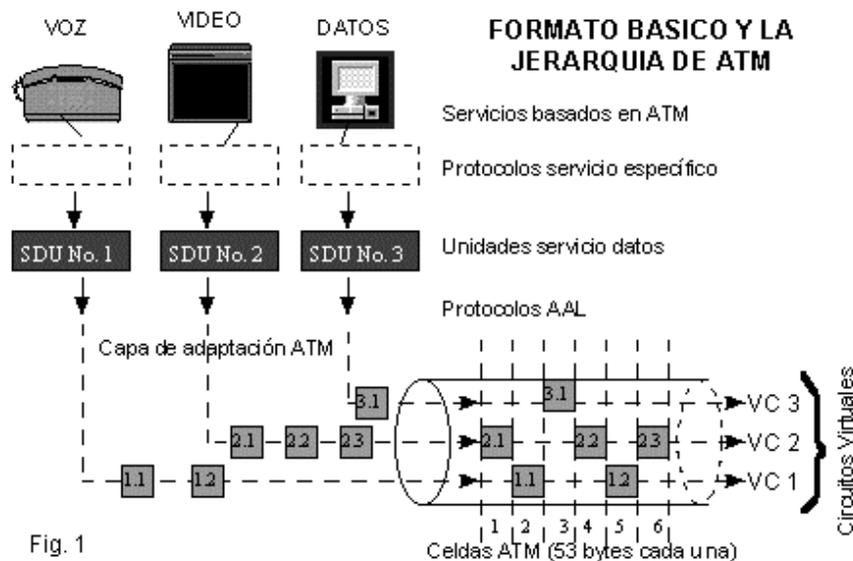
El Plano de Manejo es responsable de todas las funciones relacionadas con la red como una completa coordinación entre todos los planos del PRM; por lo tanto, no consta de capas. Las funciones específicas del Plano de Manejo se han definido como:

- Control de fallas para detectar, aislar y corregir de una manera dinámica errores.
- Monitoreo, reporte y evaluación continuos del comportamiento de la red.

- Manejo de configuración para inicializar las facilidades en el servicio y verificar o cambiar el estado de servicio en el que se encuentran.
- Manejo de contabilidad para recolectar, procesar y reportar información en los recursos usados para facturación.
- Manejo de seguridad con el fin de regular el acceso y controlar las bases de datos de la red.

## 5.7 MULTIPLEXACION EN ATM

Un examen más cercano del protocolo ATM y cómo opera ayudará a explicar cómo los circuitos virtuales, las rutas virtuales, los conmutadores y los servicios que ellos acarrearán se afectan entre sí. La figura muestra un formato básico y la jerarquía de ATM. Una conexión ATM, consiste de "celdas" de información contenidos en un circuito virtual (VC). Estas celdas provienen de diferentes fuentes representadas como generadores de bits a tasas de transferencia constantes como la voz y a tasas variables tipo ráfagas (bursty traffic) como los datos. Cada celda compuesta por 53 bytes, de los cuales 48 (opcionalmente 44) son para transporte de información y los restantes para uso de campos de control (cabecera) con información de "quién soy" y "donde voy"; es identificada por un "virtual circuit identifier" VCI y un "virtual path identifier" VPI dentro de esos campos de control, que incluyen tanto el enrutamiento de celdas como el tipo de conexión. La organización de la cabecera (header) variará levemente dependiendo de si la información relacionada es para interfaces de red a red o de usuario a red. Las celdas son enrutadas individualmente a través de los conmutadores basados en estos identificadores, los cuales tienen significado local - ya que pueden ser cambiados de interface a interface.



**Fig. 5-h-ATM- Formato Básico de ATM**

La técnica ATM multiplexa muchas celdas de circuitos virtuales en una ruta (path) virtual colocándolas en particiones (slots), similar a la técnica TDM. Sin embargo, ATM llena cada slot con celdas de un circuito virtual a la primera oportunidad, similar a la operación de una red conmutada de paquetes.

Los slots de celda no usados son llenados con celdas "idle", identificadas por un patrón específico en la cabecera de la celda. Este sistema no es igual al llamado "bit stuffing" en la multiplexación Asíncrona, ya que aplica a celdas enteras.

Diferentes categorías de tráfico son convertidas en celdas ATM vía la capa de adaptación de ATM (AAL - ATM Adaptation Layer), de acuerdo con el protocolo usado. La tecnología ATM ha sido definida tanto por el ANSI como por el CCITT<sup>8</sup> a través de sus respectivos comités ANSI T1, UIT SG XVIII, como la tecnología de transporte para la B-ISDN (Broad Band Integrated Services Digital Network), la RDSI de banda ancha. En este contexto "transporte" se refiere al uso de técnicas de conmutación y multiplexación en la capa de enlace (Capa 2 del modelo OSI) para el trasiego del tráfico del usuario final de la fuente al destino, dentro de una red. El ATM Forum, grupo de fabricantes y usuarios dedicado al análisis y avances de ATM, ha aprobado cuatro velocidades UNI (User Network Interfases) para ATM: DS3 (44.736 Mbit/s), SONET STS3c (155.52 Mbit/s) y 100 Mbit/s para UNI privados y 155 Mbit/s para UNI privadas. UNI privadas se refieren a la interconexión de usuarios ATM con un switch ATM privado que es manejado como parte de la misma red corporativa. Aunque la tasa de datos original para ATM fue de 45 Mbit/s especificado para redes de operadores (carriers) con redes T3 existentes, velocidades UNI adicionales se han venido evaluando y están ofreciéndose. También hay un alto interés en interfases, para velocidades E1 (2Mbps) y T1 (1,544 Mbps) para accesos ATM de baja velocidad.

## **5.8 MECANISMOS DE CONTROL EN REDES ATM**

Es necesario, sin duda alguna, tener una idea completa de lo que el manejo de información significa en redes ATM. El control de tráfico es un tema práctico que surge en la implementación del ATM. Para cualquier tipo de red de comunicaciones con recursos compartidos la capacidad de vigilar y regular el flujo de tráfico es muy importante. Si no hubiera control de tráfico, no habría restricciones en cuanto a la demanda de recursos compartidos, como buffers, ancho de banda o procesadores, y esto puede reducir seriamente las salidas de la red, así como su eficiencia. El control de tráfico es necesario tanto para conservar la calidad de los servicios hacia el usuario, como para asegurar la eficiencia en el uso de los recursos de la red. Los mecanismos de tráfico de control se deben implementar dentro de sistemas de conmutación y las capas superiores del protocolo de red.

Es evidente que el papel del control de tráfico es esencial, y así pues uno de los grupos de trabajo del Fórum ATM se dedica al manejo de tráfico. Este grupo está conduciendo sus esfuerzos hacia un nuevo servicio de Bit Rate Disponible (ABR) y un esquema relacionado al control de tráfico.

Una herramienta que puede ser utilizada para el control de tráfico es la técnica de trayectoria virtual. Agrupando varios canales virtuales dentro de una trayectoria virtual, tanto el control de admisión de llamada y del parámetro de uso de la red, se reducen a ser solo el tráfico agregado a una trayectoria virtual que se debe manejar.

### **5.8.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE CONTROL DE TRÁFICO.**

El control de tráfico es el conjunto de acciones que lleva a cabo la red para evitar condiciones de congestión. El control de congestión son los movimientos que lleva a cabo la red para minimizar la intensidad, área y duración del congestión. Esta puede ser provocado por ciertas

---

<sup>8</sup> CCITT :Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía de la UIT

condiciones de flujo de tráfico y fallas dentro de la red. Las siguientes funciones brindan a las redes ATM un marco de trabajo para el manejo y control del tráfico.

**Manejo de Recursos de Red, (NRM):** Se usa para la distribución de recursos de la red con la finalidad de separar diferentes flujos de tráfico de acuerdo a las características de servicios.

**Control de Admisión de Conexión (CAC):** Son aquellas funciones que ejecuta la red durante la instalación de una llamada para determinar si una VCC/VPC<sup>9</sup> se acepta o rechaza.

**Controles de Retroalimentación:** Son los movimientos que ejecutan tanto la red como los usuarios para regular el tráfico en redes ATM de acuerdo al estado de la red.

**Control de Parámetro de Uso/Red, (UPC/NPC):** Vigila y controla el tráfico en términos de oferta y validez de tráfico de la conexión ATM, a nivel de acceso del usuario y de la red. Su propósito principal es el de proteger la red de malos funcionamientos, que puedan afectar las conexiones existentes.

**Control de Prioridad:** Permite al usuario asignar diferentes prioridades de flujo de tráfico utilizando el bit CLP en el header de la celda. En una red congestionada, las celdas de baja prioridad son eliminadas.

**Técnica de Codificación por Niveles:** Permite llevar a cabo ajustes en la velocidad dependiendo de los recursos disponibles.

**Formación de Tráfico:** Es un mecanismo que altera las características de una corriente en una VCC o VPC para lograr la modificación apropiada para esas características de tráfico.

**Manejo Rápido de Recursos:** Opera en función del tiempo de la propagación de retraso de una conexión ATM completa.

Los esquemas del CAC son medidas de prevención para evitar que el valor promedio de cargas en el enlace no alcancen la capacidad máxima y el UPC pueda regular el valor pico. Dichos esquemas permiten al usuario mantener un mínimo de salida. La prioridad de programación de tiempos en un nodo puede incrementar el uso de una manera significativa si los requerimientos van de 1 ms a unos decimos de ms por nodo. En este caso los servicios que toleran retrasos pueden utilizar buffers más grandes que aquellos que no toleran retrasos.

El control por retroalimentación y los esquemas de UPC/NPC deben ejecutarse mediante el mecanismo de leaky-bucket<sup>10</sup>. Estos mecanismos fortalecen el ancho de banda promedio y el factor de explosión de una fuente. Una forma de implementar el leaky-bucket es mediante el uso de tokens, es decir cuando una celda llega entra en un queue<sup>11</sup>; en caso de que éste esté lleno, las celdas se eliminan. Para entrar a la red, una celda debe primero obtener un permiso o token. Si no tiene token, la celda debe esperar en el queue hasta que se genere un nuevo token en un token-pool (recipiente de tokens). Los tokens se generan a un valor determinado correspondiente al valor promedio de conexión.

---

<sup>9</sup> **VCC/VPC** :Virtual Channel Connection/Virtual Path Connection

<sup>10</sup> **LEAKY-BUCKET**:Mecanismo de espaciamento como el algoritmo virtual de programación en tiempo (VSA)

<sup>11</sup> **QUEUE**:Cola Conjunto de paquetes en espera de ser procesados.

Si el número de tokens en el token-pool sobrepasa un valor de umbral predeterminado entonces se interrumpe el proceso de generación de tokens. Este valor de umbral corresponde a la capacidad de explosión de la transmisión.

Los dos casos extremos es cuando se cuenta con un buffer de entrada y cuando no se dispone de él. El primer caso un gran número de celdas deberán eliminarse. En el segundo las celdas pueden estar sujetas a un tiempo de espera muy grande, sin permitir que recobren un flujo asíncrono. Mediante la elección adecuada del tamaño de queue de entrada, se puede hallar un punto medio entre estos dos extremos.

Uno de los factores más importantes para llevar a cabo un control de congestión eficiente es el lapso de duración del congestión, por ejemplo, para el caso de llamadas telefónicas el rango de cien a cientos de milisegundos. Para el caso de video, el valor pico puede ser de varios segundos, pero estas medidas se llevaron a cabo sin tener en consideración el control de flujo y el control de congestión. Los resultados de los esquemas de control de congestión reactivo, como son el CAC y el UPC, en el congestión interno merecen ser objetos de un estudio más a fondo. Si el periodo de congestión es menor a la duración del retraso de un viaje redondo, un control de flujo reactivo no es aplicable. Por otro lado, si el tiempo de congestión es extenso la situación debe controlarse mediante la ayuda del CAC y el UPC en conjunto con el OAM para garantizar un QoS mínimo.

Para poder llevar a cabo un control de tráfico es necesario tener la capacidad de detectar situaciones de congestión en los elementos de conmutación y ajustes del valor de transmisión del nodo fuente. Un elemento de conmutación que esté congestionado puede modificar el valor PTI <sup>12</sup> en el header de una celda para indicar el congestión. Pero el uso de la información de congestión depende del usuario. El trabajo que se hace en aquellas celdas que se pierden o insertan, así como las que tienen error se puede hacer mediante el uso de los canales del OAM (Operation And Maintenance), sin embargo, puede resultar difícil utilizar el desempeño de la información con el fin de ajustar los parámetros de flujo dinámicamente. El único canal mediante el cual se puede transferir un estado de sobrecarga hacia el nodo destino es el campo PTI. El nodo destino puede retroalimentar la información a la fuente a través del canal OAM o bien mediante celdas especiales.

Las capacidades del lazo de retroalimentación permiten la inserción de información a lo largo del VC o VP para ciertas operaciones. Esto es posible mediante la inserción de una celda OAM, en cualquier punto accesible en la conexión virtual, con instrucciones en la carga para que regrese a uno o dos puntos fáciles de identificar a lo largo de la conexión.

La retroalimentación de celdas se usa para funciones en el control de tráfico de congestión. Por ejemplo durante periodos de congestión excesivo, un switch detectado mediante este mecanismo, puede empezar la eliminación de celdas ATM con el propósito de maximizar la entrega del tráfico de más alta prioridad. Durante estos periodos, los switches también pueden transmitir una notificación de congestión ya sea en adelante o en atraso a lo largo de la transmisión VPC/VCC. Una vez que se ha recibida la notificación, los nodos toman acción para solucionar el congestión.

La técnica de codificación por niveles y sus variantes han ido propuestas para servicios de audio y video. Permiten el ajuste del valor de código dependiendo de los recursos disponibles. El concepto principal de

---

<sup>12</sup> PTI : Para poder llevar a cabo un control de tráfico es necesario tener la capacidad de detectar situaciones de congestión en los elementos de conmutación y ajustes del valor de transmisión del nodo fuente. Un elemento de conmutación que esté congestionado puede modificar el valor PTI (Payload Type Identifier) en el header de una celda para indicar el congestión

este tipo de codificación es dividir el video y audio en niveles. Cada nivel contiene información jerárquica, como por ejemplo resolución de información; ya sea alta, media o baja. El nivel adecuado se puede seleccionar en la inicialización considerando del ancho de banda disponible, y se pueden añadir o eliminar niveles durante el tiempo que dure la conexión.

Como se ha mencionado ya, el servicio básico de las redes ATM es el transporte secuencial de celdas terminal a terminal. El servicio se inicia con una solicitud de conexión virtual hecha por el usuario. El Grado de Servicio (GoS) pertenece al ofrecimiento de tráfico en términos de probabilidad de bloqueo a nivel de admisión o rechazo de conexiones. En caso de ser aceptada, las celdas que se acarrearán sufren dos tipos de deterioros dentro de la red; retraso y pérdida.

El QoS, calidad del servicio, se encarga del grupo de parámetros tales como retraso de celdas, variación en el retraso y pérdida de celdas; los cuales pertenecen a los deterioros observados por el tráfico acarreado. La red es la responsable de mantener el nivel de QoS esperado por los usuarios.

Dentro de la clasificación de servicios, existen requerimientos específicos para cada una de las cuatro clases. Una clase la cual carezca de un QoS específico, sin requisitos de retraso de celda o pérdida de celda puede auxiliarse por una red ATM. Sin diferencias de tráfico en las clases, la red puede necesitar el manejo de los requisitos más estrictos para el tráfico.

El desempeño de la red en cuanto a QoS se refiere a los parámetros que miden la habilidad de la red para proporcionar servicios entre los usuarios. Así como el QoS es importante a los usuarios en el punto de acceso al servicio, el desempeño de la red se define desde el punto de vista del proveedor de red a puntos dentro de la red. Al nivel de llamada, los parámetros de funcionamiento de la red pueden incluir el retraso en la inicialización de la conexión, retraso en la liberación de la conexión y probabilidades de bloqueo. Al nivel de celda, los parámetros del trabajo realizado por la red incluyen los índices de error de celdas, pérdida de celdas, inserción errónea retraso terminal a terminal y variación del retraso.

Debido a que el ATM está orientado tanto a conexión como a celdas, es posible encontrar problemas de congestión en ambos niveles; conexiones y celdas. A nivel conexión, los procesadores de llamadas estarán ocupados llevando a cabo intentos infructuosos de llamadas. Mientras, a nivel celdas los enlaces de transmisión se saturan, y los buffers experimentan un sobre flujo de celdas. Por lo tanto, al no tener control de un congestionamiento, esto se manifestará mediante el aumento de bloqueo de llamadas, retraso de celdas, y pérdida de celdas. Los intentos de control de congestión intentan detectar y reaccionar al mismo, y de esta forma decrecer su intensidad, área y duración.

La decisión entre compartir los recursos o el aislamiento entre los flujos de tráfico para la protección del QoS hace difícil el control del tráfico, debido a lo conflictivo de los dos objetivos. Para obtener una ganancia en la eficiencia se multiplexan aquellas conexiones VBR cuyo valor pico total exceda el valor del enlace físico de transmisión, el valor promedio total es menor al del enlace. Si se tienen varias corrientes de tráfico y son independientes, la probabilidad de que su valor instantáneo total exceda el valor del enlace es mínima. Para efectuar la multiplexión con ganancia, razón del valor pico total entre el valor del enlace, se debe mantener un factor de uso alto y maximizar el grado de operaciones compartidas de los recursos de la red.

Una de las consecuencias desfavorables de la multiplexión es la posibilidad de que el QoS de una conexión sea afectado por el tráfico de otras conexiones. Por ejemplo, si una corriente llegase a reventar el

buffer del multiplexor se puede saturar causando el incremento del retraso de celdas para todas las corrientes. Puede darse el caso de que varias corrientes revienten simultáneamente y ocasionen un sobreflujo en el buffer. La probabilidad de que existan sobreflujos en el buffer o retrasos excesivos de queue es mayor en cargas grandes. Por lo tanto es conveniente mantener un factor de uso bajo, el cual no es económicamente factible, o en su defecto llevar a cabo el aislamiento de las corrientes de tráfico y de esta forma reducir el efecto de explosión de una de las corrientes en el QoS de otra corriente.

Las prioridades son una importante ayuda para el aislamiento o modificación de los efectos que tienen las corrientes. Las prioridades de retraso dictaminan el orden en el cual las celdas que han sido formadas se programan para la transmisión en un enlace compartido; las prioridades de pérdida especifican el lugar que preferentemente se ha de ocupar dentro del buffer compartido.

El flujo de tráfico se puede dividir en entidades tales como: llamadas, VPC, VCC, fragmentos (consistentes de celdas consecutivas) y celdas individuales. El control de tráfico consiste en un grupo de mecanismos de control que pueden ser aplicados en diferentes entidades de tráfico de cada nivel. Cada mecanismo de control tiene características en la escala del tiempo. Los mecanismos que operan en celdas individuales son los más rápidos puesto que las decisiones de control dependen únicamente de las condiciones locales dentro de un conmutador. Por ejemplo, la eliminación selectiva de celdas depende del nivel de congestión en los buffers del conmutador. Existen otros mecanismos que trabajan a lo largo de la red en la escala del tiempo de propagación de retrasos de terminal a terminal. Estos mecanismos involucran el paso en un solo sentido de la información entre dos puntos a lo largo de una conexión virtual. Otros mecanismos operan en escalas de tiempo más grandes; las cuales comprenden intercambio bidireccional de mensajes y repuestas.

Teniendo en cuenta que el ATM es una técnica que se basa en paquetes, llamados celdas, es posible concebir la idea de que aquellos mecanismos de control de flujo de retroalimentación que se utilizan en redes convencionales se apliquen a redes ATM. Sin embargo, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- No es propio usar dichos mecanismos en fuentes de tiempo real, de las cuales no se espera por lo general, que la red las pueda controlar.
- La eficacia del control retroalimentado se limita principalmente por el retraso de propagación.
- El tiempo de transmisión de una celda es mucho más pequeño que el tiempo de detección de congestión y el proceso para que la fuente reaccione. Las fuentes de alta velocidad en ATM son capaces de enviar varias celdas adentro de la red antes de que la información de la retroalimentación se pueda propagar a través de la red con el propósito de controlar dichas celdas.

Por lo tanto existe un acuerdo en el que el control de retroalimentación, y de una manera más general cualquier tipo de control reactivo, tendrán usos limitados en redes ATM de altas velocidades, excepto en servicios especializados como el ABR. Se cree que en las redes ATM se prefieren principalmente los métodos preventivos, en vez de los métodos reactivos. Los primeros tratan de evitar el congestionamiento asegurando que las conexiones permanezcan dentro de los límites que la red utilice para alojar los recursos de la misma durante el establecimiento de la conexión. Los métodos preventivos realizan primeramente dos funciones: control de admisión de conexión y el control del parámetro de uso (UPC) para la regulación de la cantidad de tráfico que entra a la red. Los métodos reactivos incluyen eliminación

selectiva de celdas, indicación explícita de congestión más adelante, y reconfiguración dinámica de ruteo, la cual reacciona con el arranque de congestión.

La capacidad de las redes ATM, de Gbps, genera un juego de requisitos para el control de flujo diferente de los mecanismos de control de flujo en el proceso de red TCP, los cuales son desenlaces reactivos. En caso de que el control de flujo trabajara con retroalimentación, al tiempo en que se recibe el mensaje en la fuente, ésta ya envió varios Mbytes de datos dentro del conducto ATM, y de esta forma, agravando el congestión. De la misma forma cuando la fuente reacciona al mensaje de control de flujo, es probable que el congestión haya disminuido, o bien desaparecido obligando a la fuente a bajar su ritmo, o pararla por completo, innecesariamente. La constante de tiempo de terminal a terminal en el lazo de retroalimentación puede ser tan grande que resulta impráctico el confiar en las conexiones de usuario para la preservación de una red dinámica. Las condiciones de congestión en redes ATM se espera que sean extremadamente dinámicas cumpliendo los requisitos de mecanismos de hardware rápidos con el propósito de suavizar el estado estable de la red, esto comprende también la capacidad de la red para lograr este estado estable por sí misma. Entonces una aproximación simple de control reactivo de lazo cerrado (retroalimentado) de terminal a terminal no es suficiente para redes ATM.

El acuerdo al que han llegado los investigadores en este campo es el del uso de una aproximación al control de flujo. Se recomienda utilizar una colección de esquemas de control de flujo junto con la asignación y distribución adecuadas de los recursos de las redes, todos unidos tratando de evitar el congestión, para la evaluación y detección tempranas del congestión; vigilando de cerca los queues dentro de los conmutadores ATM, y así reaccionar gradualmente hasta que los queues alcancen diferentes límites, y de esta forma tener un control en la inyección de la conexión de datos dentro de la red en un UNI cuya velocidad de inyección sea modulada antes de tener que ir hacia una conexión de usuario para conseguir así sofocar la fuente de una manera más drástica. Se trata de llevar a cabo un control de flujo a nivel hardware a altas velocidades, gradualmente, y anticipando las acciones. Los esquemas, basados en las velocidades, que inyectan una cantidad controlada de datos a una velocidad específica la cual está sincronizada con el tiempo de establecimiento de conexión, y automáticamente modular la velocidad teniendo en cuenta a la conexión por sí misma y el congestión que esté sufriendo la red en ese mismo instante. La UNI puede saber el estado en el que se encuentra la red generando una celda de control de flujo, en el momento en el que se deposita una celda en algún nodo de la red debido al congestión; como cuando se empiezan a llenar los queues. Las acciones más complicadas son las de evaluación y corrección de corrientes que causan congestiones, sin afectar otras corrientes que presenten un comportamiento normal. Al mismo tiempo, permitir a la corriente de conexión el uso máximo del ancho de banda que necesite, en caso de que no haya congestión.

Dentro del header de las celdas existe un campo formado por cuatro bits; este campo es utilizado por el control de flujo genérico (GFC). El protocolo GFC tiene un valor inicial de 0, es decir 0000, esto implica que dicha función no se encuentra en uso. Este mecanismo es auxiliar en el control del flujo de tráfico de las conexiones ATM y las UNI's de B-ISDN.

El mecanismo GFC maneja tanto las configuraciones punto a punto como las multipunto. En configuraciones en las cuales cada terminal se conecta a la terminal de red por medio de su propia línea, se puede utilizar el GFC para reducir el flujo de celdas en cada terminal. Debido a que el GFC no tiene relación con el resto del header, es imposible llevar a cabo el control individual de VPC's, VCC's y terminales que estén conectadas a un medio común. En configuraciones donde se tiene un medio compartido, se usa el GFC para el control de acceso al medio.

El Control de Flujo Genérico (GFC) debe satisfacer los siguientes requisitos:

El GFC debe ser capaz de asegurar que todas las terminales puedan acceder sus facilidades. Esto es necesario para todas las terminales CBR, así como para las VBR que tengan un elemento de facilidades seguras.

El protocolo GFC tiene la obligación de manejar diferentes requisitos de retraso y variaciones de retraso.

La comunicación directa de terminal a terminal puede ser posible en una configuración de medios compartidos. Esto requiere de una implementación simétrica del procedimiento GFC.

El protocolo GFC debe ser insensible a la mezcla de tráfico, por ejemplo el número de fuentes CBR o VBR activas o la mezcla de bit rate, así como a los parámetros del sistema como el número de terminales y distancia entre terminales.

Debe ser lo suficientemente fuerte y completo para soportar los problemas de pérdida, inserción errónea o mala información. del GFC.

Una red ATM no proporciona el tipo de control de flujo que se encuentra en una red de paquetes y no tiene la facilidad de guardar las celdas por un periodo de tiempo largo. Por lo tanto no hay necesidad de tener un GFC dentro de una red ATM. El GFC solo controla las terminales que se conectan a una red de usuario.

El procedimiento exacto del GFC no se ha definido aún, sin embargo se han propuesto algunos procedimientos basados en un algoritmo de sucesión conocido gracias a la red DQDB<sup>13</sup>. Se llevaron a cabo algunas modificaciones con el fin de poder manejar tráfico CBR y diferentes topologías de redes de usuario. Otras topologías utilizan una modificación de un protocolo llamado Orwell, para tener control sobre el flujo de celdas de las terminales.

Para poder decidir cual es el "mejor" protocolo, los valores de algunos parámetros tanto del sistema como del tráfico se han analizado, tales como; el número de terminales activas, distancia entre terminales, servicios, bit rates, etc. No obstante, no es posible tomar una decisión basada únicamente en los resultados de dicho análisis. También se deben tomar en cuenta el costo de implementación, así como la confiabilidad.

Las aplicaciones típicas del Servicio ATM son:

- Intercambio de información en tiempo real, dentro del ámbito empresarial.
- Interconexión de Redes de Área Local (LAN) que requieran un gran ancho de banda
- Interconexión de PABX.
- Acceso a Internet de alta velocidad.

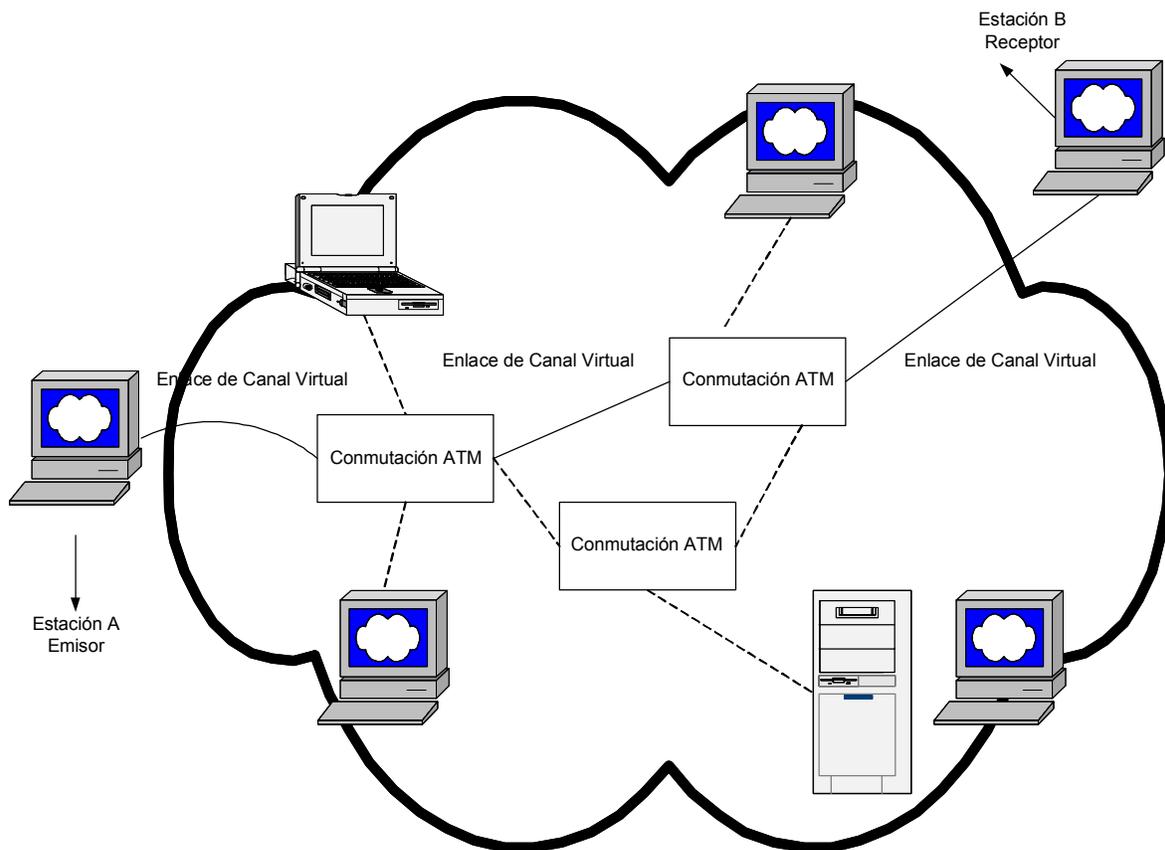
---

<sup>13</sup> DQDB: es una red repetidora que switchea celdas de longitud fija de 53 bytes; por consiguiente, es compatible con el Ancho de Banda ISDN

- Videoconferencia.
- Voz en entorno corporativo con compresión y supresión de silencios
- Distribución de Audio/Vídeo

ATM se considera la única tecnología capaz de integrar todos los servicios disponibles hoy en día con los requisitos esperados de ancho de banda. Esto convierte al Servicio ATM en la mejor solución ante la necesidad de un medio de transporte único con capacidad multiservicio

Por otro lado, cuando se pretende conectar una sola estación a la red ATM, o incluso varias sin que se requiera una comunicación local entre ellas, el uso de un conmutador es extraordinariamente desorbitado, y por el momento sólo un fabricante a ofrecido una solución válida. La solución de INTERPHASE se base en el uso de fibra monomodo para la conexión directa de una estación de trabajo situada hasta 30 Km. de distancia del conmutador de la compañía suministradora de la red pública ATM.



**Fig. 5-i-ATM-Conexión de una estación a una red ATM**

## 5.9 VENTAJAS

Optimización de los costos de telecomunicaciones: Con el Servicio ATM los usuarios podrán transportar simultáneamente, compartiendo los mismos recursos de red, el tráfico perteneciente a múltiples comunicaciones y aplicaciones, y hacia diferentes destinos.

Servicio gestionado extremo a extremo: El proveedor del servicio se ocupa de la configuración, administración, mantenimiento, supervisión y control permanente durante las 24 horas del día, los 365 días del año de los elementos de red.

Tecnología punta y altas prestaciones: Más velocidad, mayor ancho de banda, bajo retardo en la transmisión y soporte de aplicaciones tanto en tiempo real (como voz y vídeo) como aplicaciones menos sensibles al retardo como la transferencia de ficheros, la interconexión de redes de área local o el acceso a Internet.

- Utilización de diferentes clases de servicio para diferentes aplicaciones.
- Soporte de aplicaciones multimedia.

Flexibilidad del servicio: El Servicio ATM es una solución adaptable a las necesidades cambiantes del cliente basada en circuitos virtuales permanentes (CVP). Sobre un interfaz de acceso a la red se pueden establecer simultáneamente múltiples circuitos virtuales permanentes distintos, lo que permite una fácil incorporación de nuevas sedes a la Red de Cliente.

Estándares maduros y consolidados: ATM es un servicio normalizado según los estándares y recomendaciones de UIT-T con lo que queda garantizada la interoperatividad con cualquier otro producto ATM asimismo normalizado.

### 5.9.1 COMPARACIÓN ENTRE ATM Y FRAME RELAY

En concepto ATM es similar a Frame Relay, ambos tienen la ventaja de proporcionar mayor velocidad de transmisión que X.25. En ATM la información está organizada en paquetes de tamaño fijo llamados celdas. Al igual que en Frame Relay, no hay información para el control de errores ni de flujo en las celdas, lo que permite alcanzar altas velocidades. En ATM, el uso de celdas pequeñas de tamaño fijo (53 octetos) ofrece varias ventajas. En primer lugar, permite reducir el retardo en cola para una celda de alta prioridad cuando otra celda está siendo transmitida. En segundo lugar, al ser celdas de tamaño fijo, la conmutación puede ser realizada más eficientemente. Este es un factor importante para obtener tasas de bits tan altas.

## 5.10 TECNOLOGIAS COMPETITIVAS.

Evidentemente, ATM tiene sus limitaciones.

Ya hemos visto la más importante, por el momento, el precio, pero hay que contar con la dificultad de su tecnología, en parte debido a la multitud de servicios para la que ha sido diseñada, pero también es importante reconocer el poco tiempo que ha sido probada, especialmente en grandes redes, y la dificultad para su implementación en los equipamientos de redes actuales, por ser un concepto totalmente diferente.

Y por último, dado que ATM es bueno para muchas cosas, ello no necesariamente implica que sea lo mejor ni lo mas apropiado en cada caso.

En realidad tampoco podemos afirmar que haya tecnologías que compitan, por el momento, con ATM. Y ello es así, en gran medida dado que ATM cubre muchas facetas actuales, y ocurrirá lo mismo con las futuras, muchas emergentes en la actualidad: Fast Ethernet es un claro ejemplo.

Podemos mencionar algunas, sin embargo: SMDS <sup>14</sup>, PTM <sup>15</sup> y en algunos casos Isochronous Ethernet y FDDI-2/FFOL.

---

<sup>14</sup> **SMDS** (Switched Multi-megabit Data Service, o "servicio de conmutación de datos de varios megabits"), es, más que una tecnología, un servicio completo. SMDS permite una comunicación eficiente entre redes LAN, y al mismo tiempo es un servicio público, como las redes de área metropolitana (MAN), que podría sustituir al embrollo de redes privadas intercomunicadas con líneas punto a punto conectando routers remotos.

<sup>15</sup> **PTM** :Packet Transfer Mode o modo de transferencia de paquetes

## 6 IP

### 6.1 INTRODUCCIÓN

Internet no es un nuevo tipo de red física, sino un conjunto de tecnologías que permiten interconectar redes muy distintas entre sí. Internet no es dependiente de la máquina ni del sistema operativo utilizado. De esta manera, podemos transmitir información entre un servidor Unix y un servidor que utilice Windows ó entre plataformas completamente distintas como Macintosh, Alpha o Intel. Es más: entre una máquina y otra generalmente existirán redes distintas: redes Ethernet, redes Token Ring e incluso enlaces vía satélite. Como vemos, está claro que no podemos utilizar ningún protocolo que dependa de una arquitectura física en particular. Lo que estamos buscando es un método de interconexión general que sea válido para cualquier plataforma, sistema operativo y tipo de red. La familia de protocolos que se eligieron para permitir que Internet sea una *Red de redes* es TCP/IP. Nótese aquí que hablamos de familia de protocolos ya que son muchos los protocolos que la integran, aunque en ocasiones para simplificar hablemos sencillamente del protocolo TCP/IP.

El protocolo TCP/IP tiene que estar a un nivel superior del tipo de red empleado y funcionar de forma transparente en cualquier tipo de red. Y a un nivel inferior de los programas de aplicación (páginas WEB, correo electrónico etc) particulares de cada sistema operativo. Todo esto nos sugiere el siguiente modelo de referencia:

<b>Capa de aplicación</b> (http, SMTP, FTP, TELNET...)
<b>Capa de transporte</b> (UDP, TCP)
<b>Capa de red</b> (IP)
<b>Capa de acceso a la red</b> (Ethernet, Token Ring...)
<b>Capa física</b> (cable coaxial, par trenzado...)

**Tabla 6-a—IP-Modelo de Referencia IP**

El nivel más bajo es la capa física. Aquí nos referimos al medio físico por el cual se transmite la información. Generalmente será un cable aunque no se descarta cualquier otro medio de transmisión como ondas o enlaces vía satélite.

La capa de acceso a la red determina la manera en que las computadoras envían y reciben la información a través del soporte físico proporcionado por la capa anterior. Todo a lo que se refiere la transmisión y como funciona este se resuelve en esta capa.

Las dos capas anteriores quedan a un nivel inferior del protocolo TCP/IP, es decir, no forman parte de este protocolo. La capa de red define la forma en que un mensaje se transmite a través de distintos tipos de redes hasta llegar a su destino.

El principal protocolo de esta capa es IP aunque también se encuentran a este nivel los protocolos ARP<sup>1</sup>, ICMP<sup>2</sup> e IGMP<sup>3</sup>. Esta capa proporciona el direccionamiento IP y determina la ruta óptima a través de los enrutadores que debe seguir un paquete desde el origen al destino.

La capa de transporte (protocolos TCP y UDP) ya no se preocupa de la ruta que siguen los mensajes hasta llegar a su destino. Sencillamente, considera que la comunicación extremo a extremo está establecida y la utiliza. Además añade la noción de puertos, como veremos más adelante. Una vez que tenemos establecida la comunicación desde el origen al destino nos queda lo más importante que es la forma de transmisión.

La capa de aplicación nos proporciona los distintos servicios de Internet: correo electrónico, páginas Web, FTP, TELNET...

## 6.2 CAPA DE RED

La familia de protocolos TCP/IP fue diseñada para permitir la interconexión entre distintas redes. El mejor ejemplo de interconexión de redes es Internet: se trata de un conjunto de redes unidas mediante enrutadores.

A continuación veremos un ejemplo de interconexión de 3 redes. Cada computadora tiene una dirección física que viene determinada por su adaptador de red. Estas direcciones se corresponden con la capa de acceso al medio y se utilizan para comunicar dos computadoras que pertenecen a la misma red. Para identificar globalmente una computadora dentro de un conjunto de redes TCP/IP se utilizan las direcciones IP (capa de red). Observando una dirección IP sabremos si pertenece a nuestra propia red o a una distinta (todas las direcciones IP de la misma red comienzan con los mismos números, como veremos más adelante). La tabla 7.2.a muestra la tabla de direccionamiento tanto física como IP del ejemplo anterior:

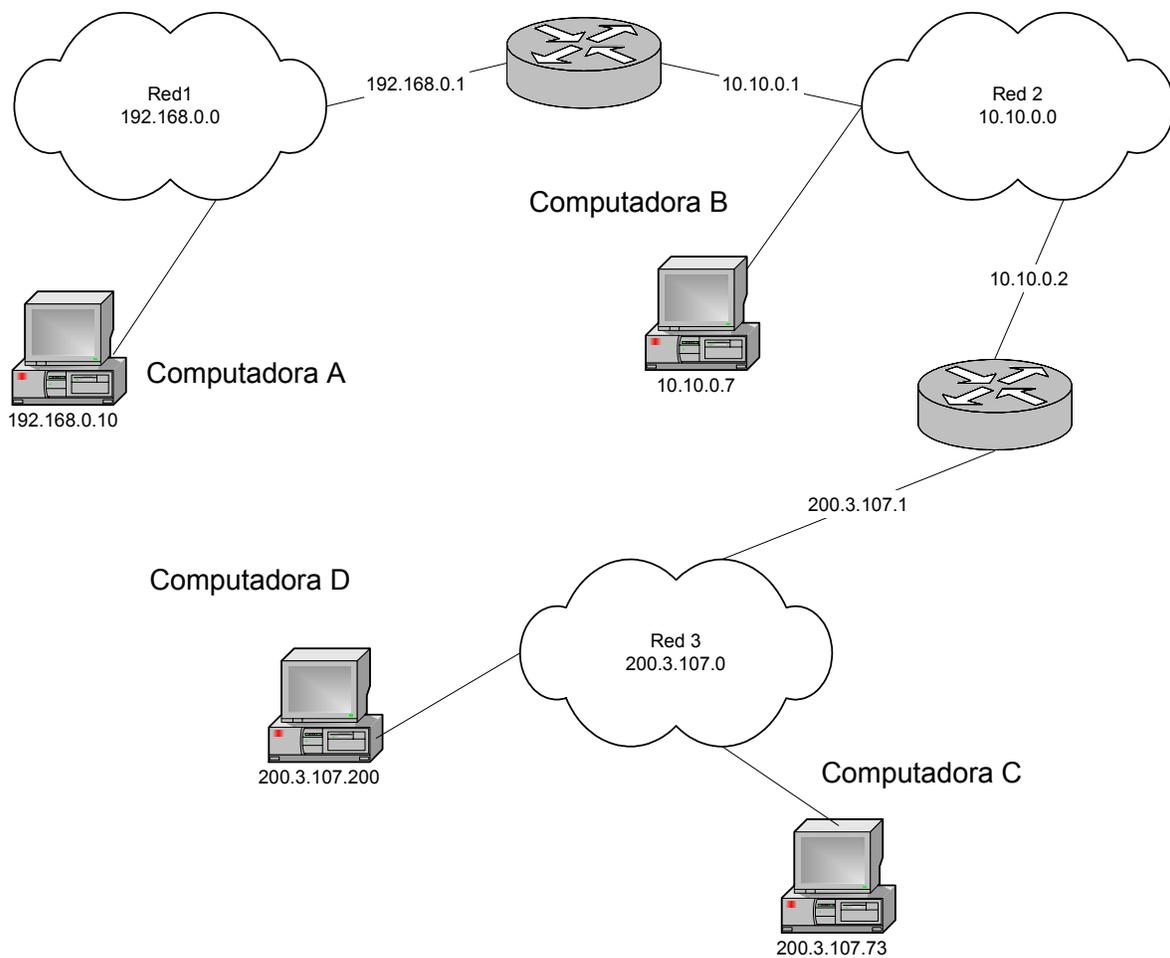
Host	Dirección física	Dirección IP	Red
A	00-60-52-0B-B7-7D	192.168.0.10	Red 1
R1	00-E0-4C-AB-9A-FF	192.168.0.1	
	A3-BB-05-17-29-D0	10.10.0.1	Red 2
B	00-E0-4C-33-79-AF	10.10.0.7	
	B2-42-52-12-37-BE	10.10.0.2	Red 3
R2	00-E0-89-AB-12-92	200.3.107.1	
C	A3-BB-08-10-DA-DB	200.3.107.73	
D	B2-AB-31-07-12-93	200.3.107.200	

Tabla 6-b-IP-Tabla de direccionamiento

<sup>1</sup> ARP :Protocolo de Resolución de Direcciones. Protocolo de Internet que se usa para traducir una dirección IP a una dirección MAC.

<sup>2</sup> ICMP (Internet Control Message Protocol): Protocolo de Mensajes de Control de Internet. Protocolo de Internet de la capa de red que reporta errores y proporciona otra información relevante al procesamiento de paquetes IP.

<sup>3</sup> IGMP: Protocolo de Membresía de Grupos de Internet. Este protocolo es utilizado por los anfitriones IP para reportar sus membresías de grupos de multidifusión a un enrutador de multidifusión cercano.



**Fig. 6-a-IP-Ejemplo de comunicación entre computadoras utilizando IP**

El concepto de red está relacionado con las direcciones IP que se configuren en cada computadora, no con el cableado. Es decir, si tenemos varias redes dentro del mismo cableado solamente las computadoras que permanezcan a una misma red podrán comunicarse entre sí. Para que las computadoras de una red puedan comunicarse con los de otra red es necesario que existan enrutadores que interconecten las redes. Un enrutador no es más que una computadora con varias direcciones IP, una para cada red, que permita el tráfico de paquetes entre sus redes.

La capa de red se encarga de fragmentar cada mensaje en paquetes de datos llamados datagramas IP y de enviarlos de forma independiente a través de la red de redes. Cada datagrama IP incluye un campo con la dirección IP de destino. Esta información se utiliza para enrutar los datagramas a través de las redes necesarias que los hagan llegar hasta su destino.

Nota: Cada vez que visitamos una página web o recibimos un correo electrónico es habitual atravesar un número de redes comprendido entre 10 y 20, dependiendo de la distancia de las computadoras. El tiempo que tarda un datagrama en atravesar 20 redes (20 enrutadores) suele ser inferior a 600 milisegundos.

En el ejemplo anterior, supongamos que la computadora 200.3.107.200 (D) envía un mensaje a la computadora con 200.3.107.73 (C). Como ambas máquinas se encuentran dentro de la misma red IP el mensaje se entregará de forma directa de D a C (concepto que se explicará más adelante).

Sin embargo, si la computadora 200.3.107.200 (D) tuviese que comunicarse con 10.10.0.7 (B), D advertiría que la computadora destino no pertenece a su propia red y enviaría el mensaje al enrutador R2 (es la computadora que le da salida a otras redes). El enrutador entregaría el mensaje de forma directa porque B se encuentra dentro de una de sus redes.

## 6.2.1 DIRECCIONES IP

La dirección IP es el identificador de cada computadora a nivel capa 3 en su red. Cada computadora conectada a una red tiene una dirección IP asignada, la cual debe ser distinta a todas las demás direcciones que estén vigentes en ese momento en el conjunto de redes visibles por la computadora. En el caso de Internet, no puede haber dos computadoras con 2 direcciones IP (públicas) iguales. Pero sí podríamos tener dos computadoras con la misma dirección IP siempre y cuando pertenezcan a redes independientes entre sí (sin ningún camino posible que las comunique).

Las direcciones IP se clasifican en:

- Direcciones IP públicas. Son visibles en todo Internet. Una computadora con una IP pública es accesible (visible) desde cualquier otra computadora conectada a Internet. Para conectarse a Internet es necesario tener una dirección IP pública.
- Direcciones IP privadas (reservadas). Son visibles únicamente por otras computadoras de su propia red o de otras redes privadas interconectadas por el enrutador. Se utilizan en las comunicaciones internas de una empresa. Las computadoras con direcciones IP privadas pueden salir a Internet por medio de un enrutador (o *proxy*) que tenga una IP pública. Sin embargo, desde Internet no se puede acceder a computadoras con direcciones IP privadas.

A su vez, las direcciones IP pueden ser:

- Direcciones IP estáticas (fijas). Una computadora que se conecte a la red con dirección IP estática siempre lo hará con una misma IP. Las direcciones IP públicas estáticas son las que utilizan los servidores de Internet con objeto de que estén siempre localizables por los usuarios de Internet. Estas direcciones hay que solicitarlas al Internic.
- Direcciones IP dinámicas. Una computadora que se conecte a la red mediante dirección IP dinámica, cada vez lo hará con una dirección IP distinta. Las direcciones IP públicas dinámicas son las que se utilizan en las conexiones a Internet mediante un módem. Los proveedores de Internet utilizan direcciones IP dinámicas debido a que tienen más clientes que direcciones IP (es muy improbable que todos se conecten a la vez).

Las direcciones IP están formadas por 4 bytes (32 bits). Se suelen representar de la forma a.b.c.d donde cada una de estas letras es un número comprendido entre el 0 y el 255. Por ejemplo la dirección IP del servidor de IBM ([www.ibm.com](http://www.ibm.com)) es 129.42.18.99.

Para saber el número de direcciones IP que existen calculamos 2 elevado a 32 obtenemos más de 4000 millones de direcciones distintas. Sin embargo, no todas las direcciones son válidas para asignarlas a host.

Las direcciones IP no se encuentran aisladas en Internet, sino que pertenecen siempre a alguna red. Todas las máquinas conectadas a una misma red se caracterizan en que los primeros bits de sus direcciones son iguales. De esta forma, las direcciones se dividen conceptualmente en dos partes: el identificador de red y el identificador de host.

Dependiendo del número de hosts que se necesiten para cada red, las direcciones de Internet se han dividido en las clases primarias A, B y C. La clase D está formada por direcciones que identifican no a un host, sino a un grupo de ellos. Las direcciones de clase E no se pueden utilizar (están reservadas).

	0	1	2	3	4	8	16	24	31	
<b>Clase A</b>	0	red				Host				
<b>Clase B</b>	1	0	red				Host			
<b>Clase C</b>	1	1	0	Red				Host		
<b>Clase D</b>	1	1	1	0	grupo de multicast (multidifusión)					
<b>Clase E</b>	1	1	1	1	(direcciones reservadas: no se pueden utilizar)					

**Tabla 6-c-IP--Direcciones asignadas para cada clase de red**

Clase	Formato (r=red, h=host)	Número de redes	Número de hosts por red	Rango de direcciones de redes	Máscara de subred
<b>A</b>	r.h.h.h	128	16.777.214	0.0.0.0 - 127.0.0.0	255.0.0.0
<b>B</b>	r.r.h.h	16.384	65.534	128.0.0.0 - 191.255.0.0	255.255.0.0
<b>C</b>	r.r.r.h	2.097.152	254	192.0.0.0 - 223.255.255.0	255.255.255.0
<b>D</b>	grupo	-	-	224.0.0.0 - 239.255.255.255	-
<b>E</b>	no válidas	-	-	240.0.0.0 - 255.255.255.255	-

**Tabla 6-d-IP-Características principales de las clases de red**

Difusión (broadcast y multicast).-- El término difusión (broadcast) se refiere a todos los hosts de una red; multicast se refiere a varios hosts (aquellos que se hayan suscrito dentro de un mismo grupo). Siguiendo esta misma terminología, en ocasiones se utiliza el término unicast para referirse a un único host.

## 6.2.2 DIRECCIONES DE IP RESERVADAS

No todas las direcciones comprendidas entre la 0.0.0.0 y la 223.255.255.255 son válidas para un host: algunas de ellas tienen significados especiales. Su interpretación depende del host desde el que se utilicen. Las principales direcciones especiales se resumen en la tabla 6-e:

Bits de red	Bits de host	Significado	Ejemplo
todos 0		Mi propio host	0.0.0.0
todos 0	Host	Host indicado dentro de mi red	0.0.0.10
Red	Todos 0	Red indicada	192.168.1.0
Todos 1		Difusión a mi red	255.255.255.255
Red	Todos 1	Difusión a la red indicada	192.168.1.255
127	cualquier valor válido de host	Loopback (mi propio host)	127.0.0.1

**Tabla 6-e-IP-- Direcciones especiales**

Difusión o broadcasting es el envío de un mensaje a todas las computadoras que se encuentran en una red. La dirección de loopback (normalmente 127.0.0.1) se utiliza para comprobar que los protocolos TCP/IP están correctamente instalados en nuestra propia computadora.

Las direcciones de redes siguientes (tabla 6-f) se encuentran reservadas para su uso en redes privadas (intranets). Una dirección IP que pertenezca a una de estas redes se dice que es una dirección IP privada.

Clase	Rango de direcciones reservadas de redes
<b>A</b>	10.0.0.0
<b>B</b>	172.16.0.0 - 172.31.0.0
<b>C</b>	192.168.0.0 - 192.168.255.0

**Tabla 6-f-IP--Direcciones para redes privadas (Intranets)**

La clasificación de las redes privadas se puede definir de la siguiente manera:

**Intranet.**-- Red privada que utiliza los protocolos TCP/IP. Puede tener salida a Internet o no. En el caso de tener salida a Internet, el direccionamiento IP permite que los hosts con direcciones IP privadas puedan salir a Internet pero impide el acceso a los hosts internos desde Internet. Dentro de una intranet se pueden configurar todos los servicios típicos de Internet (web, correo, mensajería instantánea, etc.) mediante la instalación de los correspondientes servidores.

La idea es que las intranets son como "internets" en miniatura o lo que es lo mismo, Internet es una intranet pública gigantesca.

**Extranet.**-- Unión de dos o más intranets. Esta unión puede realizarse mediante líneas dedicadas (RDSI, X.25, frame relay, punto a punto, etc.) o a través de Internet.

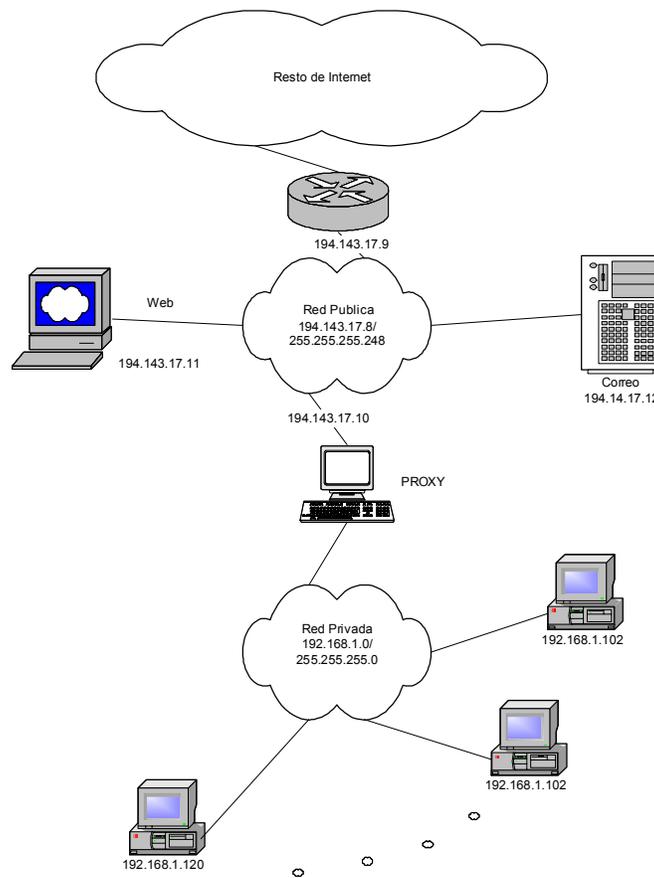
**Internet.**-- La mayor red pública de redes TCP/IP.

Por ejemplo, si estamos construyendo una red privada con un número de computadoras no superior a 254 podemos utilizar una red reservada de clase C. A la primera computadora le podemos asignar la dirección

192.168.23.1, a la segunda 192.168.23.2 y así sucesivamente hasta la 192.168.23.254. Como estamos utilizando direcciones reservadas, tenemos la garantía de que no habrá ninguna máquina conectada directamente a Internet con alguna de nuestras direcciones. De esta manera, no se producirán conflictos y desde cualquiera de nuestras computadoras podremos acceder a la totalidad de los servidores de Internet (si utilizáramos en una computadora de nuestra red una dirección de un servidor de Internet, nunca podríamos acceder a ese servidor).

EJEMPLO: Una empresa dispone de una línea Frame Relay con direcciones públicas contratadas desde la 194.143.17.8 hasta la 194.143.17.15 (la dirección de la red es 194.143.17.8, su dirección de broadcasting 194.143.17.15 y su máscara de red 255.255.255.248). La línea Frame Relay está conectada a un enrutador. Diseñar la red para:

- 3 servidores (de correo, web y proxy)
- 20 computadoras



**Fig. 6-b-IP--Direccionamiento IP para la red propuesta**

Las 20 computadoras utilizan direcciones IP privadas y salen a Internet a través del Proxy. En la configuración de red de cada una de estas 20 computadoras se indicará la dirección "192.168.1.1" en el cuadro "Puerta de enlace". La puerta de enlace (puerta de salida o gateway) es la computadora de nuestra

red que nos permite salir a otras redes. El Proxy tiene dos direcciones IP, una de la red privada y otra de la red pública. Su misión es dar salida a Internet a la red privada, pero no permitir los accesos desde el exterior a la zona privada de la empresa

Los 3 servidores y el enrutador utilizan direcciones IP públicas, para que sean accesibles desde cualquier host de Internet. La puerta de enlace de Proxy, Correo y Web es 194.143.17.9 (enrutador).

Obsérvese que la primera y última dirección de todas las redes son direcciones IP especiales que no se pueden utilizar para asignarlas a hosts. La primera es la dirección de la red y la última, la dirección de difusión o broadcasting. La máscara de subred de cada computadora se ha indicado dentro de su red después de una barra: PC1, PC2,..., PC20 y Proxy (para su IP 192.168.1.1) tienen la máscara 255.255.255.0 y enrutador, Web, Correo y Proxy (para su IP 194.143.17.10), la máscara 255.255.255.248.

### 6.2.3 MÁSCARA DE SUBRED

Una máscara de subred es aquella dirección que enmascarando nuestra dirección IP, nos indica si otra dirección IP pertenece a nuestra subred o no.

La tabla 6-g muestra las máscaras de subred correspondientes a cada clase:

Clase	Máscara de subred
A	255.0.0.0
B	255.255.0.0
C	255.255.255.0

Tabla 6-g-IP-Máscaras de subred para cada clase de red

Si expresamos la máscara de subred de clase A en notación binaria, tenemos:

11111111.00000000.00000000.00000000

red

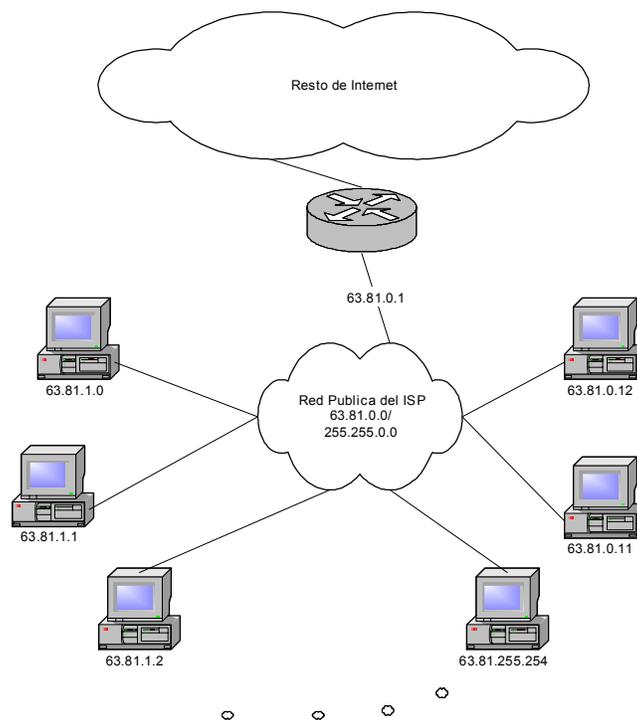
host

Los unos indican los bits de la dirección correspondientes a la red y los ceros, los correspondientes al host. Según la máscara anterior, el primer byte (8 bits) es la red y los tres siguientes (24 bits), el host. Por ejemplo, la dirección de clase A 35.120.73.5 pertenece a la red 35.0.0.0.

En una red de redes TCP/IP no puede haber hosts aislados: todos pertenecen a alguna red y todos tienen una dirección IP y una máscara de subred (si no se especifica se toma la máscara que corresponda a su clase). Mediante esta máscara una computadora sabe si otra computadora se encuentra en su misma subred o en otra distinta. Si pertenece a su misma subred, el mensaje se entregará directamente. En cambio, si los hosts están configurados en redes distintas, el mensaje se enviará a la puerta de salida o enrutador de la red del host origen. Este enrutador pasará el mensaje al siguiente de la cadena y así sucesivamente hasta que se alcance la red del host destino y se complete la entrega del mensaje.

EJEMPLO.- Los proveedores de Internet habitualmente disponen de una o más redes públicas para dar acceso a los usuarios que se conectan por módem. El proveedor va cediendo estas direcciones públicas a sus clientes a medida que se conectan y liberándolas según se van desconectando (direcciones dinámicas). Supongamos que cierto ISP (proveedor de servicios de Internet) dispone de la red 63.81.0.0 con máscara 255.255.0.0. Para uso interno utiliza las direcciones que comienzan por 63.81.0 y para ofrecer acceso a Internet a sus usuarios, las direcciones comprendidas entre la 63.81.1.0 hasta la 63.81.1.254 (las direcciones 63.81.0.0 y 63.81.255.255 están reservadas).

Si un usuario conectado a la red de este ISP tiene la dirección 63.81.1.1 y quiere transferir un archivo al usuario con IP 63.81.1.2, el primero advertirá que el destinatario se encuentra en su misma subred y el mensaje no saldrá de la red del proveedor (no atravesará el enrutador). La figura 6-c muestra la asignación de las direcciones públicas para cada cliente dentro de la red pública.



**Fig. 6-c-IP- Asignación de las direcciones públicas**

Las máscaras 255.0.0.0 (clase A), 255.255.0.0 (clase B) y 255.255.255.0 (clase C) suelen ser suficientes para la mayoría de las redes privadas. Sin embargo, las redes más pequeñas que podemos formar con estas máscaras son de 254 hosts y para el caso de direcciones públicas, su contratación tiene un costo muy alto. Por esta razón suele ser habitual dividir las redes públicas de clase C en subredes más pequeñas. La tabla 6-h muestra las posibles divisiones de una red de clase C.

La división de una red en subredes se conoce como subneteo.

Máscara de subred	Binario	Número de subredes	Núm. de hosts por subred	Ejemplos de subredes (x=a.b.c por ejemplo, 192.168.1)
255.255.255.0	00000000	1	254	x.0
255.255.255.128	10000000	2	126	x.0, x.128
255.255.255.192	11000000	4	62	x.0, x.64, x.128, x.192
255.255.255.224	11100000	8	30	x.0, x.32, x.64, x.96, x.128, ...
255.255.255.240	11110000	16	14	x.0, x.16, x.32, x.48, x.64, ...
255.255.255.248	11111000	32	6	x.0, x.8, x.16, x.24, x.32, x.40, ...
255.255.255.252	11111100	64	2	x.0, x.4, x.8, x.12, x.16, x.20, ...
255.255.255.254	11111110	128	0	ninguna posible
255.255.255.255	11111111	256	0	ninguna posible

**Tabla 6-h-IP- Posibles divisiones de una red de clase C**

Obsérvese que en el caso práctico que explicamos un poco más arriba se utilizó la máscara 255.255.255.248 para crear una red pública con 6 direcciones de hosts válidas (la primera y última dirección de todas las redes se excluyen). Las máscaras con bytes distintos a 0 o 255 también se pueden utilizar para particionar redes de clase A o de clase B, sin embargo no suele ser lo más habitual. Por ejemplo, la máscara 255.255.192.0 dividiría una red de clase B en 4 subredes de 16382 hosts (2 elevado a 14, menos 2) cada una.

## 6.2.4 PROTOCOLO IP

IP es el principal protocolo de la capa de red. Este protocolo define la unidad básica de transferencia de datos entre el origen y el destino, atravesando toda la red de redes. Además, el software IP es el encargado de elegir la ruta más adecuada por la que los datos serán enviados, utilizando un sistema de entrega de paquetes llamados datagramas IP que tiene las siguientes características:

- Es no orientado a conexión debido a que cada uno de los paquetes puede seguir rutas distintas entre el origen y el destino. Entonces pueden llegar duplicados o desordenados.
- Es no fiable porque los paquetes pueden perderse, dañarse o llegar retrasados.

## 6.2.5 FORMATO DEL DATAGRAMA IP

El datagrama IP es la unidad básica de transferencia de datos entre el origen y el destino. Viaja en el campo de datos de las tramas físicas de las distintas redes que va atravesando. Cada vez que un datagrama tiene que atravesar un enrutador, el datagrama saldrá de la trama física de la red que abandona y se acomodará en el campo de datos de una trama física de la siguiente red. Este mecanismo permite que un mismo datagrama IP pueda atravesar redes distintas: enlaces punto a punto, redes ATM, redes Ethernet, redes Token Ring, etc. El propio datagrama IP tiene también un campo de datos en donde viajan los paquetes de las capas superiores. La Tabla 6-i muestra el formato general de un datagrama IP:

0				10				20				30																			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
VERS				HLEN				Tipo de servicio				Longitud total																			
Identificación								Bandrs				Desplazamiento de fragmento																			

TTL	Protocolo	CRC cabecera
Dirección IP origen		
Dirección IP destino		
Opciones IP (si las hay)		Relleno
Datos		

**Tabla 6-i -IP-Formato del datagrama IP**

**Campos del datagrama IP:**

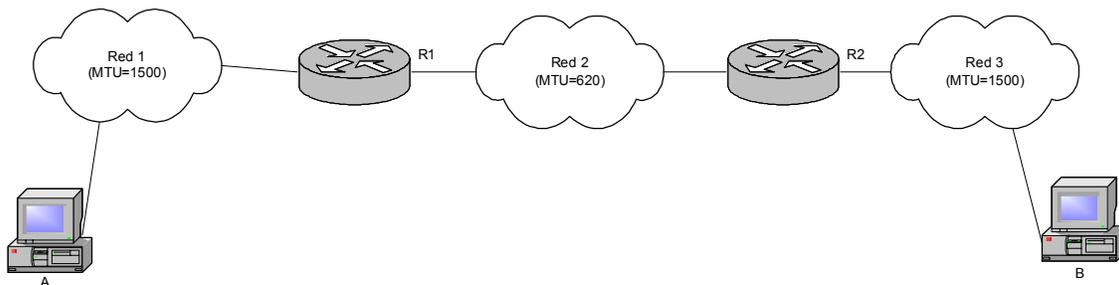
- VERS (4 bits). Indica la versión del protocolo IP que se utilizó para crear el datagrama. Actualmente se utiliza la versión 4 (IPv4) aunque ya se están preparando las especificaciones de la siguiente versión, la 6 (IPv6).
- HLEN (4 bits). Longitud de la cabecera expresada en múltiplos de 32 bits. El valor mínimo es 5, correspondiente a 160 bits = 20 bytes.
- Tipo de servicio (Type Of Service). Los 8 bits de este campo se dividen a su vez en:
  - Prioridad (3 bits). Un valor de 0 indica baja prioridad y un valor de 7, prioridad máxima.
  - Los siguientes tres bits indican cómo se prefiere que se transmita el mensaje, es decir, son sugerencias a los enrutadores que se encuentren a su paso los cuales pueden considerarlas o no.
  - Bit D (Delay). Solicita retardos cortos (enviar rápido).
  - Bit T (Throughput). Solicita un alto rendimiento (enviar mucho en el menor tiempo posible).
  - Bit R (Reliability). Solicita que se minimice la probabilidad de que el datagrama se pierda o resulte dañado (envío correcto de la información).
  - Los siguientes dos bits no tienen uso.
- Longitud total (16 bits). Indica la longitud total del datagrama expresada en bytes. Como el campo tiene 16 bits, la máxima longitud posible de un datagrama será de 65535 bytes.
- Identificación (16 bits). Número de secuencia que junto a la dirección origen, dirección destino y el protocolo utilizado identifica de manera única un datagrama en toda la red. Si se trata de un datagrama fragmentado, llevará la misma identificación que el resto de fragmentos.
- Banderas o indicadores (3 bits). Sólo 2 bits de los 3 bits disponibles están actualmente utilizados. El bit de Más fragmentos (MF) indica que no es el último datagrama. Y el bit de No fragmentar (NF) prohíbe la fragmentación del datagrama. Si este bit está activado y en una determinada red se requiere fragmentar el datagrama, éste no se podrá transmitir y se descartará.
- Desplazamiento de fragmentación (13 bits). Indica el lugar en el cual se insertará el fragmento actual dentro del datagrama completo, medido en unidades de 64 bits. Por esta razón los campos de datos de todos los fragmentos menos el último tienen una longitud múltiplo de 64 bits. Si el paquete no está fragmentado, este campo tiene el valor de cero.
- Tiempo de vida o TTL (8 bits). Número máximo de segundos que puede estar un datagrama en la red de redes. Cada vez que el datagrama atraviesa un enrutador se resta 1 a este número. Cuando llegue a cero, el datagrama se descarta y se devuelve un mensaje ICMP de tipo "tiempo excedido" para informar al origen de la incidencia.
- Protocolo (8 bits). Indica el protocolo utilizado en el campo de datos: 1 para ICMP, 2 para IGMP, 6 para TCP y 17 para UDP.
- CRC cabecera (16 bits). Contiene la suma de comprobación de errores sólo para la cabecera del datagrama. La verificación de errores de los datos corresponde a las capas superiores.

- Dirección origen (32 bits). Contiene la dirección IP del origen.
- Dirección destino (32 bits). Contiene la dirección IP del destino.
- Opciones IP. Este campo no es obligatorio y especifica las distintas opciones solicitadas por el usuario que envía los datos (generalmente para pruebas de red y depuración).
- Relleno. Si las opciones IP (en caso de existir) no ocupan un múltiplo de 32 bits, se completa con bits adicionales hasta alcanzar el siguiente múltiplo de 32 bits , ya que la longitud de la cabecera tiene que ser múltiplo de 32 bits.

### 6.3 FRAGMENTACIÓN

Ya hemos visto que las tramas físicas tienen un campo de datos y que es aquí donde se transportan los datagramas IP. Sin embargo, este campo de datos no puede tener una longitud indefinida debido a que está limitado por el diseño de la red. El MTU de una red es la mayor cantidad de datos que puede transportar su trama física. El MTU de las redes Ethernet es 1500 bytes y el de las redes Token-Ring, 8192 bytes. Esto significa que una red Ethernet nunca podrá transportar un datagrama de más de 1500 bytes sin fragmentarlo.

Un enrutador fragmenta un datagrama en varios si el siguiente tramo de la red por el que tiene que viajar el datagrama tiene un MTU inferior a la longitud del datagrama. Veamos con el siguiente ejemplo cómo se produce la fragmentación de un datagrama.



**Fig. 6-d-IP-Ejemplo de Fragmentación de un Datagrama**

Supongamos que el host A envía un datagrama de 1400 bytes de datos (1420 bytes en total) al host B. El datagrama no tiene ningún problema en atravesar la red 1 ya que  $1420 < 1500$ . Sin embargo, no es capaz de atravesar la red 2 ( $1420 \geq 620$ ). El enrutador R1 fragmenta el datagrama en el menor número de fragmentos posibles que sean capaces de atravesar la red 2. Cada uno de estos fragmentos es un nuevo datagrama con la misma Identificación pero distinta información en el campo de Desplazamiento de fragmentación y el bit de Más fragmentos (MF). Veamos el resultado de la fragmentación:

**Fragmento 1:** Long. total = 620 bytes; Desp = 0; MF=1 (contiene los primeros 600 bytes de los datos del datagrama original)

**Fragmento 2:** Long. total = 620 bytes; Desp = 600; MF=1 (contiene los siguientes 600 bytes de los datos del datagrama original)

**Fragmento 3:** Long. total = 220 bytes; Desp = 1200; MF=0 (contiene los últimos 200 bytes de los datos del datagrama original)

El enrutador R2 recibirá los 3 datagramas IP (fragmentos) y los enviará a la red 3 sin reensamblarlos. Cuando el host B reciba los fragmentos, recompondrá el datagrama original. Los enrutadores intermedios no reensamblan los fragmentos debido a que esto supondría una carga de trabajo adicional, a parte de memorias temporales.

La computadora destino puede recibir los fragmentos cambiados de orden pero esto no supondrá ningún problema para el reensamblado del datagrama original puesto que cada fragmento guarda suficiente información.

Si el datagrama del ejemplo hubiera tenido su bit No fragmentar (NF) a 1, no hubiera conseguido atravesar el enrutador R1 y, por tanto, no tendría forma de llegar hasta el host B. El enrutador R1 descartaría el datagrama.

### 6.3.1 PROTOCOLO ARP

Dentro de una misma red, las máquinas se comunican enviándose tramas físicas. Las tramas Ethernet contienen campos para las direcciones físicas de origen y destino (6 bytes cada una):

8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	64-1500 bytes	4 bytes
Preámbulo	Dirección física destino	Dirección física origen	Tipo de trama	Datos de la trama	CRC

**Tabla 6-j -IP- Estructura de la trama Ethernet**

Uno de los problemas que se nos podrían presentar en este caso es el cómo poder conocer la dirección física de la máquina destino si el único dato que se indica en los datagramas es la dirección IP de destino, es decir, necesitamos obtener la dirección física de una computadora a partir de su dirección IP. Para ello existe el protocolo ARP (Address Resolution Protocol, protocolo de resolución de direcciones).

Nota: El protocolo ARP está definido en la RFC 826<sup>4</sup>

Host	Dirección física	Dirección IP	Red
<b>A</b>	00-60-52-0B-B7-7D	192.168.0.10	Red 1
<b>R1</b>	00-E0-4C-AB-9A-FF	192.168.0.1	
	A3-BB-05-17-29-D0	10.10.0.1	Red 2
<b>B</b>	00-E0-4C-33-79-AF	10.10.0.7	
<b>R2</b>	B2-42-52-12-37-BE	10.10.0.2	Red 3
	00-E0-89-AB-12-92	200.3.107.1	
<b>C</b>	A3-BB-08-10-DA-DB	200.3.107.73	Red 3
<b>D</b>	B2-AB-31-07-12-93	200.3.107.200	

**Tabla 6-k -IP-Tabla de direccionamiento**

Vamos a retomar el ejemplo mostrado en la parte 7.2 de este capítulo. El host A envía un datagrama con origen 192.168.0.10 y destino 10.10.0.7 (B). Como el host B se encuentra en una red distinta al host A, el

<sup>4</sup> RFC 826 (Ethernet Address Resolution): Formato de las direcciones Ethernet

datagrama tiene que atravesar el enrutador 192.168.0.1 (R1). Se necesita conocer la dirección física de R1.

Es entonces cuando entra en funcionamiento el protocolo ARP: A envía un mensaje ARP a todas las máquinas de su red preguntando "¿Cuál es la dirección física de la máquina con dirección IP 192.168.0.1?". Entonces la máquina con dirección 192.168.0.1 (R1) se da cuenta que la pregunta está dirigida a ella y responde a A con su dirección física (00-E0-4C-AB-9A-FF). Entonces A envía una trama física con origen 00-60-52-0B-B7-7D y destino 00-E0-4C-AB-9A-FF conteniendo el datagrama (origen 192.168.0.10 y destino 10.10.0.7). Al otro lado del router R2 se repite de nuevo el proceso para conocer la dirección física de B y entregar finalmente el datagrama a B. El mismo datagrama ha viajado en dos tramas físicas distintas, una para la red 1 y otra para la red 2.

Observemos que las preguntas ARP son de difusión, es decir, se envían a todas las máquinas. Estas preguntas llevan además la dirección IP y dirección física de la máquina que pregunta. La respuesta se envía directamente a la máquina que formuló la pregunta.

### 6.3.2 CIDR ( Classless Inter-Domain Routing)

El uso de un rango de direcciones de clase C en vez de una sola de clase B acarrea un gran problema, ya que cada red tiene que ser direccionada por separado.

El encaminamiento IP estándar sólo comprende las clases A, B y C. Dentro de cada uno de estos tipos de red, se puede usar "subnetting" para proporcionar una mejor asignación del espacio de direcciones en cada red, pero no hay forma de especificar que existe una relación real entre múltiples redes de clase C. El resultado de esto se denomina el problema de la *explosión de la tabla de enrutamiento*: una red de clase B de 3000 host requiere una entrada en la tabla de enrutamiento para cada enrutador troncal, pero si la misma red se dividiera en un rango de redes de clase C, requeriría 16 entradas.

La solución a este tipo de problemas esta dada por un método llamado CIDR( Classless Inter-Domain Routing ). El CIDR es un protocolo propuesto como estándar con estado electivo.

El CIDR no depende de la clase del número de red (de ahí el término *classless*: sin clase) sino de los bits de orden superior de la dirección IP denominado prefijo IP. Cada entrada de enrutamiento CIDR contiene una dirección IP de 32 bits y una máscara de red de 32 bits, que en conjunto dan la longitud y valor del prefijo IP. Esto se puede representar como `dir_IP máscara_red`. Por ejemplo, `<194.0.0.0 254.0.0.0` representa el prefijo de 7 bits `B'1100001'`. CIDR maneja el enrutamiento para un grupo de redes con un prefijo común con una sola entrada de enrutamiento. Esta es la razón por la que múltiples números de red de clase C asignados a una sola organización tienen un prefijo común. Al proceso de combinar múltiples redes en una sola entrada se le llama *agregación de direcciones* o *reducción de direcciones*.

A diferencia de las máscaras de subred, que normalmente son contiguas pero pueden tener una parte local no contigua, las máscaras de superred son siempre contiguas

Si se representan las direcciones IP con una árbol que muestre la topología de enrutamiento, donde cada hoja del árbol significa un grupo de redes que se consideran como una sola unidad y el esquema de direccionamiento IP se elige de modo que cada bifurcación del árbol corresponda a un incremento en la longitud del prefijo IP, entonces el CIDR permite realizar la *agregación de direcciones* muy

eficientemente. Por ejemplo, si un enrutador en Norteamérica enruta todo el tráfico europeo a través de un único enlace, entonces una sola entrada de enrutamiento para <194.0.0.0 254.0.0.0 incluye el grupo de direcciones de redes de clase C asignadas a Europa. Esta única entrada toma el lugar de todas las entradas de los números de red asignados, que son un máximo de  $2^{\text{exp}17}$ , o 131,072. En el extremo europeo del enlace, hay entradas de enrutamiento con prefijos más largos que mapean la topología de la red europea, pero esta información de enrutamiento no hace falta en el extremo americano.

La filosofía de CIDR es "la mejor aproximación es la que tiene más aciertos", de modo que si los US necesitan hacer una excepción para un rango de direcciones, como por ejemplo las 64 redes <195.1.64.0 255.555.192.0>, necesita sólo una entrada adicional, que en la tabla de enrutamiento se superpone a otras entradas más generales (más cortas) de las redes que contiene. De este ejemplo se hace evidente que a medida que aumenta el uso del espacio de direcciones IP, particularmente de las de clase C, los beneficios de CIDR aumentan por igual, siempre que la asignación de direcciones siga la topología de la red. El estado actual del espacio de direcciones IP no sigue este esquema ya que el desarrollo de CIDR fue posterior, sin embargo, se están asignando nuevas direcciones de clase C de tal modo que sean compatibles con CIDR, lo que debería resolver el problema de la explosión de las tablas de enrutamiento a corto plazo. A largo plazo, puede que sea necesaria una reestructuración del espacio de direcciones IP siguiendo pautas topológicas.

Esto supondría tener que reenumerar un gran número de redes, implicando un enorme trabajo de implementación, por lo que se trataría de un proceso gradual

Asumir que la topología de enrutamiento se puede representar con un simple árbol es un exceso de simplificación; aunque la mayoría de los dominios de enrutamiento tienen un sólo enlace que proporciona acceso al resto de Internet, hay también muchos dominios con enlaces múltiples. Es más, la topología no es estática. No sólo se unen nuevas organizaciones a un ritmo creciente, sino que las ya existentes pueden cambiar partes de su topología, por ejemplo, si cambian de proveedor de servicios por razones comerciales o de otra índole. Aunque estos casos complican la implementación práctica del enrutamiento basado en CIDR y reducen la eficiencia de la agregación de direcciones que se puede conseguir, la estrategia no deja de ser válida.

Las políticas actuales para la distribución de direcciones de Internet y las suposiciones en las que se basan se describen en el RFC 1518<sup>5</sup>. Estas se pueden resumir de la siguiente manera:

- La asignación de direcciones IP refleja la topología física de la red y no de la organización; las restricciones organizacionales y administrativas no deberían usarse en la asignación de direcciones IP cuando no se ajusten a la topología de la red.
- En general, la topología de la red seguirá de cerca los límites continentales y nacionales, y por tanto las direcciones IP se deberían asignar partiendo de esta base.
- Habrá un número relativamente pequeño de redes que transportarán una elevada cantidad de tráfico entre dominios de enrutamiento y que estarán conectadas de modo no jerárquico, traspasando los límites nacionales. Estas redes se denominan TRDs<sup>6</sup>. Cada TRD tendrá un prefijo IP unívoco. En general, los TRDs no se organizarán jerárquicamente. Sin embargo, cuando un

---

<sup>5</sup> RFC 1518 - Arquitectura para la distribución de direcciones IP con CIDR.

<sup>6</sup> TRD : Transit Routing Domains

TRD se halle por completo dentro de los límites continentales, su prefijo IP debería ser una extensión del prefijo IP continental.

- Habrá organizaciones con enlaces a otras organizaciones que son para su uso privado y que no transportarán tráfico dirigido a otros dominios (tráfico de tránsito). Estas conexiones privadas no tienen un efecto significativo sobre la topología de red y pueden ser ignoradas.

Nota: Esto implica que si una organización cambia su proveedor de servicios de Internet, debería cambiar todas sus direcciones IP. Esto no es lo habitual, pero es probable que la difusión de CIDR lo convierta en una práctica mucho más común.

- Hay una serie de esquemas de asignación de direcciones que se pueden usar con dominios "multi-homed":
  - El uso de un único prefijo IP para el dominio. Los enrutadores externos deben tener una entrada para la organización que se halla parcial o totalmente fuera de la jerarquía normal. Donde un dominio sea "multi-homed", pero todos los TRDs conectados estén topológicamente cerca, sería apropiado que el prefijo IP del dominio incluyese los bits comunes a todos los TRDs conectados. Por ejemplo, si todos los TRDs estuvieran totalmente dentro de los Estados Unidos, un prefijo IP indicando exclusivamente un dominio de Norteamérica sería lo adecuado.
  - El uso de un prefijo IP para cada TRD conectado, con hosts en el dominio que tengan direcciones IP que contengan el prefijo del TRD más apropiado. La organización da la impresión de ser un conjunto de dominios de enrutamiento.
  - Asignar un prefijo IP de uno de los TRDs conectados. Este TRD se convierte en un TRD por defecto para el dominio, aunque otros dominios pueden enlutar explícitamente sus mensajes por uno de los TRDs alternativos.
  - El uso de prefijos IP para referirse a conjuntos de dominios "multi-homed" con conexiones a TRDs. Por ejemplo, puede haber un prefijo IP que se refiera a dominios "single-homed" conectados a la red A, uno que se refiera a dominios "single-homed" conectados a la red B y uno para los dominios conectados a A y a B.

## 7 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

### 7.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED EMPRESARIAL

La empresa mexicana Leche y Derivados “La Vaquita de México”, es una empresa que esta formada por 5 sitios principales establecidos dentro de la República Mexicana:

- 2 sitios ubicados en la ciudad de Monterrey
- 1 sitio ubicado en Guadalajara y
- 2 sitios ubicados en la Ciudad de México

La empresa necesita establecer una conexión entre los 5 sitios principales de manera que la transmisión sea lo más óptima, rápida y económica posible.

Cada sitio en particular consta de un cierto número de equipos terminales, computadoras, que requieren, de igual forma, una conexión entre ellas mismas y entre ellas e Internet. El número de equipos por sitio se resume de la siguiente tabla:

Número de Nodo	Nodo	Número de equipos terminales (Computadoras)
1	Ciudad de México	35
2	Ciudad de México	18
1	Monterrey	39
2	Monterrey	12
1	Guadalajara	26

**Tabla 7-a- Equipos terminales por sitio**

Definiendo la matriz de tráfico entre sitios:

Nodo 1 - Nodo 2	México Nodo 1	México Nodo 2	Monterrey Nodo 1	Monterrey Nodo2	Guadalajara
México Nodo 1	NA	110 Kbps	180 Kbps	70 Kbps	120 Kbps
México Nodo 2	110 Kbps	NA	120 Kbps	50 Kbps	100 Kbps
Monterrey Nodo 1	180 Kbps	120 Kbps	NA	80 Kbps	150 Kbps
Monterrey Nodo 2	70 Kbps	50 Kbps	80 Kbps	NA	90 Kbps
Guadalajara	120 Kbps	100 Kbps	150 Kbps	90 Kbps	NA

**Tabla 7-b-Tabla de Tráfico entre sitios**

Utilizando 3 diferentes tecnologías existentes en el mercado de las telecomunicaciones para el diseño de redes de datos y de acuerdo con las necesidades principales de la empresa, se debe buscar la forma más adecuada y económica de implementación de la red principal de acuerdo a los siguientes casos:

- a) Si la empresa no requiere conexión a Internet
- b) Si la empresa requiere conexión a Internet

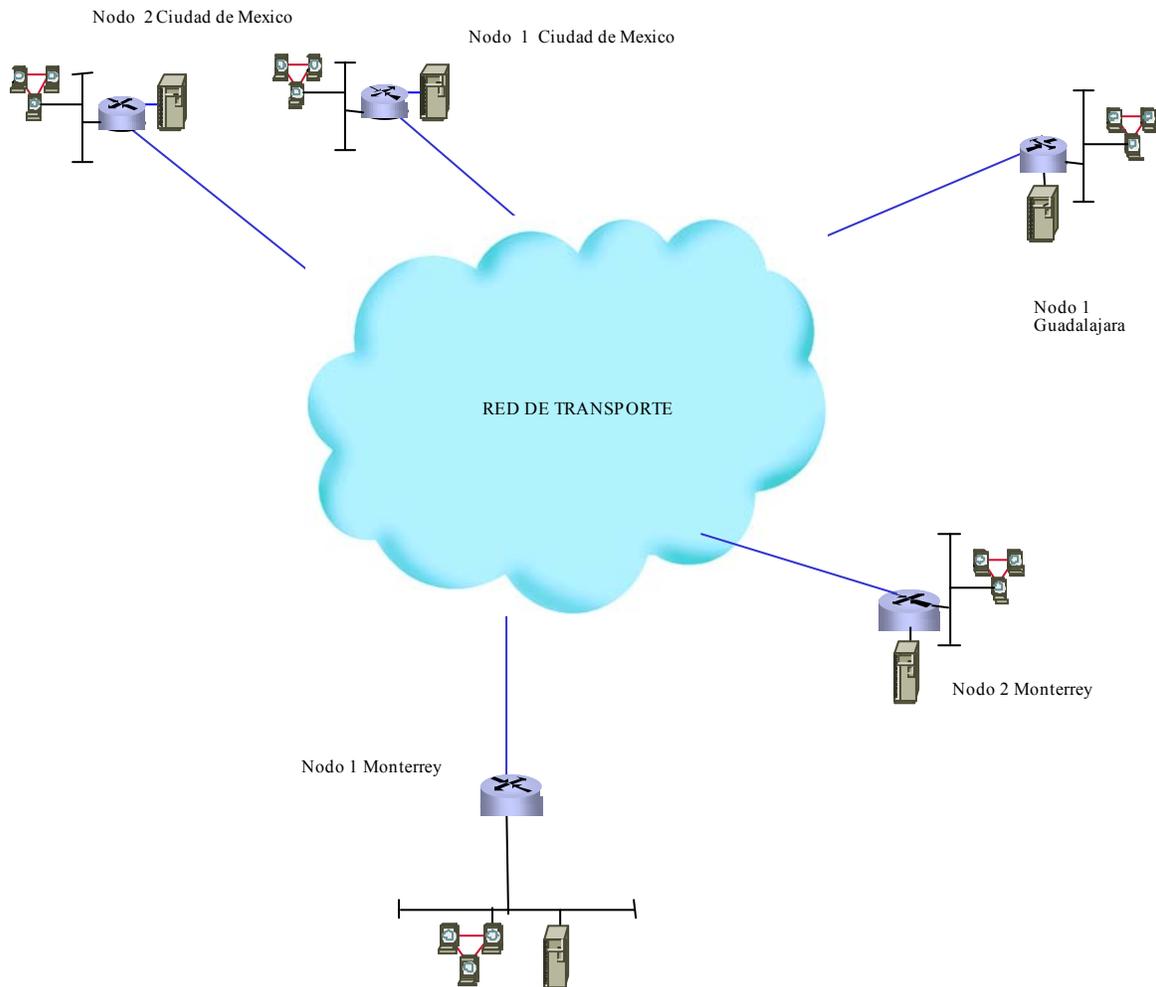
## 7.2 NECESIDADES PRINCIPALES DE LA EMPRESA

- La empresa solo requiere la transmisión de datos entre los 5 sitios
- El ancho de banda de los enlaces entre sitios debe ser determinado considerando que cada sitio transmite el tráfico correspondiente entre el y cada uno de los 4 sitios restantes al mismo tiempo.
- La información transferida entre sitios es confidencial e importante para la empresa, por lo que se deben considerar algunos aspectos relacionados con la seguridad dentro de la red, tanto en la entrega como en la distribución íntegra de la información.
- El corporativo principal de la empresa se encuentra localizado en el sitio 1 de la ciudad de Monterrey, definiéndose así como el nodo principal de la red empresarial.
- La velocidad de transmisión con la que contara la información transmitida es otro de los requisitos principales que la empresa exige en cuanto a el diseño de la red, sin embargo, esto no significa que la empresa quiera invertir una suma importante de dinero para cubrir este aspecto.
- El acceso a Internet no es muy importante para la empresa, sin embargo, la empresa esta dispuesta a tomar en cuenta las ventajas y desventajas que este servicio le ofrecería para lograr un mejor desarrollo empresarial.
- Finalmente la empresa cuenta con cierto presupuesto destinado al diseño e implementación de la red, por lo que busca la forma más económica de lograr una implementación adecuada a sus necesidades.

### 7.3 ESQUEMA FÍSICO DE LA RED

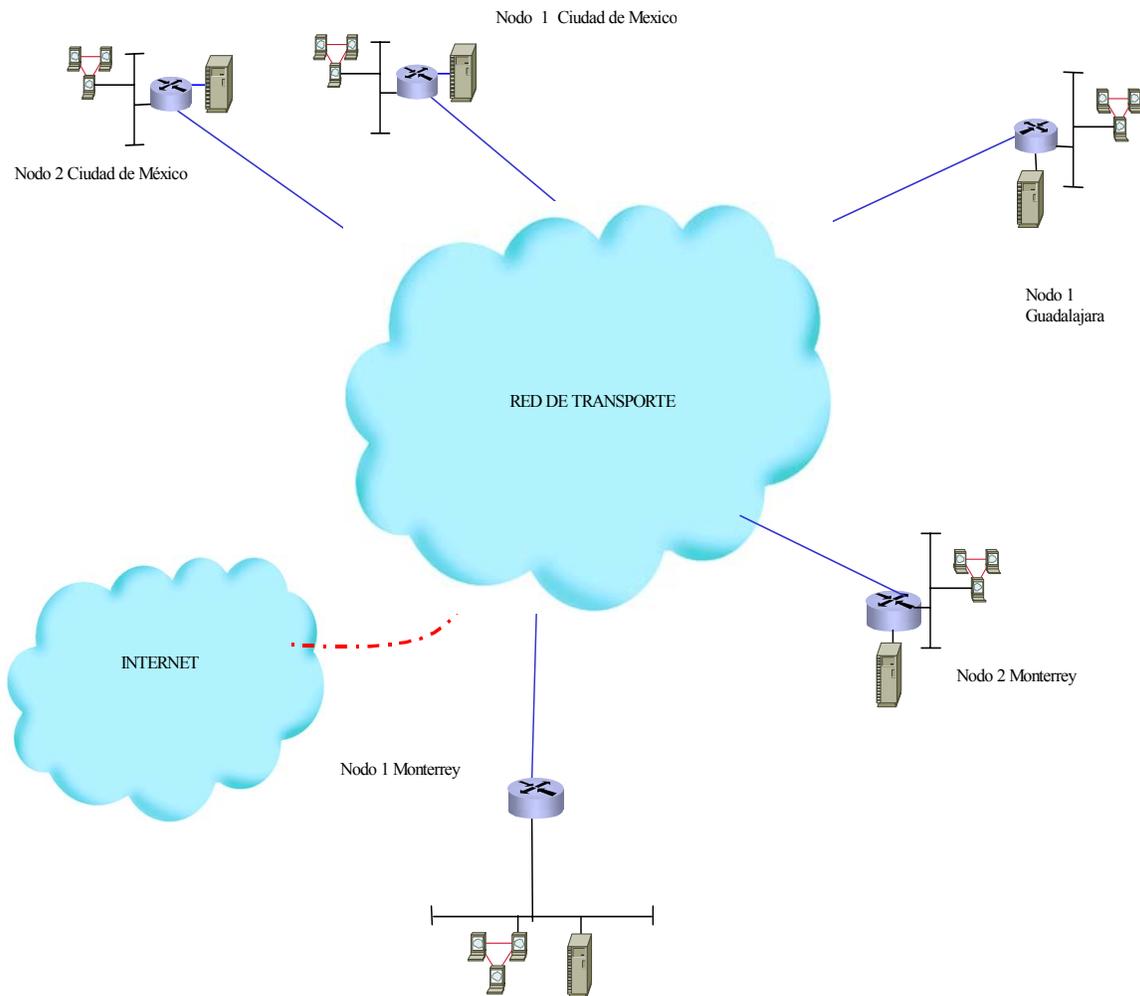
La empresa presenta el siguiente esquema físico de ubicación de cada uno de los sitios dentro de la red principal

a) Si la empresa no requiere conexión a Internet



**Fig 7-a- Esquema Físico de la Red sin conexión a Internet**

b) Si la empresa requiere conexión a Internet



**Fig 7-b Esquema Físico de la Red con conexión a Internet**

## 7.4 TOPOLOGIA PRINCIPAL DE LA RED

Antes de hacer la implementación de la red sobre cualquier tecnología, se debe definir la topología que determine la ruta o camino mas adecuada que debe seguir la información transmitida por cada uno de los sitios.

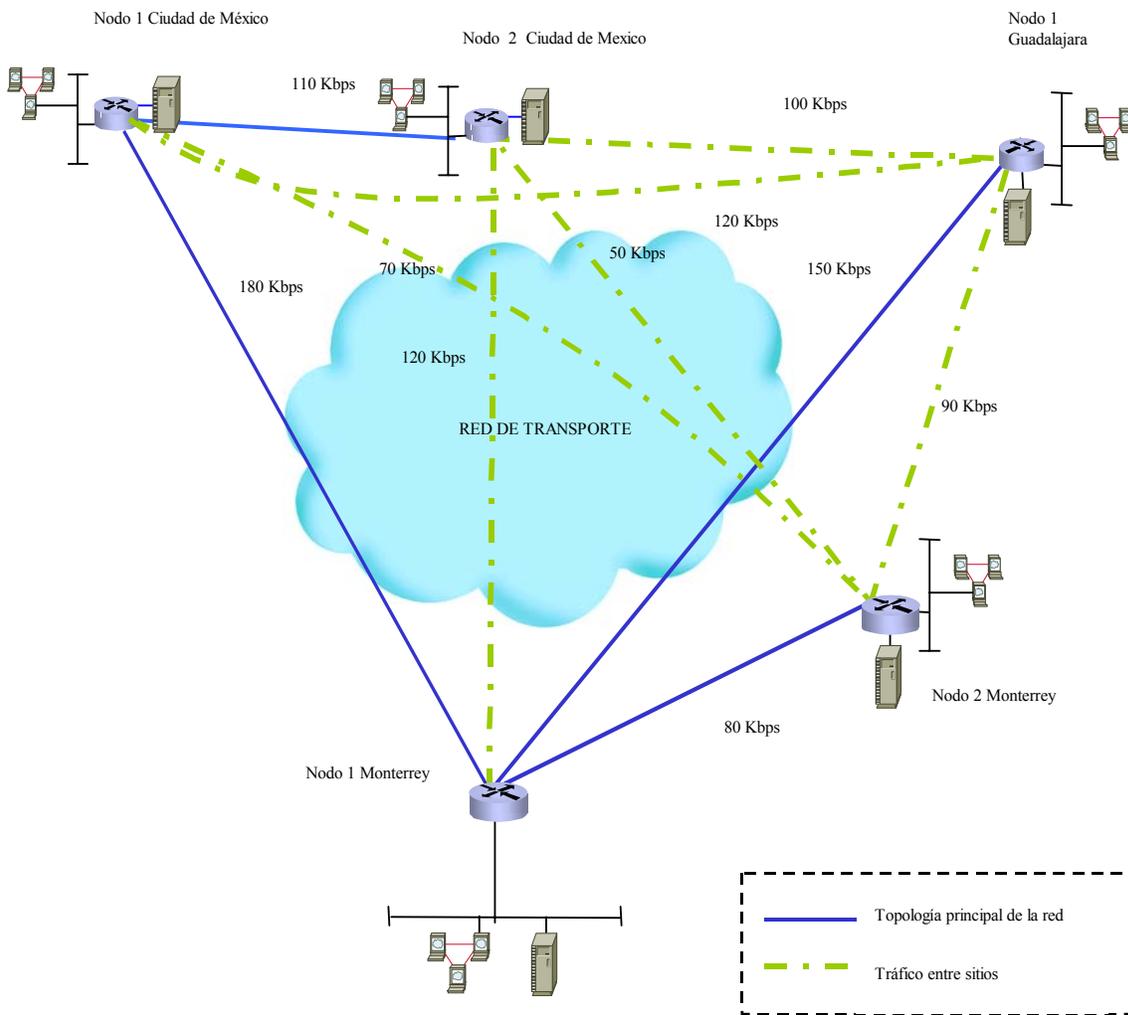
La topología de la red debe de tratar de optimizar lo mas posible los recursos de la empresa , por lo que se debe de hacer una analisis completo de cuales son los recursos con los que se cuentan y cuales son los sitios mas importantes dentro de la empresa.

En este caso ,la empresa requiere que cada uno de sus sitios transmita solo datos y que el tráfico total enviado por cada uno de ellos a cualquiera de los 4 sitios restantes sea transmitido de forma simultanea .

Con el objetivo de reducir los costos por concepto de renta de enlaces de larga distancia, se ha decidido conectar localmente a las oficinas que se encuentren dentro de una misma ciudad, y de los equipos así interconectados, escoger sólo uno para su conexión a sitios ubicados en otras ciudades.

Este último sitio deberá ser aquel que tenga la mayor cantidad de tráfico generado hacia otras ciudades.

La topología resultante se muestra en la siguiente figura:



**Fig 7-c Topología Principal de la Red**

Una vez definida la topología, es necesario dimensionar el ancho de banda que tendrá cada uno de los enlaces, el cuál se calculará a partir de la matriz de tráfico mostrada en al inicio de este capítulo, considerando que siempre se tendrá una transmisión simultánea entre todos los sitios:

Punta A	Punta B	Ancho de banda requerido	Ancho de banda comercial
México Nodo 1	México Nodo 2	380 Kbps	384 Kbps
México Nodo 1	Monterrey Nodo 1	760 Kbps	1024 Kbps
Monterrey Nodo 1	Monterrey Nodo 2	290 Kbps	384 Kbps
Monterrey Nodo 1	Guadalajara	460 Kbps	512 Kbps

**Tabla 7-c- Ancho de banda requerido para cada enlace entre sitios<sup>1</sup>**

Con la información anterior, se comenzará el análisis de costos de implementación usando PDH, Frame Relay y ATM.

---

<sup>1</sup> Los anchos de banda mostrados en la última columna son los existentes en el mercado. Por ejemplo, para la conexión entre los nodos México 1 y 2, sólo se requieren 380 Kbps, sin embargo la opción comercial más cercana que cumpliera el requerimiento fue la de 384 Kbps.

## 8 DISEÑO FÍSICO DE LA RED: TOPOLOGIA WAN

- **Caso 1: Comunicación solo entre sitios**

En este capítulo se analizará el diseño físico de la red utilizando 3 diferentes tecnologías, PDH, Frame Relay y ATM, de tal forma que al final del capítulo se pueda establecer una comparación entre las 3 para poder elegir a la que haga más eficiente, óptima y barata la comunicación entre sitios de acuerdo a las necesidades de la empresa.

### 8.1 IMPLEMENTACION DE LA RED UTILIZANDO PDH (ENLACES DEDICADOS)

En esta parte se hará el análisis económico que implica la implementación de nuestra red utilizando enlaces dedicados (PDH)

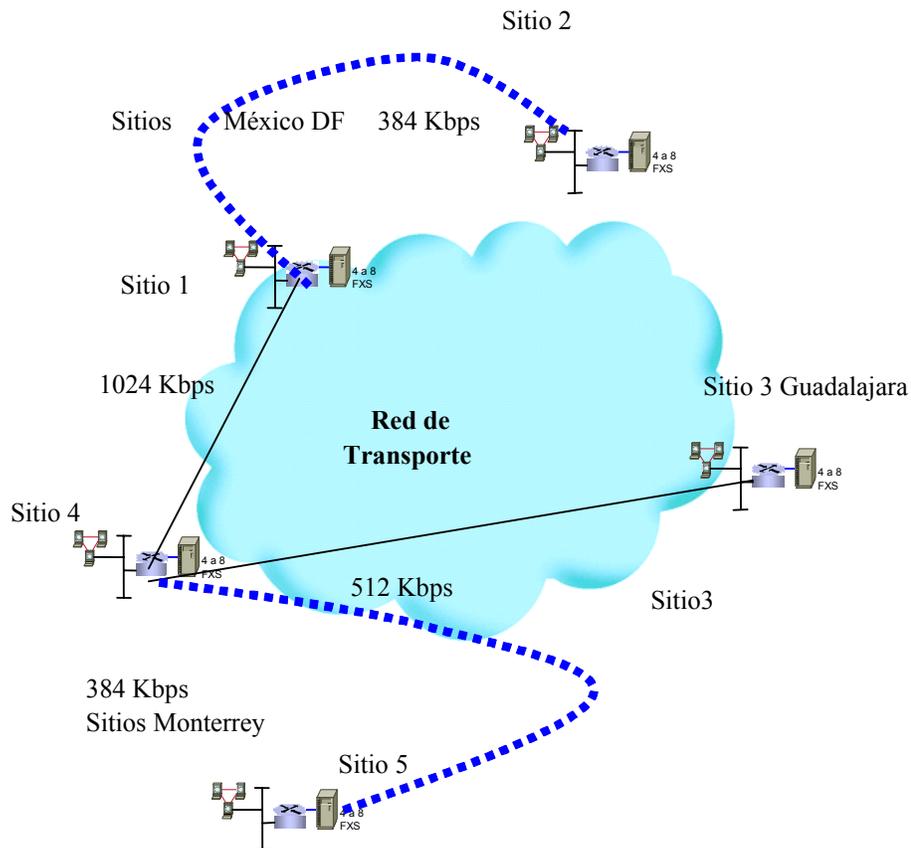
#### PDH

La empresa tiene 5 sitios remotos (2 en Monterrey, 1 en Guadalajara y 2 en la Ciudad de México) sin embargo, el corporativo principal de la empresa está ubicado en el sitio 1 de la ciudad de Monterrey.

#### 8.1.1 CARACTERISTICAS DE IMPLEMENTACION

- Se tiene 5 sitios en la República.
- Todos los sitios se conectarán de acuerdo a la topología principal, definida en el capítulo 9
- Los sitios ubicados dentro de una misma ciudad, se conectarán usando enlaces locales
- Para que Guadalajara se comunique con México necesitará pasar por Monterrey dado que es nuestro nodo central.
- Para todos los enlaces entre ciudades necesitamos contar los enlaces locales y los de larga distancia es decir, se requieren 2 tramos locales y un enlace de larga distancia y esto es porque para comunicarse a larga distancia primero se hace un tramo local luego se hace un enlace larga distancia y finalmente se realiza otro tramo local.

La topología de la red quedaría de la siguiente manera:



**Fig. 8- a-Esquema PDH**

### 8.1.2 ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos se realizaron tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se tomo en cuenta para los enlaces entre los sitios ubicados en diferentes ciudades, 2 tramos locales y un enlace de larga distancia como se había explicado anteriormente.

Para los enlaces entre los sitios locales (ubicados en la misma ciudad), se tomaron en cuenta 2 tramos locales. Para los enlaces de larga distancia se tomo en cuenta los kilómetros que se tiene una ciudad contra otro dado que el precio varía según la distancia.

Haciendo una consulta de los precios que una empresa mexicana ofrece en servicios de enlaces digitales se obtuvo la siguiente cotización:

ENLACE NODO MTY 1-NODO MEX 1	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA AL NODO CENTRAL	CONTRATACION	RENTA Y SERVICIO
Lada Enlace	Local	1024 Kbps		\$ 58,086.00	\$ 4,406.00
Lada Enlace	Local	1025 Kbps		\$ 58,086.00	\$ 4,406.00
Larga Distancia	Dorsal	1026 Kbps	696 kms	\$ 7,522.00	\$ 62,249.00
ENLACE NODO MTY 1- NODO GDL	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA AL NODO CENTRAL	CONTRATACION	RENTA Y SERVICIO
Lada Enlace	Local	512 Kbps		\$ 45,178.00	\$ 3,331.00
Lada Enlace	Local	512 Kbps		\$ 45,178.00	\$ 3,331.00
Larga Distancia	Dorsal	512 Kbps	632 Kms	\$ 6,448.00	\$ 38,209.00
ENLACE NODO MEX 1- NODO MEX 2	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA AL NODO CENTRAL	CONTRATACION	RENTA Y SERVICIO
Lada Enlace	Local	384 Kbps	NA	\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
Lada Enlace	Local	384 Kbps	NA	\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
ENLACE NODO MTY 1- NODO MTY 2	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA AL NODO CENTRAL	CONTRATACION	RENTA Y SERVICIO
Lada Enlace	Local	384 Kbps	NA	\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
Lada Enlace	Local	384 Kbps	NA	\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 375,394.00</b>	<b>\$ 127,536.00</b>

**Tabla 8- a-Costos por esquema PDH**

## 8.2 IMPLEMENTACION DE LA RED UTILIZANDO FRAME RELAY

En este parte se hará el análisis económico que implica la implementación de nuestra red utilizando Frame Relay.

### FRAME RELAY

La empresa tiene 5 sitios remotos (2 en Monterrey, 1 en Guadalajara y 2 en la Ciudad de México) sin embargo, el corporativo principal de la empresa esta ubicado en el sitio 1 de la ciudad de Monterrey Para poder obtener la implementación más óptima, eficiente y económica posible, se realizará el análisis de 2 casos diferentes:

- a) Si se conectan los 5 sitios remotos usando sólo enlaces Frame Relay

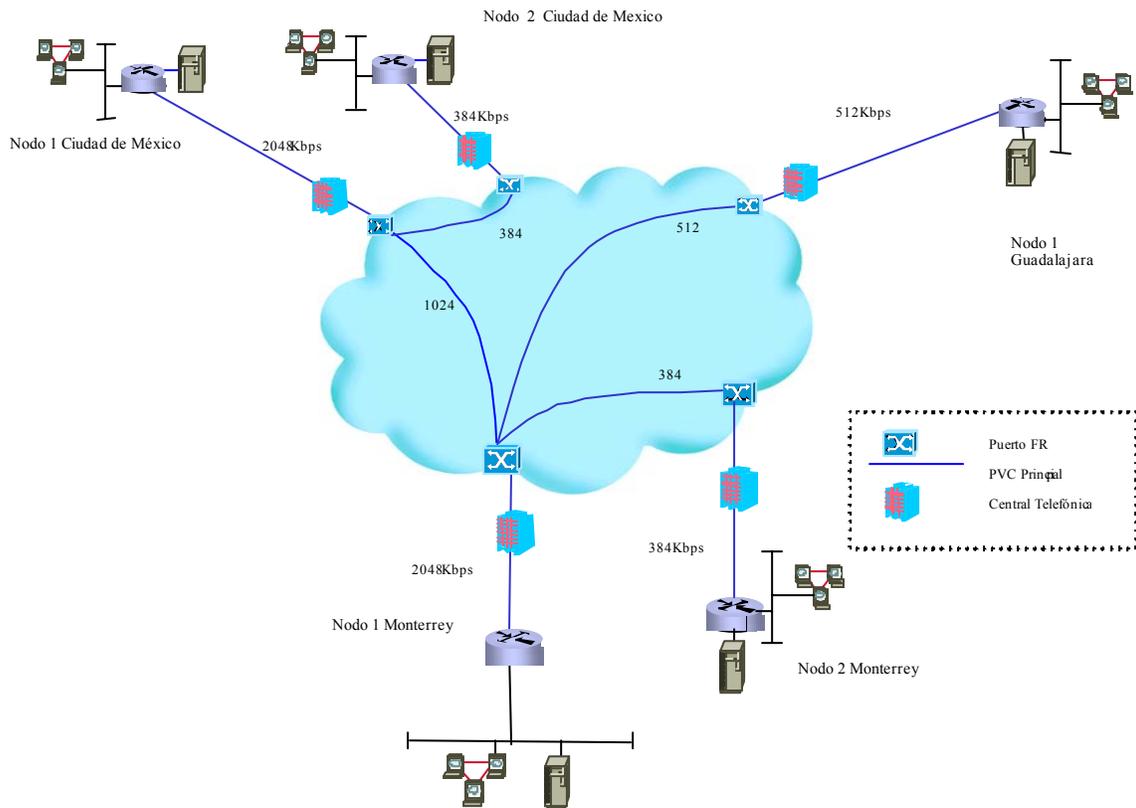
- b) Si solo se conectan los 3 principales sitios a la red Frame Relay y se utilizan enlaces dedicados para las conexiones locales entre los sitios ubicados dentro de la misma ciudad ( sitios en México y sitios en Monterrey)

## **8.2.1 CASO A : ESQUEMA FRAME RELAY**

### **8.2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN**

- Se tienen 5 sitios remotos
- Todos los sitios se conectan a la red Frame Relay
- Se tiene un nodo central ubicado en el nodo 1 en la ciudad de Monterrey
- Se definen 4 PVC's que conectan a los 5 sitios remotos ubicados en México, Monterrey y Guadalajara
- Cada PVC tiene una capacidad de transmisión diferente (384 Kbps ,512 Kbps y 1024 Kbps)
- La conexión de cada nodo hacia la central telefónica correspondiente se realiza mediante enlaces locales, cuya capacidad de transmisión va desde 384 kbps hasta 2048 Kbps (E1)
- Cada sitio remoto incluyendo el nodo central cuenta con un puerto Frame Relay
- Solo se transmiten datos

Se conectan los 5 sitios remotos a la red Frame Relay tal y como se muestra en la siguiente figura:



**Fig 8-b-Esquema Frame Relay**



8.2.1.3 VISTA LÓGICA

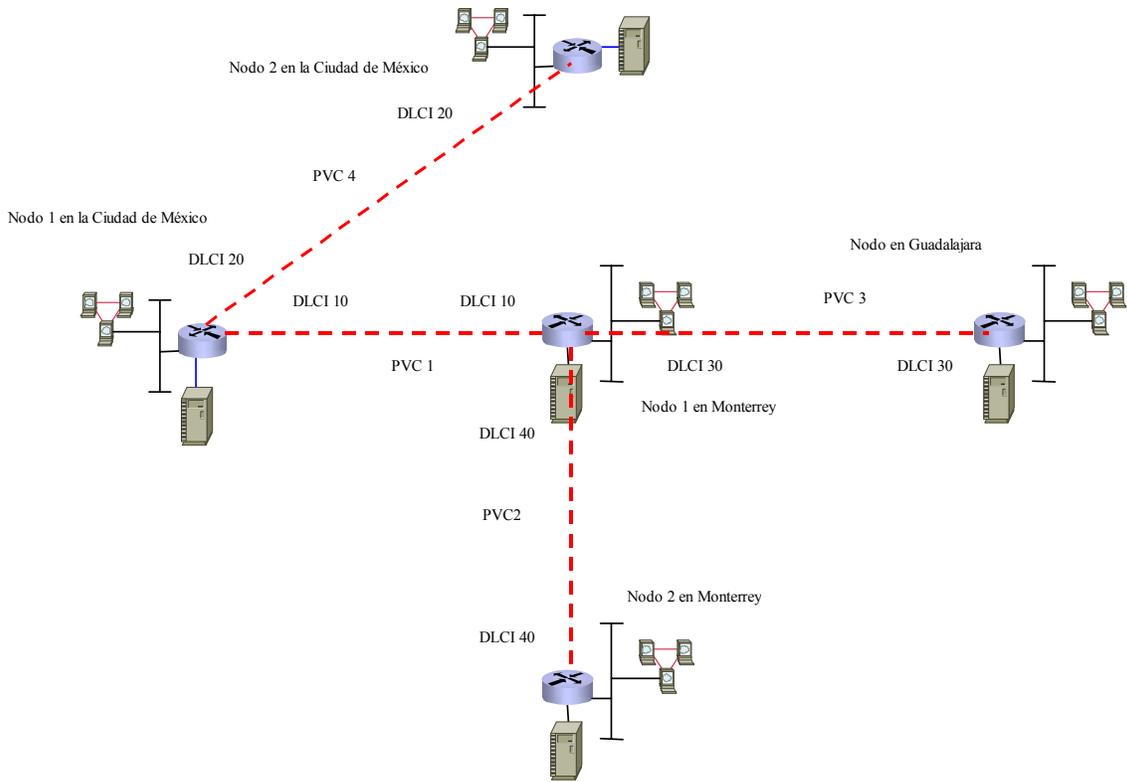


Fig 8-d- Vista lógica de la red utilizando el esquema Frame Relay

La tabla de enrutamiento del esquema anterior queda definido como:

**Nodo 2 en la  
Ciudad de  
México**

In		Out	
<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>	<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>
0	20	1	153

**Tabla 8-b- Tabla de enrutamiento para México Nodo 2 utilizando el esquema Frame Relay**

**Nodo 1 en la  
Ciudad de  
México**

In		Out	
<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>	<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>
0	10	2	156
1	153	2	20

**Tabla 8-c- Tabla de enrutamiento para México Nodo 1 utilizando el esquema Frame Relay**

**Guadalajara**

In		Out	
<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>	<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>
0	40	1	154

**Tabla 8-d- Tabla de enrutamiento para Guadalajara utilizando el esquema Frame Relay**

**Nodo 2 en  
Monterrey**

In		Out	
<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>	<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>
0	30	1	155

**Tabla 8-e- Tabla de enrutamiento para Monterrey Nodo 2 utilizando el esquema Frame Relay**

**Nodo 1 en  
Monterrey(Nodo  
Central )**

In		Out	
<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>	<b>Ser</b>	<b>DLCI</b>
0	156	1	10
2	155	1	30
3	154	1	40

**Tabla 8-f- Tabla de enrutamiento para Monterrey Nodo 1 utilizando el esquema Frame Relay**

### 8.2.1.4 ANÁLISIS DE GASTOS

Haciendo una consulta de los precios que una empresa mexicana ofrece en servicios Frame Relay se obtuvo la siguiente cotización:

NODO MONTERREY 1	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA AL NODO CTRL	CONTRATACIÓN	RENTA
Ladaenlace	FR	2048	NA	\$ 90,971.00	\$ 5,321.00
Puerto Frame Relay		2048	NA	\$ 1,650.00	\$ 11,500.00
PVC		NA	NA	NA	NA
TIPO DE PVC : NA					
PVC NODO MTY 1 – NODO MTY 2	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA AL NODO CTRL	CONTRATACIÓN	RENTA
Ladaenlace	FR	384		\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
Puerto Frame Relay		384		\$ 1,650.00	\$ 2,160.00
PVC		384	40 Kms	\$ -	\$ 600.00
TIPO DE PVC :Metro (0-49 Kms)					
PVC NODO MEX 1 – NODO MTY 1	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA AL NODO CTRL	CONTRATACIÓN	RENTA
Ladaenlace	FR	2048		\$ 90,971.00	\$ 5,321.00
Puerto Frame Relay		2048		\$ 1,650.00	\$ 11,500.00
PVC		1024	696 Kms	\$ -	\$ 19,200.00
TIPO DE PVC :Dorsal(400-749 Kms)					
PVC NODO MEX 2- NODO MEX 1	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA AL NODO MEX 1	CONTRATACIÓN	RENTA
Ladaenlace	FR	384		\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
Puerto Frame Relay		384		\$ 1,650.00	\$ 2,160.00
PVC		384	30 Kms	\$ -	\$ 600.00
TIPO DE PVC :Metro(0-49 Kms)					
PVC NODO GDL – NODO MTY 1	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA AL NODO CTRL	CONTRATACIÓN	RENTA
Ladaenlace	FR	512		\$ 45,178.00	\$ 3,331.00
Puerto Frame Relay		512		\$ 1,650.00	\$ 2,880.00
PVC		512	632 Kms	\$ -	\$ 9,600.00
TIPO DE PVC :Dorsal(400-749 Kms)					
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 312,818.00</b>	<b>\$ 79,975.00</b>

**Tabla 8-g- Costos por esquema Frame Relay**

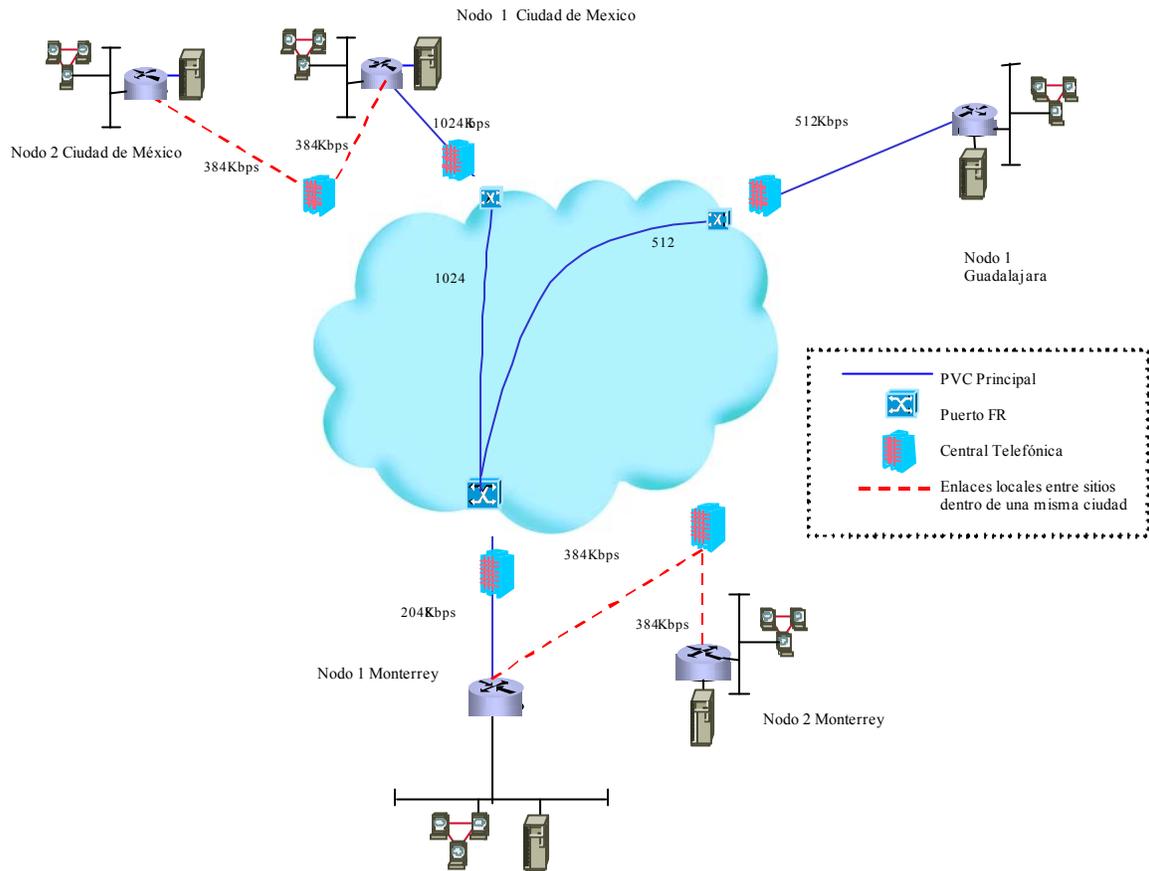
### 8.2.2 CASO B: ESQUEMA HÍBRIDO

#### 8.2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN

- Se tienen 5 sitios remotos
- Solo 3 sitios se conectan a la red Frame Relay
- Se tiene un nodo central ubicado en el nodo 1 en la ciudad de Monterrey

- Se definen 2 PVC's que conectan a los 3 sitios remotos ubicados en México, Monterrey y Guadalajara
- Se tiene dos PVC's de 512 Kbps y 1024 Kbps que conecta a la ciudad de Guadalajara con el nodo 1 en Monterrey (nodo central) y a el nodo 1 en la Ciudad de México con el nodo 1 en Monterrey (nodo central) respectivamente.
- Se tienen 4 enlaces locales que conectan a los sitios ubicados dentro de la misma ciudad, nodo 1 y nodo 2 en la Ciudad de México y nodo 1 y nodo 2 en Monterrey respectivamente (384 Kbps )
- La conexión del nodo 1 en la Ciudad de México, el nodo 1 en Monterrey y el nodo en Guadalajara hacia la central telefónica correspondiente se realiza mediante enlaces locales, con capacidades de transmisión de 1024 Kbps , 2048 Kbps y 512 Kbps respectivamente .
- Tanto el nodo 1 en la Ciudad de México, el nodo 1 en Monterrey y el nodo en Guadalajara cuentan con un puerto Frame Relay
- Solo se transmiten datos

Solo se conectan 3 sitios remotos a la red Frame Relay y se utilizan conexiones locales entre los sitios localizados dentro de la misma ciudad ( sitios en México y sitios en Monterrey) (Fig 8-e)



**Fig 8-e- Esquema Híbrido**

8.2.2.2 VISTA FÍSICA

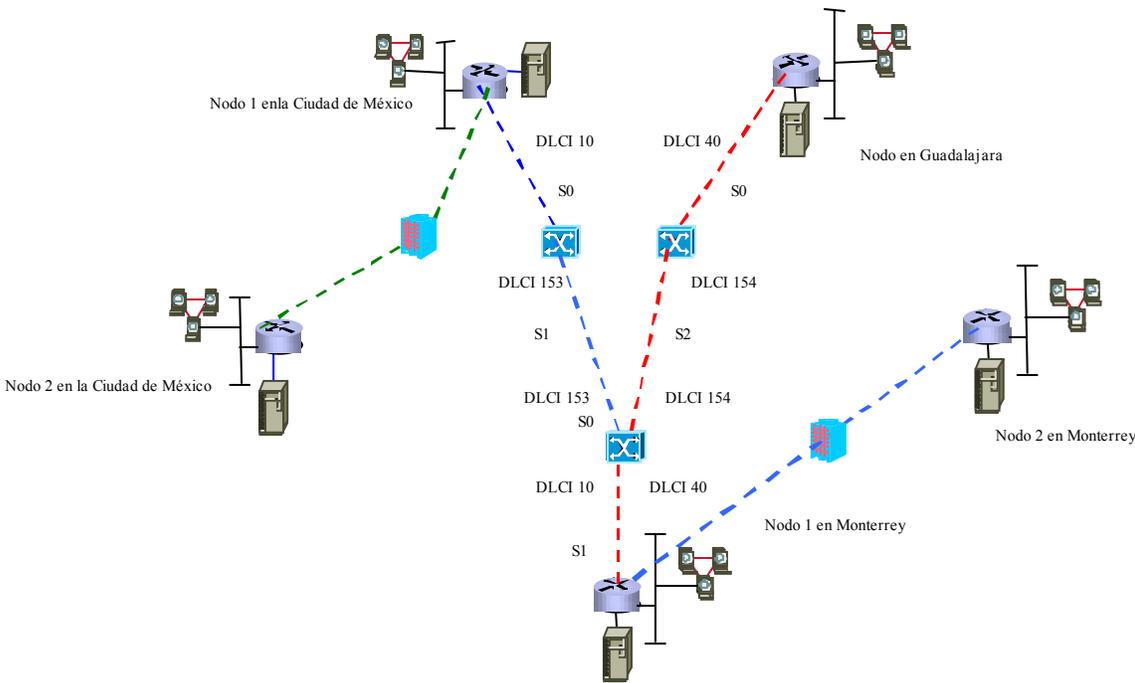


Fig 8-f- Vista física utilizando el esquema híbrido

8.2.2.3 VISTA LÓGICA

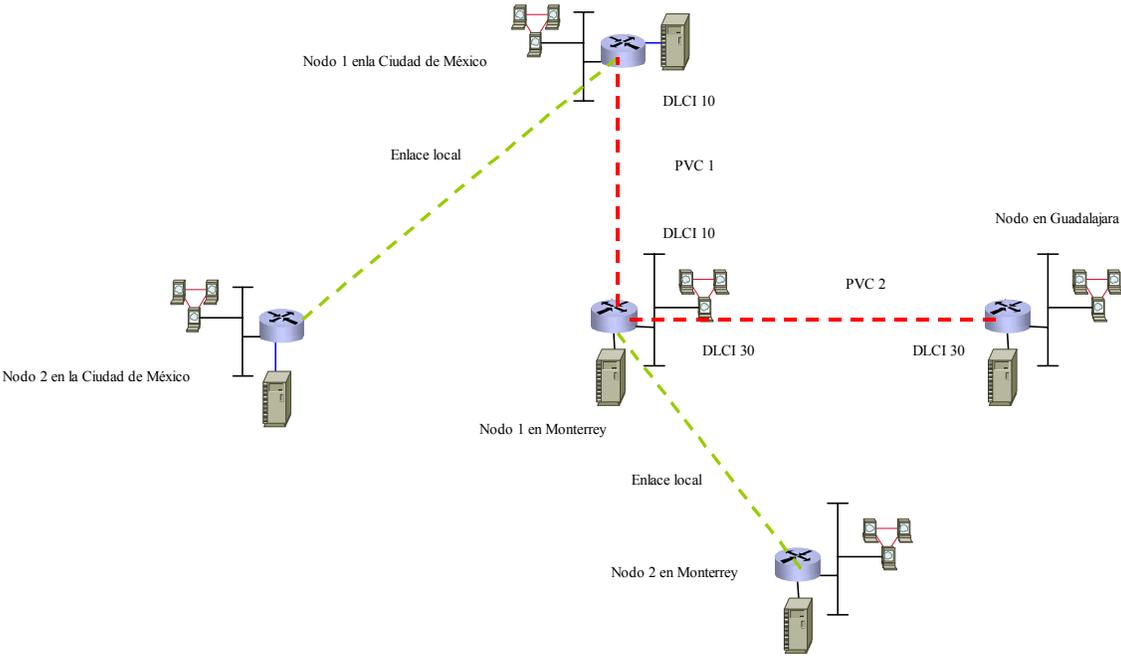


Fig 8-g- Vista lógica utilizando el esquema híbrido

La tabla de enrutamiento del esquema anterior queda definido como:

**Nodo 1 en  
Monterrey  
(Nodo Central)**

In		Out	
Ser	DLCI	Ser	DLCI
0	153	1	10
2	154	1	40

**Tabla 8-h- Tabla de enrutamiento para Monterrey Nodo 1 utilizando el esquema híbrido**

**Nodo 1 en la  
Ciudad de  
México**

In		Out	
Ser	DLCI	Ser	DLCI
0	10	1	153

**Tabla 8-i- Tabla de enrutamiento para México Nodo 1 utilizando el esquema híbrido**

**Nodo en  
Guadalajara**

In		Out	
Ser	DLCI	Ser	DLCI
0	40	1	154

**Tabla 8-j- Tabla de enrutamiento para Guadalajara utilizando el esquema híbrido**



### **8.3 IMPLEMENTACION DE LA RED UTILIZANDO ATM**

En este parte se hará el análisis económico que implica la implementación de nuestra red utilizando ATM

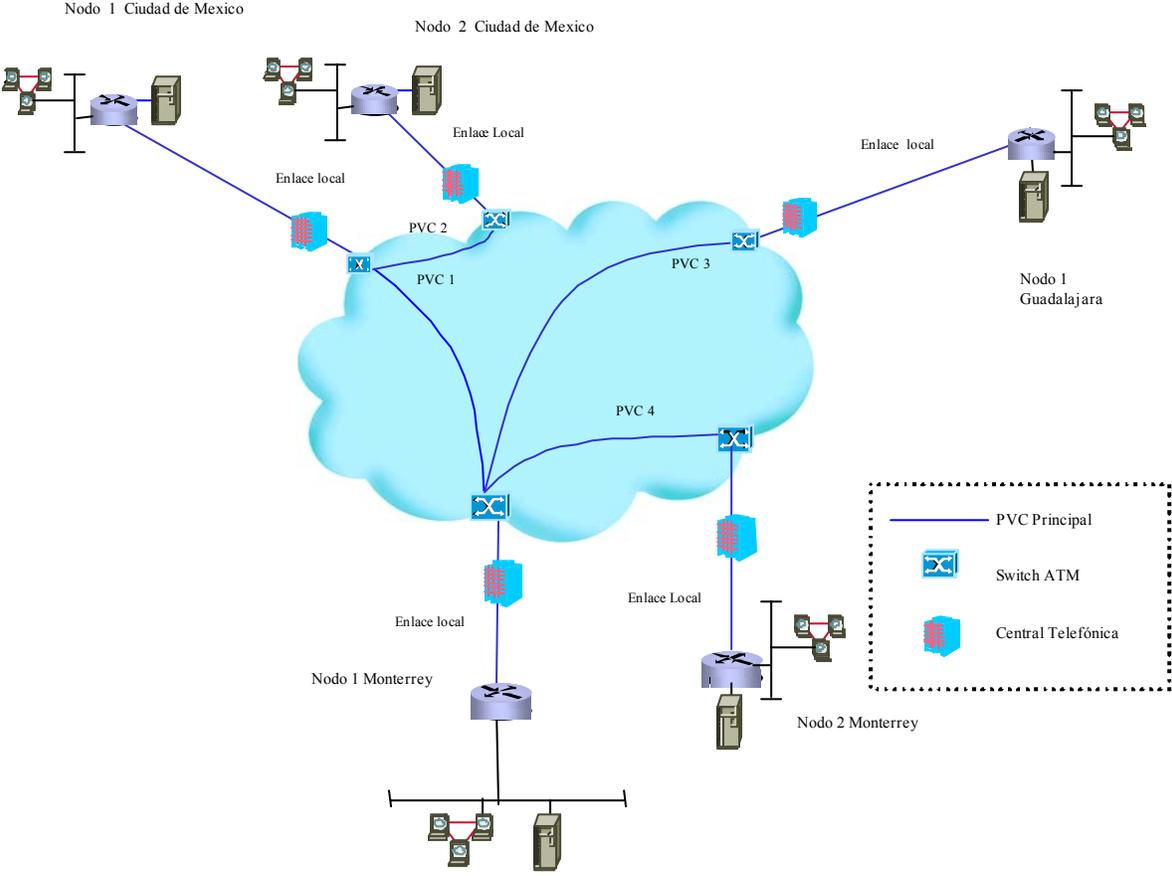
#### **ATM**

Al igual que en el caso de Frame Relay ,el número y la ubicación general de los sitios que componen la red es la misma (2 en Monterrey, 1 en Guadalajara y 2 en la Ciudad de México) y el corporativo principal de la empresa esta ubicado en el sitio 1 de la ciudad de Monterrey.

#### **8.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN**

- Se tienen 5 sitios remotos
- Todos los sitios se conectan a la red ATM
- Se tiene un nodo central ubicado en el nodo 1 en la ciudad de Monterrey
- Se definen 4 PVC's que conectan a los 5 sitios remotos ubicados en México, Monterrey Guadalajara (indicar sus capacidades)
- La conexión de cada nodo hacia la central telefónica correspondiente se realiza mediante enlaces locales
- La información transmitida son datos, los cuales se adaptan en paquetes de tamaño fijo (celdas)
- Por cada sitio se utiliza un VCI (identificador de circuito o conexión virtual) cuyo significado, al igual que el DLCI en Frame Relay, es solo local.
- Además de VCI's , se incluye otro identificador de camino virtual (VPI) , el cual incluye a los VCI's designados a cada uno de los sitios remotos.

La figura 8-h muestra el esquema a implementar:



**Fig 8-h- Esquema ATM**

8.3.2 VISTA FISICA

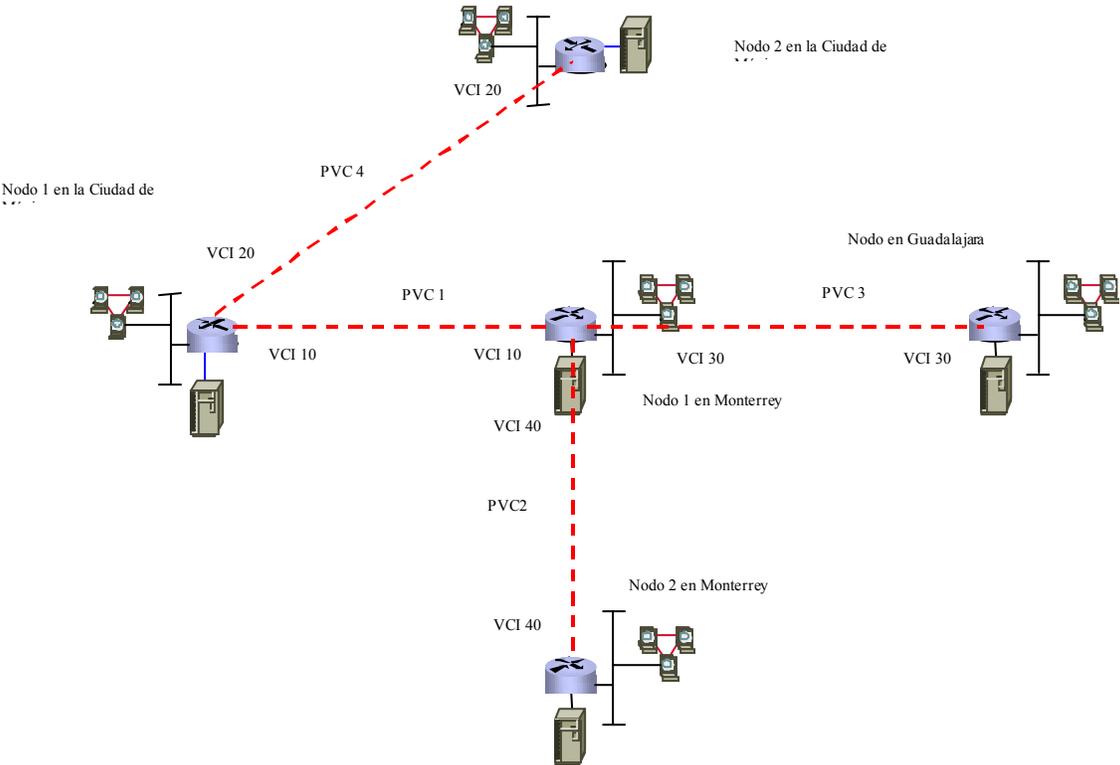


Fig 8-i- Vista física de la implementación de la sobre ATM

### 8.3.3 ANÁLISIS DE COSTOS

Debido a que aún no cuenta con esta tecnología en muchos países incluyendo México, el análisis de costos se desconoce aunque se sabe que los precios son mayores a los manejados por Frame Relay.

## 8.4 CONCLUSION FINAL PARA COMUNICACIÓN ENTRE SITIOS

La tabla 8-m muestra la comparación final entre las 3 tecnologías, PDH, Frame Relay y ATM, analizadas para la implementación final de la red :

<b>Precio total de Implementación</b>	Contratación \$375, 394 Renta Mensual \$127, 536	Contratación \$ 354, 081 Renta Mensual \$ 73, 604	Costo muy elevado
<b>Compatibilidad con otros productos</b>	Si	Si	Si
<b>Servicios ofrecidos</b>	Transmisión de datos	Transmisión de datos	Transmisión de voz, datos y video
<b>Ventajas</b>	Privacidad Ancho de banda dedicado Seguridad	Implementado en Software Orientado a conexión Uso eficiente del ancho de banda Soporta múltiples conexiones lógicas Control de flujo y corrección de errores De fácil implementación Escalabilidad Compatibilidad con las redes actuales	Orientado a la conexión Localización flexible y dinámica del ancho de banda Coexistencia de diferentes tipos de servicios dentro de un mismo enlace Topología Flexible Escalabilidad Compatibilidad con las redes actuales Tiempo de retardo pequeño y cte
<b>Desventajas</b>	No es escalable Costosa	Utiliza conexión permanente todo el tiempo No soporta aplicaciones sensibles al tiempo Existe privacidad pero no seguridad	Costos mayores a los obtenidos con las redes Frame Relay

**Tabla 8-m- Comparación final entre PDH, Frame Relay (esquema híbrido) y ATM**

Haciendo una comparación final entre las 3 tecnologías, PDH, Frame Relay (esquema híbrido) y ATM se puede observar que cada una de ellas nos ofrece ciertas ventajas y desventajas para nuestra implementación, sin embargo solo una de ellas cumple con todos o con la mayoría de los requisitos establecidos inicialmente por la empresa en cuanto a el diseño final de la red .

PDH ofrece seguridad, ancho de banda dedicado y privacidad, sin embargo los costos por concepto de contratación y renta mensual del servicio son elevados, lo que representa una desventaja para la empresa en cuanto a gastos finales se refiere.

En el caso Frame Relay se analizaron 2 diferentes esquemas: el primero usando sólo enlaces Frame Relay para conectar a todos los sitios y un esquema híbrido que usa tanto enlaces Frame Relay como enlaces PDH para la parte local . El saber que el esquema híbrido hace más óptima y eficiente a la red y que la renta mensual es más barata nos ayudo a elegir a este esquema como opción para la implementación de la red utilizando la tecnología Frame Relay.

En la tecnología ATM se observa que el análisis de costos es casi imposible ya que ATM es una tecnología aún inexistente en nuestro país, por lo que aún no se tiene un conocimiento certero de los gastos de contratación y de renta mensual del servicio, aunque si se podría suponer que dichos gastos son elevados, mayores a los de Frame Relay . A pesar de que ATM ofrece servicios de banda ancha, que resultan ser mejores a los servicios tradicionales ofrecidos actualmente por PDH y Frame Relay esta no representa una opción atractiva para la empresa, ya que sus necesidades principales no requieren de la contratación de este tipo de servicios.

Basados en las necesidades de la empresa y con todo el análisis anterior se puede concluir que el esquema más adecuado es el esquema híbrido analizado en Frame Relay, este esquema ofrece seguridad, eficiencia, rapidez, servicios básicos requeridos por la empresa y sobre todo es el esquema más económico en cuanto gastos mensuales se refiere, lo que la hace ver como una de las opciones más atractivas.

- **COMUNICACIÓN ENTRE SITIOS E INTERNET**

En este capítulo se establecerá el esquema de conexión entre la red interna de la empresa e Internet. Se propondrán 2 opciones diferentes para establecer la conexión hacia Internet, enlaces dedicados y ADSL. Al final se hará nuevamente una comparación entre los dos casos para elegir la forma más adecuada y económica de establecer la conexión.

**PROBLEMÁTICA**

La empresa requiere establecer una conexión hacia Internet utilizando un enlace que tendrá como salida principal al Nodo Monterrey 1, solo requiere establecer conexión de tipo consulta hacia Internet, es decir no requiere ofrecer ningún servicio comercial hacia otro usuario a través de Internet.

**8.5 DEFINICION DEL ESQUEMA DE CONEXIÓN HACIA INTERNET**

- Se elige a un solo nodo de la red como salida principal hacia Internet, en este caso el Nodo Monterrey 1, ya que en este nodo se concentra la mayor cantidad de tráfico de toda la red.
- La cantidad de tráfico que cada nodo requiere entre ellos e Internet definen el ancho de banda total del enlace requerido entre el nodo Monterrey 1 e Internet
- Es importante señalar que aunque se definió en el capítulo 7 que la cantidad de tráfico total entre sitios esta determinado bajo el principio de que todos los sitios transmiten a la vez, en este caso se considera que la probabilidad de que esto se cumpla es muy baja (principio de multiplexaje estadístico), por lo que se asume que la cantidad de tráfico requerida entre cada nodo e Internet no excederá el ancho de banda de los enlaces correspondientes establecidos en el capítulo 7.

Nodo	Tráfico Requerido entre el nodo e Internet
México 1	150 Kbps
México 2	30 Kbps
Guadalajara	50 Kbps
Monterrey 2	60 Kbps
Monterrey 1	180 Kbps
Tráfico total	470 Kbps

**Tabla 8-n- Tráfico entre cada uno de los sitios e Internet**

## **8.6 ESQUEMA DE CONEXIÓN**

Se analizarán 2 propuestas diferentes para establecer la conexión a Internet desde el nodo central Monterrey 1, utilizando enlaces dedicados y utilizando ADSL sobre el esquema híbrido que usa tanto enlaces Frame Relay como enlaces PDH para la parte local definido en el capítulo 7.

### **8.6.1 CONEXIÓN UTILIZANDO ENLACES DEDICADOS SOBRE EL ESQUEMA HÍBRIDO**

En esta parte se hará el análisis económico que implica establecer la conexión hacia Internet utilizando enlaces dedicados sobre el esquema híbrido.

#### **ENLACES DEDICADOS SOBRE EL ESQUEMA HÍBRIDO**

La estructura general de la red consta de 5 sitios ubicados en la ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, 3 nodos se conectan entre sí sobre la red Frame y Relay y los nodos ubicados dentro de la misma ciudad, México y Monterrey, se conectan utilizando enlaces PDH.

En esta ocasión se establece un enlace adicional entre el Nodo Monterrey 1 e Internet utilizando enlaces dedicados.

##### **8.6.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN**

- Se tienen 5 sitios remotos
- Solo 3 sitios se conectan a la red Frame Relay.
- Solo se transmiten datos
- Se tiene un solo nodo de salida hacia Internet ubicado en el Nodo 1 en Monterrey, que se encargará de distribuir la información de Internet hacia todos los nodos remotos
- Se tiene un enlace dedicado local desde el nodo 1 de Monterrey hacia Internet con un ancho de banda de 512 Kbps de subida (transmisión) / 512 Kbps de bajada (recepción)
- Se tiene un puerto adicional que establece la conexión entre el sitio 1 en Monterrey e Internet, con una capacidad de transmisión de 512 Kbps.
- Se tiene un rango de 16 direcciones IP válidas. La primera sirve como net ID, y la 16ava sirve como broadcast, por lo que se tienen 14 direcciones válidas para configurarlas como mejor se requiera.

La figura 8-j muestra el esquema de la red a implementar:

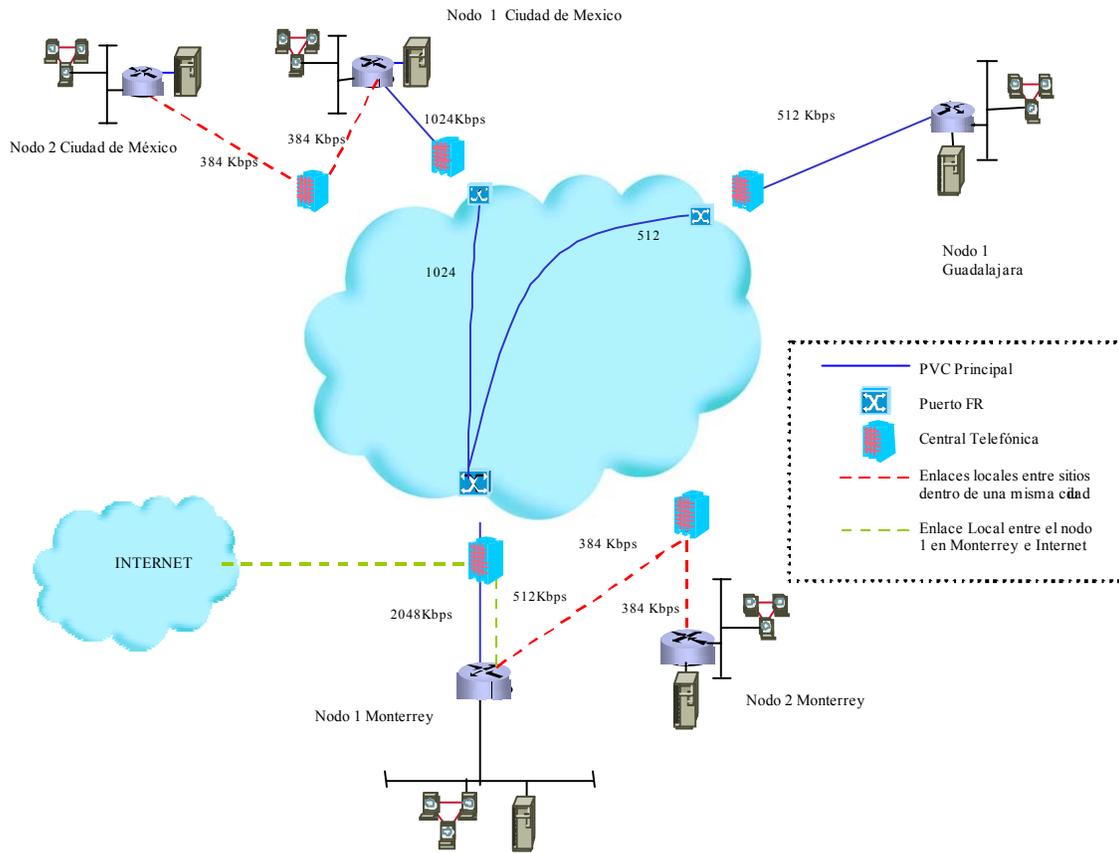


Fig 8-j- Esquema Híbrido con Internet utilizando enlaces dedicados

Con ayuda de la lista de precios de una de las compañías que ofrece conexión a Internet utilizando enlaces dedicados se obtienen los siguientes gastos para el enlace hacia Internet:

NODO CENTRAL MONTERREY 1	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA	CONTRATACION	RENTA
Lada Enlace	PRIVADO	512	\$ 45,178.00	\$ 3,331.00
Puerto Internet		512	\$ 1,650.00	\$ 7,559.00
Servicio		512	NA	\$ 7,559.00
		TOTAL	\$ 46,828.00	\$ 18,449.00

**Tabla 8-0- Costos por conexión a Internet utilizando enlaces dedicados**

## 8.6.2 CONEXIÓN UTILIZANDO ADSL LITE SOBRE EL ESQUEMA HÍBRIDO

En esta parte se hará el análisis económico que implica el establecer la conexión hacia Internet utilizando como tecnología de acceso a ADSL LITE sobre el esquema híbrido ya definido.

### ADSL LITE

La estructura general de la red es la misma que la del caso anterior, 5 sitios ubicados en Guadalajara México y Monterrey, con un Nodo Central ubicado en el Nodo 1 de Monterrey trabajando sobre el esquema híbrido definido en el capítulo 7.

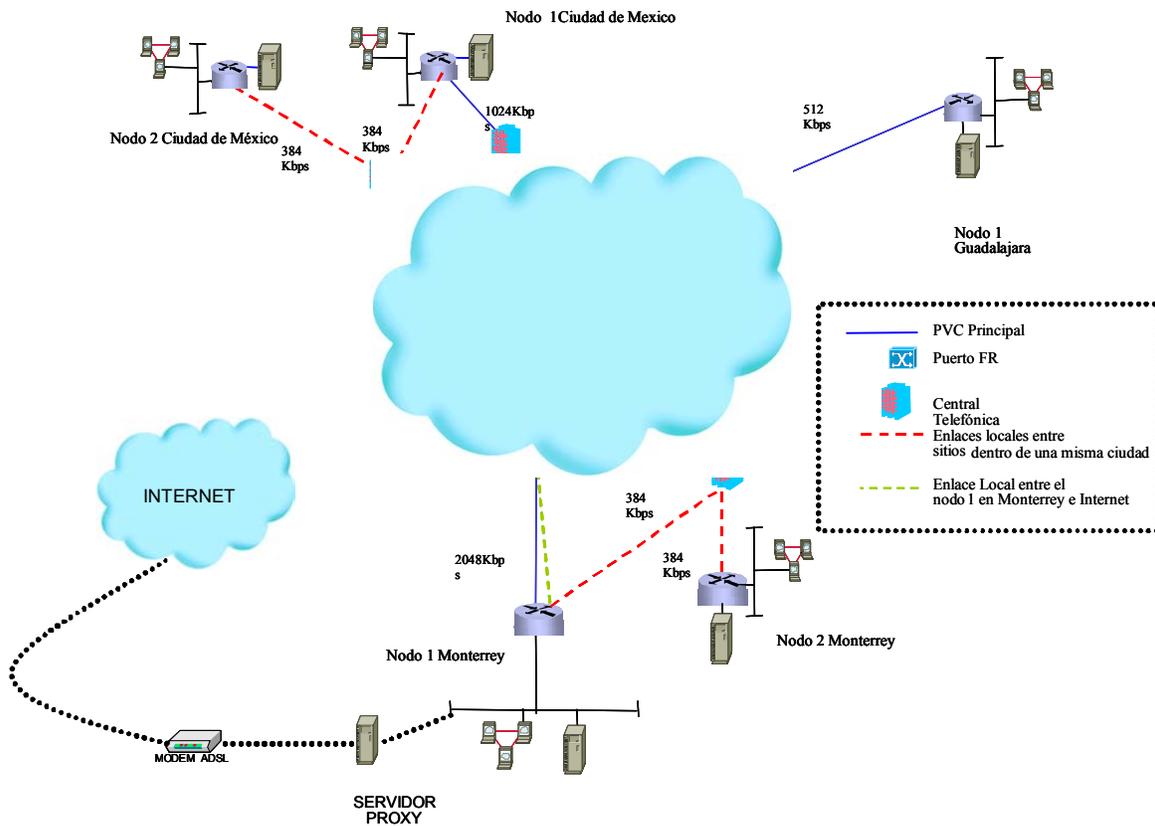
En este caso la conexión a Internet desde el Nodo Monterrey 1 se hará utilizando ADSL LITE.

#### 8.6.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN

- Se tienen 5 sitios remotos
- Solo 3 sitios se conectan a la red Frame Relay.
- Se utilizará ADSL LITE como tecnología de acceso a Internet
- Se tiene solo una dirección IP fija
- La señal de Internet está distribuida a un equipo principal ubicado en el Nodo 1 de Monterrey que hará las funciones de un servidor Web.
- Se cuenta con 2048 Kbps de bajada (recepción) / 512 Kbps de subida (transmisión)

- El enlace ADSL LITE entre la red privada de la empresa e Internet trabaja con un módem enrutador

La figura 8-k muestra el esquema de la red a implementar:



**Fig. 8-k- Esquema Híbrido con Internet utilizando ADSL Lite**

Haciendo una investigación sobre los precios que una compañía cobra por proporcionar servicios ADSL LITE se obtuvieron los siguientes gastos del enlace hacia Internet:

NODO CENTRAL MONTERREY 1	TIPO DE ENLACE	ANCHO DE BANDA DE BAJADA	ANCHO DE BANDA DE SUBIDA	CONTRATACION	RENTA
Enlace ADSL LITE	PRIVADO	2048 Kbps	512 Kbps	\$ 5,499.00	\$ 5,499.00

**Tabla 8-p- Costos para el enlace ADSL Lite <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> La compañía que ofrece el servicio ADSL LITE actualmente esta ofreciendo una promoción especial en la que no se cobran los gastos de instalación.

### 8.6.3 COMPARACION FINAL

La tabla 8-q establece una comparación final entre ambos casos de conexión hacia Internet:

TECNOLOGIA	CONTRATACION	RENTA	ANCHO DE BANDA DE SUBIDA (TRANSMISION)	ANCHO DE BANDA DE SALIDA (RECEPCION )	VENTAJAS
ADSL LITE	\$ 5,499.00	\$ 5,499.00	512 Kbps	2048 Kbps	Se tiene una direccion Ip fija Manejo de mecanismos y funciones de enrutamiento Numero maximo de usuarios conectados simultaneamente es de 64 o mas
ENLACE DEDICADO	\$ 46,828.00	\$ 18,449.00	512 Kbps	512 Kbps	Se tienen 16 direcciones Ip validas Seguridad

**Tabla 8-q- Costos de las conexiones a Internet**

ADSL LITE ofrece solo una dirección IP fija contra 14 direcciones IP validas que ofrece el enlace dedicado, sin embargo, como ya se definió al principio de este capítulo , la empresa solo requiere establecer una conexión hacia Internet de tipo consulta, por lo que las 14 direcciones Ip que ofrece el enlace dedicado resultan muy poco atractivas ,ya que con solo una de las direcciones IP la empresa puede establecer un direccionamiento al resto de los nodos remotos desde el nodo principal de salida, Monterrey 1, a pesar de que la empresa como tal no pueda establecer ningún tipo de publicidad o servicio hacia cualquier otro sitio conectado a Internet.

Como ya se analizaron ambos casos, se puede concluir que la conexión hacia Internet es mas económica utilizando ADSL LITE, es por eso que ademas de ofrecer seguridad e integridad para la red, ADSL LITE ofrece un ahorro económico mucho mayor al que puede ofrecer el enlace dedicado, sin omitir ningún servicio básico de consulta desde Internet.

Por todas estas razones la conexión entre la red privada de la empresa e Internet se hará utilizando ADSL LITE.

## 8.7 IMPLEMENTACION LOGICA DE LA CONEXIÓN A INTERNET

### 8.7.1 SERVIDOR PROXY

En el diseño de acceso a Internet se utilizara un servidor Proxy el cual esta colocado en el Nodo 1 de Monterrey ya que es ahí donde se encuentra la mayor concentración de tráfico de la red.

El Servidor Proxy será el que administre la salida y entrada de todo el tráfico de Internet de cada uno de los sitios, por lo que se puede decir que funciona como un gateway, ya que todos los sitios deberán conectarse a el para poder tener acceso a Internet.

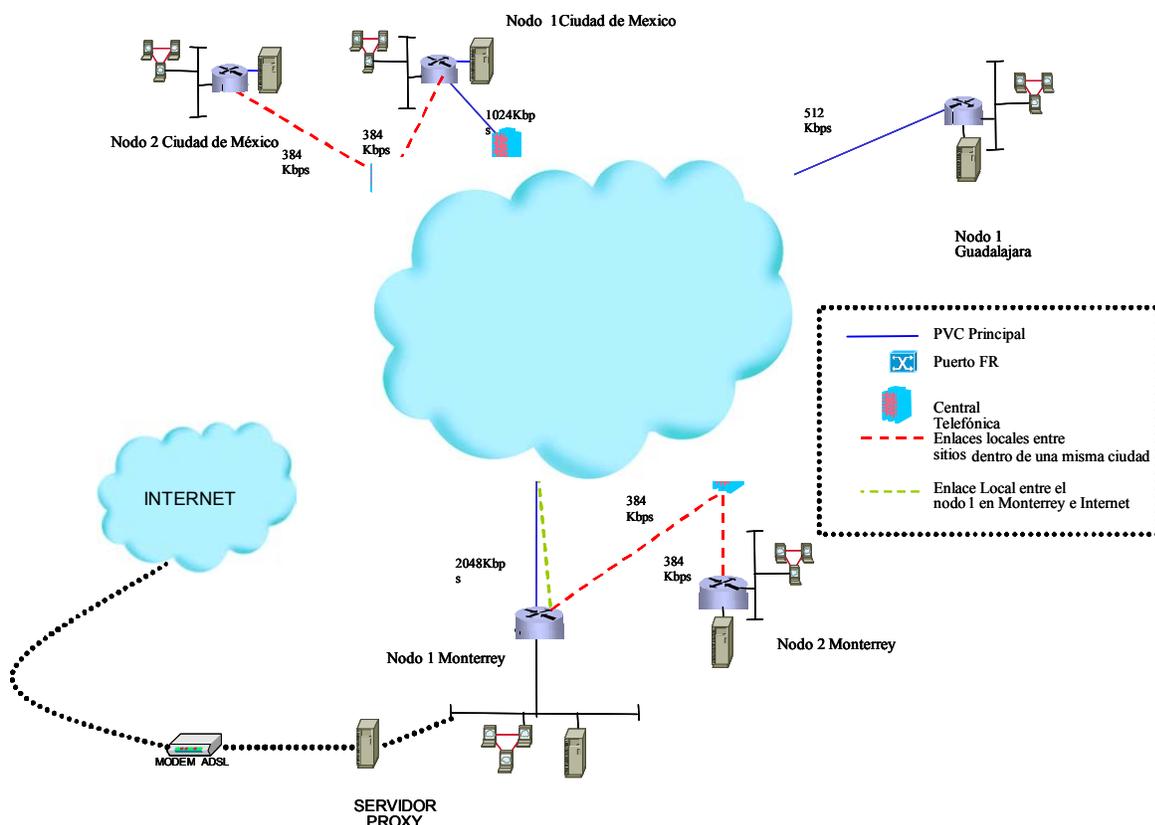
Además, el servidor Proxy ayudara a la administración de la red de tal forma que se puedan tener mas controlado los accesos hacia la red, restringiendo el acceso a sitios con contenido especifico.

Una vez conectando el servidor Proxy al nodo Monterrey se deberán configurar todos los permisos para poder operar las parte de correo Web y ftp etc , ya que este será la única salida de toda la red hacia Internet .

Se eligió utilizar un servidor Proxy ya que las características del tipo de conexión hacia Internet, ADSL LITE, lo requería.

El servidor Proxy podrá ser una computadora extra en la implementación que contara con atributos especiales de operación.

La siguiente figura muestra la implementación final del Proxy dentro de la conexión a Internet:



**Fig 8-l- Implementación final del Proxy en la red modificar diagrama**

Finalmente cabe mencionar que el Proxy nos ayudara a tener controlada la red hacia Internet sin embargo es necesario el poder contar con otros dispositivos tanto en software como en hardware para poder tener una mayor seguridad en la red.

## **8.7.2 SEGURIDAD**

La parte de seguridad estará definida por la empresa, por lo que solo se hará la implementación del Proxy en la red sin mencionar las medidas de seguridad implementadas.

## 9 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO Y PLANEACION DE LAS REDES LAN

En este capítulo se definen los costos, marca y distribución general por cada nodo del equipo necesario para implementar la red LAN y WAN de la empresa de acuerdo al esquema definido en el capítulo 8.

### 9.1 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO

La elección final del equipo se hace de acuerdo a los requerimientos y necesidades que el cliente establece, así como a la posible distribución física de los equipos dentro de cada uno de los nodos que forman a la empresa.

Uno de los requisitos principales que el cliente estableció para la adquisición del equipo es la marca, ya que después de haber hecho una comparación entre cada una de las marcas existentes en el mercado, el cliente encontró que CISCO es la marca que le ofrece un mejor soporte y una mayor confiabilidad, a pesar de no ser una de las marcas más económicas dentro del mercado.

En base a la estructura final de la red y considerando el número de usuarios y la arquitectura que presenta cada nodo, se definió el equipo CISCO por nodo más adecuado, la cual tubo como primera parte la selección de los enrutadores, y como segunda parte la definición de la arquitectura LAN y selección del tipo de switches a usar.

### 9.2 SELECCIÓN DE EQUIPO WAN

Para la selección de enrutadores se tomaron en cuenta 2 factores principalmente: como primer factor la capacidad de puertos seriales requeridos (enlaces WAN), y como segundo, el precio y capacidad de procesamiento. La selección final de equipo WAN se muestra en la siguiente tabla:

DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO						
EQUIPO WAN NECESARIO PARA CADA NODO						
NODO	ELEMENTO	CANT.	CODIGO	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
México 1	Enrutador	1	CISCO1751	10'100 Modular Router w/ 3 slots, IOS IP, 16F/32D	\$ 14,950.00	\$ 14,950.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
México 2	Enrutador	1	CISCO1720	10'100BaseT Modular Router w/2 WAN slots, 8M Flash/32M DRAM	\$ 11,950.00	\$ 11,950.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
Monterrey 1	Enrutador	1	CISCO1751	10'100 Modular Router w/ 3 slots, IOS IP, 16F/32D	\$ 14,950.00	\$ 14,950.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
Monterrey 2	Enrutador	1	CISCO1720	10'100BaseT Modular Router w/2 WAN slots, 8M Flash/32M DRAM	\$ 11,950.00	\$ 11,950.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
Guadalajara	Enrutador	1	CISCO1720	10'100BaseT Modular Router w/2 WAN slots, 8M Flash/32M DRAM	\$ 11,950.00	\$ 11,950.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
<b>TOTAL</b>					\$ 93,750.00	\$ 93,750.00
<b>TOTAL:</b>						<b>\$93,750.00</b>

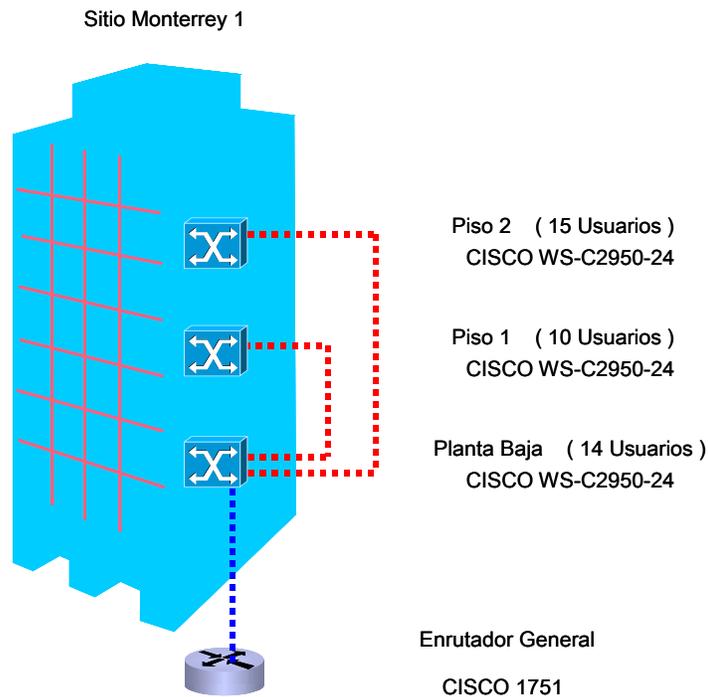
Tabla 9-a- Costos por equipamiento WAN para cada nodo

### 9.3 PLANEACION DE LAS REDES LAN

Esta parte del análisis requirió mayor atención en el diseño ya que se tuvo que hacer un análisis profundo de la arquitectura que presentaba cada nodo así como del número de usuarios con los que se contaba, de tal forma que los equipos pudieran distribuirse dentro del nodo para que cada uno de los usuarios contara con conexión a la red LAN de la empresa.

Inicialmente se pensó en la implementación de la red LAN utilizando un solo switch y un solo enrutador por nodo, sin embargo analizando más detalladamente la arquitectura y la distribución general de los usuarios dentro del edificio se encontraron problemas en ciertos nodos de la empresa.

Nodo Monterrey 1: Este nodo presentó problemas en cuanto al cableado final ya que muchos de los usuarios se encuentran a una distancia mayor a los 100 m del switch principal que estaría ubicado en la planta baja del edificio, por lo que se tuvieron que utilizar 3 switches y un solo enrutador distribuidos en los 3 pisos que forman al nodo de la siguiente forma:



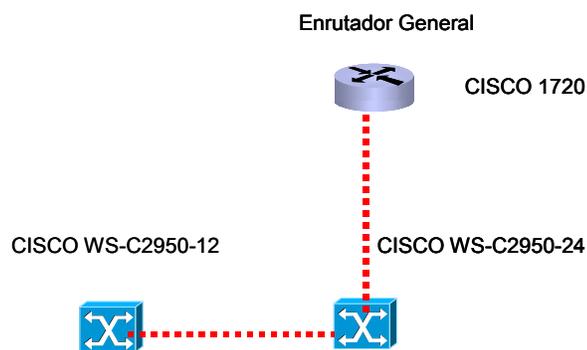
**Fig 9-a Distribución del equipo en el Nodo Monterrey 1**

Nodo Guadalajara: Este caso es muy diferente al de Monterrey 1 ya que el problema principal de Guadalajara radica en el número de usuarios que maneja y no en la distribución de los usuarios dentro del nodo.

Guadalajara maneja 26 usuarios, lo que significa un problema para la selección de equipos, ya que este número de usuarios sobrepasa al número de usuarios máximo soportado por tanto por el switch CISCO de 12 puertos como por el switch de 24 puertos y es un número mucho menor al número de usuarios máximo soportado por el switch CISCO de 48 puertos.

Por ello se hizo una redistribución general de los usuarios en 2 switches de diferente capacidad, de tal forma que cada usuario pudiera quedar dentro de un switch sin saturar su capacidad total, y poder dejar la opción de crecimiento interno de la red.

La figura 9-b muestra la distribución general del equipo dentro del nodo Guadalajara:

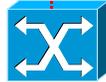
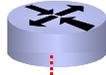


**Fig 9-b- Distribución de los usuarios en el Nodo Guadalajara**

Nodos México 1, Nodo México 2 y Nodo Monterrey 2: En estos nodos se tiene una arquitectura que permite la distribución de los equipos de tal forma que no se tengan problemas de cableado ni de cualquier otro tipo que afecte a la distribución de la red LAN dentro del nodo, además de que cada nodo cuenta con un número de usuarios adecuado a las capacidades máximas soportadas por los equipos CISCO sin saturarlos de tal forma que se pueda tener opción de crecimiento interno de la red.

Gracias a las facilidades que presenta el nodo México 1 se puede implementar el siguiente esquema de distribución final de equipos.

ENRUTADOR GENERAL CISCO 1720

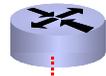


SWITCH CISCO WS-C2950-24

**Fig 9-c- Distribución del equipo en el Nodo México 2**

Ya que el Nodo Monterrey 2 cuenta también con una arquitectura que permite distribuir a los equipos sin ningún problema se pudo hacer la distribución de tal forma que ninguno de los usuarios quedara fuera del switch como se muestra en la figura 9-d:

ENRUTADOR GENERAL CISCO 1720

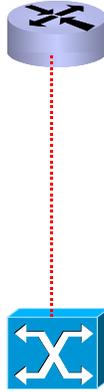


SWITCH CISCO WS-C2950-24

**Fig 9-d- Distribución del equipo en el Nodo Monterrey 2**

Nodo México 1 : Este nodo cuenta con un número de usuarios mayor que el Nodo México 2 y Nodo Monterrey 2 , su arquitectura permite hacer la distribución de los equipos sin necesidad de implementar un equipo en cada piso , además de que el numero de usuarios que maneja este nodo pudo ser concentrado en un solo switch CISCO con posibilidad de crecimiento. La figura 12.2.d muestra la distribución final del equipo en el Nodo México 1:

ENRUTADOR GENERAL CISCO 1751



SWITCH CISCO WS-C2950-48-E1

Fig 9-e- Distribución del equipo en el Nodo Mexico 1

## 9.4 COSTO TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DE LA RED

La siguiente tabla muestra un resumen final de los costos del equipo para implementar la red:

COSTOS POR EQUIPAMIENTO TOTAL

EQUIPO LAN Y WAN PARA CADA NODO

NODO	ELEMENTO	CANT.	CODIGO	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
México 1	Enrutador	1	CISCO1751	10/100 Modular Router w/ 3 slots, IOS IP, 16F/32D	\$ 14,950.00	\$ 14,950.00
	Tarjeta	2	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
	Switch	1	WS-C2950G-48-EI	Catalyst 2950, 48 10/100 with 2 GBIC slots, Enhanced Image	\$ 44,950.00	\$ 44,950.00
México 2	Enrutador	1	CISCO1720	10/100BaseT Modular Router w/2 WAN slots, 8MFlash/32MDRAM	\$ 11,950.00	\$ 11,950.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
	Switch	1	WS-C2950-24	24 port, 10/100 Catalyst Switch, Standard Image only	\$ 9,950.00	\$ 9,950.00
Monterrey1	Enrutador	1	CISCO1751	10/100 Modular Router w/ 3 slots, IOS IP, 16F/32D	\$ 14,950.00	\$ 14,950.00
	Tarjeta	2	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
	Switch	3	WS-C2950-24	24 port, 10/100 Catalyst Switch, Standard Image only	\$ 29,850.00	\$ 29,850.00
Monterrey2	Enrutador	1	CISCO1720	10/100BaseT Modular Router w/2 WAN slots, 8MFlash/32MDRAM	\$ 11,950.00	\$ 11,950.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
	Switch	1	WS-C2950-24	24 port, 10/100 Catalyst Switch, Standard Image only	\$ 9,950.00	\$ 9,950.00
Guadalajara	Enrutador	1	CISCO1720	10/100BaseT Modular Router w/2 WAN slots, 8MFlash/32MDRAM	\$ 11,950.00	\$ 11,950.00
	Tarjeta	1	WIC-1T	1-Port Serial WAN Interface Card	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
	Switch	1	WS-C2950-12	12 port, 10/100 Catalyst Switch, Standard Image only	\$ 8,950.00	\$ 8,950.00
	Switch	1	WS-C2950-24	24 port, 10/100 Catalyst Switch, Standard Image only	\$ 9,950.00	\$ 9,950.00
<b>TOTAL</b>						<b>\$207,350.00</b>

<b>TOTAL:</b>	<b>\$207,350.00</b>
---------------	---------------------

Fig 9-f- Costo por equipamiento total

Nota: Tanto el tipo de cableado como los gastos de implementación del mismo serán cubiertos por el cliente, por lo que no se tomaron en cuenta en el análisis de gastos total.

## 10 COSTOS FINALES DE IMPLEMENTACION FINAL DE LA RED.

Haciendo un resumen final de los gastos de instalación tanto de equipos como de enlaces necesarios por cada nodo nos permitirá conocer finalmente los costos totales de implementación final de la red utilizando no solo una conexión entre sitios, sino además, una conexión entre sitios e Internet.

Las tablas 10-a y 10-b muestra los gastos por enlaces entre sitios, enlaces dedicados y enlaces FR respectivamente, sin incluir la conexión a Internet y el equipamiento total:

DESCRIPCION	CANTIDAD	NODO	ANCHO DE BANDA	CONTRATACION	RENTA
Enlace dedicado	1	MONTERREY 1	2048 Kbps	\$ 90,971.00	\$ 5,321.00
Enlace dedicado	1	MONTERREY 1	384 Kbps	\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
Enlace dedicado	1	MONTERREY 2	384 Kbps	\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
Enlace dedicado	1	MEXICO 1	1024 Kbps	\$ 58,086.00	\$ 4,408.00
Enlace dedicado	1	MEXICO 1	384 Kbps	\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
Enlace dedicado	1	MEXICO 2	384 Kbps	\$ 38,724.00	\$ 2,901.00
Enlace dedicado	1	GUADALAJARA	512 Kbps	\$ 45,178.00	\$ 3,331.00
TOTAL				\$ 349,131.00	\$ 24,664.00

**Tabla 10-a Costos totales por enlaces dedicados**

DESCRIPCION	CANTIDAD	NODO	ANCHO DE BANDA	CONTRATACION	RENTA
Puerto Frame Relay	1	MONTERREY 1	2048 Kbps	\$ 1,650.00	\$ 11,500.00
Puerto Frame Relay	1	MEXICO 1	1024 Kbps	\$ 1,650.00	\$ 5,760.00
PVC	1	MEXICO 1	1024 Kbps	NA	\$ 19,200.00
Puerto Frame Relay	1	GUADALAJARA	512 Kbps	\$ 1,650.00	\$ 2,880.00
PVC	1	GUADALAJARA	512 Kbps	NA	\$ 8,600.00
TOTAL				\$ 4,950.00	\$ 47,940.00

**Tabla 10-b Costos totales por enlaces Frame Relay**

Además de considerar los costos de la conexión solo entre sitios, se deben incluir los costos de la conexión a Internet, ya que la empresa opto por implementar este servicio. La tabla 10-c muestra los costos finales de la conexión a Internet:

DESCRIPCION	CANTIDAD	NODO	ANCHO DE BANDA	CONTRATACION	RENTA
ADSL LITE	1	MONTERREY 1	512 Kbps / 2048 Kbps	\$ 5,499.00	\$ 5,499.00
TOTAL				\$ 5,499.00	\$ 5,499.00

**Tabla 10-c Costos por conexión a Internet**

Finalmente se incluyen los costos del equipo necesario para implementar la red ya definida:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	NODO	INVERSIÓN INICIAL
Equipo CISCO	6	MONTERREY1	\$ 52,800.00
Equipo CISCO	3	MONTERREY2	\$ 25,900.00
Equipo CISCO	4	MEXICO 1	\$ 67,900.00
Equipo CISCO	3	MEXICO 2	\$ 25,900.00
Equipo CISCO	4	GUADALAJARA	\$ 34,850.00
		TOTAL	\$ 207,350.00

**Tabla 10-d Costos por equipamiento**

Sumando cada uno de los costos necesarios se tiene el precio total para la implementación de la red ( Tabla 10-e ) :

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	RENTA	CONTRATACION O INVERSION INICIAL
Enlace dedicado	7	\$ 24,664.00	\$ 349,131.00
Enlace Frame Relay	3	\$ 47,940.00	\$ 4,950.00
Enlace a Internet	1	\$ 5,499.00	\$ 5,499.00
Equipo CISCO	20	NA	\$ 207,350.00
	TOTAL	\$ 78,103.00	\$ 566,930.00

**Tabla 10-e Costos total de implementación**

Es importante mencionar que existen otros gastos importantes que aunque no se mencionan en el análisis anterior deben considerarse dentro de los costos de implementación de la red:

- Gastos de mantenimiento (gastos por mantenimiento a equipos y sites donde se encuentran)
- Gastos de operación (gastos derivados de los sueldos a empleados que monitorean y resuelven fallas de operación dentro de la red)

## 11 ASPECTOS LÓGICOS

En este capítulo se hace la descripción de los aspectos lógicos de red en base a la estructura final de la red definida anteriormente.

### 11.1 PROTOCOLOS WAN

En esta parte se definen los protocolos WAN utilizados para los enlaces locales y los enlaces Frame Relay que forman el esquema híbrido definido para la implementación final de la red.

**Protocolo WAN de capa 2** : Se define al protocolo PPP como el protocolo de capa 2 a utilizarse para los enlaces locales entre el Nodo México 1 y el Nodo México 2 , y entre Nodo Monterrey 1 y Nodo Monterrey 2 .

Para los enlaces sobre Frame Relay entre el Nodo México 1, Nodo Monterrey 1 y Guadalajara se utiliza el protocolo de capa 2 LAP-F que es administrado por el proveedor de servicios Frame Relay.

### 11.2 TECNOLOGÍAS LAN

La tecnología LAN utilizada en la implementación final de la red es Ethernet 802.3

### 11.3 DIRECCIONAMIENTO IP

La parte de direccionamiento IP consta de dos partes : la parte LAN y la parte WAN , en ambos se utilizo direccionamiento de tipo privado definido por el RFC 1597<sup>1</sup> ya que solo se cuenta con una dirección valida asignada al Proxy definida por el proveedor de servicios.

Se utilizaron redes con mascara de 24 bits y mascara de 30 bits, para la parte LAN y WAN respectivamente.

La mascara de 24 bits proporciona los siguientes beneficios al cliente:

- Se tienen 254 direcciones que permiten la posibilidad de crecimiento en cada sitio dado que ninguno cuenta con más de 50 maquinas.

---

<sup>1</sup> RFC 1597 - Address Allocation for Private Internets

## 11.4 DIRECCIONAMIENTO IP

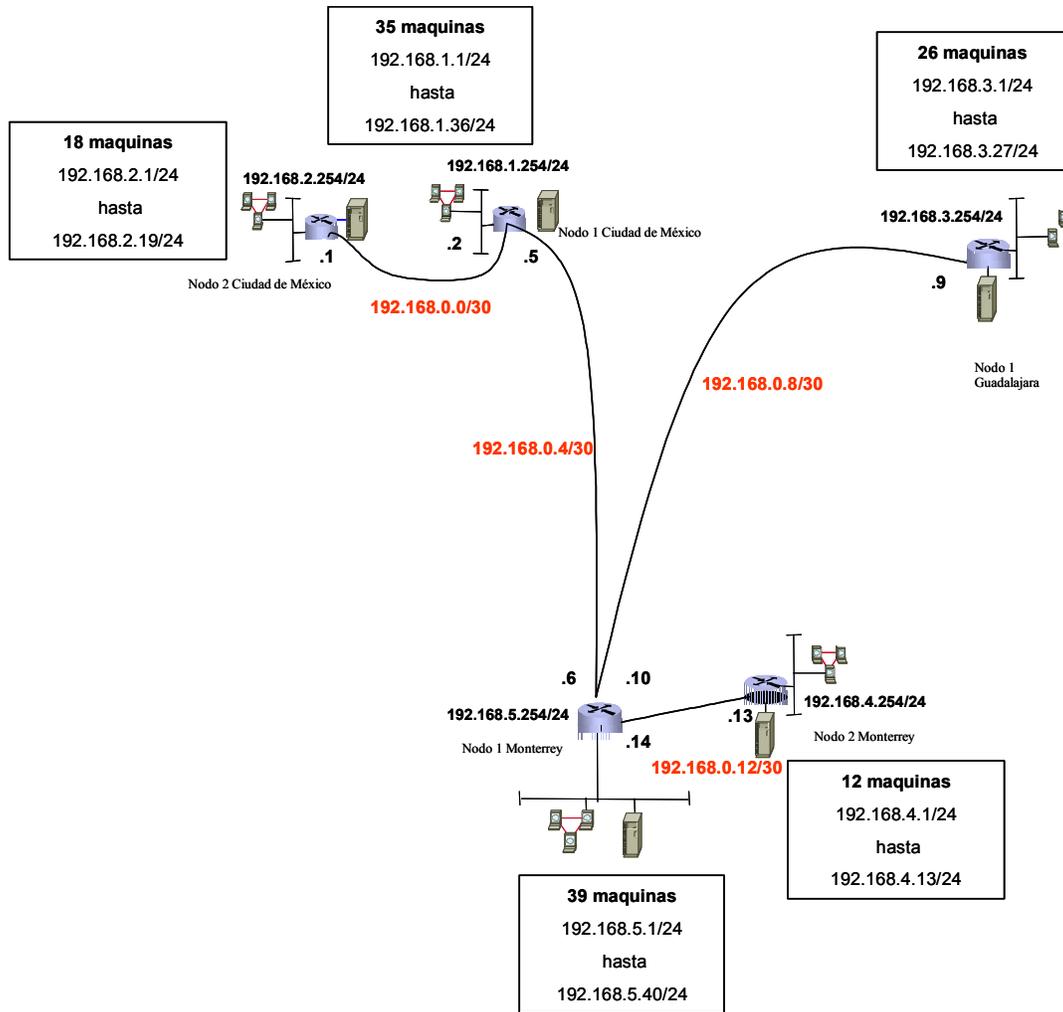


Fig 11-a- Direccionamiento IP

## 11.5 ELECCION DE PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO

OSPF (Algoritmo Abierto de la Primera Trayectoria Más Corta) es el protocolo de enrutamiento de capa 3 que será utilizado en la implementación de la red WAN.

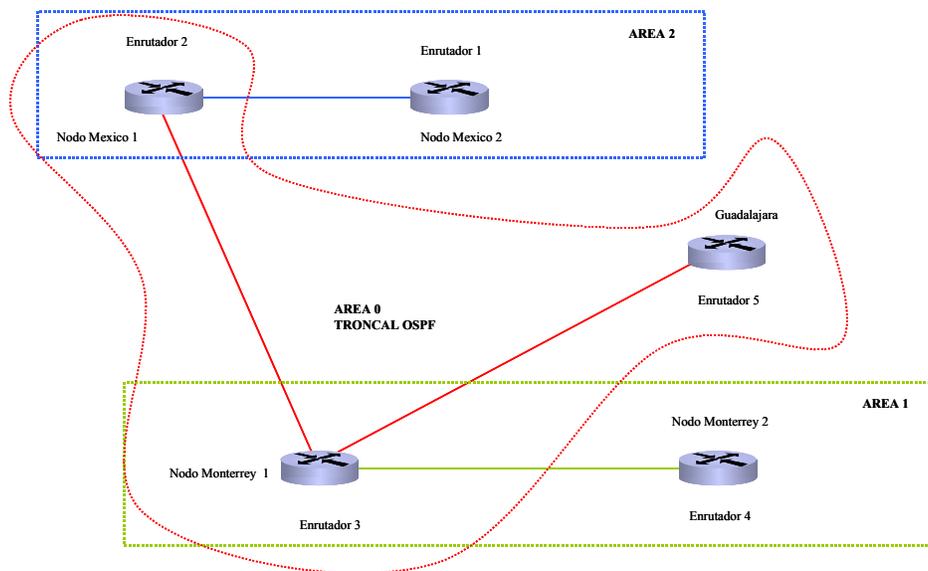
Gracias a que el número de enrutadores que forman a la red es pequeño, es posible hacer una distribución sencilla y práctica de áreas de tal forma que el enrutamiento entre sitios sea lo más rápido y seguro posible.

### 11.5.1 DEFINICION DE AREAS

La definición final de áreas es la siguiente:

- Los enrutadores colocados en los Nodos México 2 y México 1 forman el área 2, mientras que los colocados en los Nodos Monterrey 2 y Monterrey 1 forman el área 1.
- Los enrutadores colocados en los Nodos México 1, Nodo Monterrey 1 y Guadalajara formaran la troncal OSPF o área cero.
- El enrutador colocado en el Nodo Monterrey 1 es un enrutador de frontera ya que este Nodo se definido como la salida principal hacia Internet.

La figura 11-b muestra la definición final de las áreas sobre OSPF:



**Fig 11-b Definición final de áreas**

Con este punto se termina el diseño lógico de la red, el cuál, una vez implementado en la infraestructura de la red, permitirá que esta pueda transportar información entre cualquiera de los sitios que la forman, y que además permitirá la comunicación de estos hacia el Internet, habiéndose entonces satisfecho las necesidades establecidas por el cliente.

## CONCLUSIONES

Las VPN's representan un concepto básico en el desarrollo actual de las tecnologías para redes, siendo una de las soluciones a los problemas actuales de comunicación existentes en las empresas del país.

Las redes VPN's interconectan a través de una red pública a cada uno de los sitios de una misma empresa, ubicados generalmente en diferentes puntos del país, permitiéndoles compartir datos y transmitir información a menores costos de una forma segura y confidencial.

El diseño de una red VPN se divide principalmente en 2 partes: En la primera parte se determinan las necesidades básicas del cliente o bien se define el problema principal de la empresa de tal forma que se conozcan cuales son las circunstancias y elementos que permitirán el diseño final de la red.

En la segunda parte se hace el diseño físico y lógico de la red en base a los elementos con los que cuenta la empresa, a sus necesidades principales y a los requisitos básicos establecidos por la misma empresa para el diseño de la red.

Con la creación de una empresa ficticia que requiriera de los servicios de las VPN's para solucionar sus problemas de comunicación se pudo explicar y conocer mejor las circunstancias que llevan a la empresa y al proveedor de los servicios a determinar el diseño más adecuado a sus necesidades.

Resumiendo los puntos más importantes para el diseño de la red VPN para este caso se tienen:

- Definición del problema: Se requiere que el establecimiento de la comunicación interna entre los 5 sitios que forman a la red sea lo más óptima, rápida y económica posible.
- Diseño físico de la red: Se consideraron solo a 2 de las tecnologías más importantes actualmente que permiten la implementación de las VPN's : Frame Relay y ATM .
- PDH es una tecnología de transporte de capa 1 que establece una conexión punto a punto para la transmisión de datos entre cada uno de los sitios que forman la red , además de que ofrece privacidad , seguridad y un ancho de banda dedicado para el cliente. Sin embargo PDH es una tecnología costosa.
- Frame Relay es otra tecnología de transporte que permite la transmisión de datos entre cada uno de los sitios ,con la diferencia de que el ancho de banda no es dedicado como en PDH, esto podría representar una ventaja para la empresa, ya que el compartir el ancho de banda con otros usuarios disminuye significativamente el costo del servicio. Frame Relay sin embargo es una tecnología que ofrece privacidad pero no ofrece seguridad a la empresa.
- ATM es actualmente la red pública más eficiente en el mercado , aunque no por ello la más económica. Es una tecnología de implementación costosa que permite el uso simultáneo de varios servicios de banda ancha que Frame Relay no puede ofrecer. Desafortunadamente ATM es una tecnología que se encuentra aún en pruebas y no esta disponible en México
- El análisis de costos, ventajas y desventajas de cada una de las tecnologías anteriores asi como las características y demandas establecidas por el cliente determinaron la elección final del esquema híbrido para la comunicación entre los sitios de la red.
- Conexiones adicionales: La empresa requirió establecer una conexión extra hacia Internet con la finalidad de que sus sitios pudieran tener acceso solo de tipo informativo hacia Internet.

- Se definió a un solo sitio como salida principal desde la red interna hacia Internet por cuestiones de seguridad y eficiencia. La elección final de este sitio estuvo determinada por la cantidad de tráfico que circula en el sitio y por la importancia que el sitio representa para la red.
- Se analizaron 2 tecnologías diferentes para este caso : ADSL LITE y enlace dedicado.
- ADSL LITE es una de las tecnologías de conexión a Internet más importantes en el país. Se requirió de un análisis básico de los precios de implementación actuales así como de las ventajas que este servicio ofrece a la empresa .
- El enlace dedicado es una tecnología que establece la conexión a Internet de fácil implementación y contratación , al igual que ADSL LITE , con la diferencia de que este servicio es más caro.
- Se eligió ADSL LITE como la tecnología de conexión a Internet ya que las ventajas que ofrece este servicio cubre las necesidades básicas que la empresa tiene además de que el precio es mucho menor al del enlace dedicado.
- Elección del equipo : Con la elección del esquema híbrido para la comunicación entre sitios y ADSL LITE para la conexión a Internet se pudo determinar finalmente el equipo necesario para la implementación física de la red .
- La empresa exigió que el equipo que se utilizará debía ofrecerle soporte y confiabilidad . Por ello se hizo un análisis entre las marcas existentes en el mercado y se eligió al equipo CISCO como el más adecuado a las requisitos establecidos por el cliente.
- La elección final de los enrutadores para el equipamiento final de la red WAN estuvo determinada por el numero de puertos seriales (enlaces WAN) y puertos LAN (Ethernet) soportados por cada enrutador en base a los requeridos para cada sitio y por el precio final del equipo.
- La arquitectura y el número de usuarios de cada sitio determinan el tipo de switch CISCO (equipo LAN) más adecuado.
- El costo total del equipo incluye solo el equipo LAN (switch) y el equipo WAN (enrutador ) por sitio sin considerar el tipo de cableado necesario para cada caso, el cual se dejo a cargo del cliente.
- Diseño lógico de la red: Dentro de la parte lógica de la red , se define a PPP como el protocolo WAN de capa 2 para los enlaces locales y a LAP-F como el protocolo WAN de capa 2 para los enlaces sobre la red Frame Relay.
- Se utilizó direccionamiento IP de tipo privado para la conexión entre sitios (conexión WAN) y para la conexión interna entre los usuarios de cada sitio (conexión LAN )
- OSPF es el protocolo de capa 3 utilizado en la implementación de la red WAN. Este protocolo permitió una distribución sencilla de áreas de tal forma que cada sitio pudiera contar con la información de enrutamiento necesaria que permitiera establecer la conexión entre ellos.
- Gastos totales : Además de los gastos finales por implementación de la red incluyendo el equipo y la conexión hacia Internet se mencionó la consideración de gastos adicionales que requiere la red ,como lo son el mantenimiento y de operación de la misma.

Con todo lo anterior se puede observar que el proceso de selección final de una VPN no es sencillo. En la búsqueda de un diseño adecuado a las necesidades del cliente se tuvieron que realizar una serie de análisis entre diferentes tecnologías que permitieran establecer una comparación básica que ayudara a la elección del esquema final.

Sin embargo , ya definido e implementado el esquema final de la red sobre el que se establece la conexión de la empresa, esta puede empezar a gozar del transporte de información y lo más importante es que tendrá un diseño hecho a la medida de sus necesidades.

## ANEXOS

### Cisco Catalyst 2950 Series Switches—with Standard Image Software

The Cisco Catalyst 2950SX-24, 2950-24, and 2950-12, members of the Cisco Catalyst 2950 Series Switches, are standalone, fixed-configuration, managed 10/100 switches providing basic workgroup connectivity for small to midsized networks. These wire-speed desktop switches come with Standard Image (SI) Software features and offer Cisco IOS® functionality for basic data, video and voice services at the edge of the network. Embedded in all Catalyst 2950 Series is the Cisco Cluster Management Suite (CMS) Software, which allows users to simultaneously configure and troubleshoot multiple Catalyst desktop switches using a standard Web browser.

This product line offers two distinct sets of software features and a range of configurations to allow small, midsized, and enterprise branch offices to select the right combination for the network edge. The SI software offers Cisco IOS functionality for basic data, video, and voice services. For networks with requirements for additional security, advanced quality of service (QoS), and high availability, the Enhanced Image (EI) software delivers intelligent services such as rate limiting and security filtering for deployment at the network edge.

The Catalyst 2950SX-24, 2950-12, and 2950-24 switches are only available with the SI software for the Catalyst 2950 Series.

- **Catalyst 2950SX-24 Switch**—24 10/100 ports with 2 fixed 1000BASE-SX uplinks
- **Catalyst 2950-24 Switch**—24 10/100 ports
- **Catalyst 2950-12 Switch**—12 10/100 ports

Feature	Description
Performance	<ul style="list-style-type: none"><li>• 8.8-Gbps switching fabric</li><li>• Catalyst 2950-12: 2.4-Gbps maximum forwarding bandwidth</li><li>• Catalyst 2950-24: 4.8-Gbps maximum forwarding bandwidth</li><li>• Catalyst 2950SX-24: 8.8-Gbps maximum forwarding bandwidth</li></ul> <p>(Forwarding Rates based on 64-byte packets)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Catalyst 2950-12: 1.8-Mpps wire-speed forwarding rate</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Catalyst 2950-24: 3.6-Mpps wire-speed forwarding rate</li> <li>• Catalyst 2950SX-24: 6.6-Mpps wire-speed forwarding rate</li> <li>• 8-MB packet buffer memory architecture shared by all ports</li> <li>• 16-MB DRAM and 8-MB Flash memory</li> <li>• Configurable up to 8000 MAC addresses</li> </ul>
Y2K	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Y2K compliant</li> </ul>
Connectors and Cabling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10BASE-T ports: RJ-45 connectors, two-pair Category 3, 4, or 5 unshielded twisted-pair (UTP) cabling</li> <li>• 100BASE-TX ports: RJ-45 connectors; two-pair Category 5 UTP cabling</li> <li>• 1000BASE-SX ports: MT-RJ connectors, 50/125 or 62.5/125 micron multimode fiber-optic cabling</li> <li>• Management console port: 8-pin RJ-45 connector, RJ-45-to-DB9 adapter cable for PC connections; for terminal connections, use RJ-45-to-DB25 female data-terminal-equipment (DTE) adapter (can be ordered separately from Cisco, part number ACS-DSBUASYN=)</li> </ul>
MT-RJ Patch Cables for Catalyst 2950SX-24 Switch	<p>Type of Cable, Cisco Part Number</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-meter, MT-RJ-to-SC multimode cable, CAB-MTRJ-SC-MM-1M</li> <li>• 3-meter, MT-RJ-to-SC multimode cable, CAB-MTRJ-SC-MM-3M</li> <li>• 5-meter, MT-RJ-to-SC multimode cable, CAB-MTRJ-SC-MM-5M</li> <li>• 1-meter, MT-RJ-to-ST multimode cable, CAB-MTRJ-ST-MM-1M</li> <li>• 3-meter, MT-RJ-to-ST multimode cable, CAB-MTRJ-ST-MM-</li> </ul>

	<p>3M</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5-meter, MT-RJ-to-ST multimode cable, CAB-MTRJ-ST-MM-5M</li> </ul>
Power Connectors	<p>Customers can provide power to a switch by using either the internal power supply or the Cisco Redundant Power System (RPS) 300. The connectors are located at the back of the switch.</p> <p>Internal Power Supply Connector</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The internal power supply is an auto-ranging unit.</li> <li>• The internal power supply supports input voltages between 100 and 240 VAC.</li> <li>• Use the supplied AC power cord to connect the AC power connector to an AC power outlet.</li> </ul> <p>Cisco RPS Connector</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The connector offers connection for an optional Cisco RPS 300 that uses AC input and supplies DC output to the switch.</li> <li>• The connector offers a 300-watt redundant power system that can support six external network devices and provides power to one failed device at a time.</li> <li>• The connector automatically senses when the internal power supply of a connected device fails and provides power to the failed device, preventing loss of network traffic.</li> <li>• Attach only the Cisco RPS 300 (model PWR300-AC-RPS-N1) to the redundant-power-supply receptacle.</li> </ul>
Dimensions and Weight (H x W x D)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.72 x 17.5 x 9.52 in. (4.36 x 44.45 x 24.18 cm)</li> <li>• One rack-unit high (1.72 in./4.36 cm)</li> <li>• 6.5 lb (3.0 kg)</li> </ul>
Environmental Ranges	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operating temperature: 32° to 113° F (0°C to 45° C) \</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storage temperature: -13° to 158° F (-25° to 70° C)</li> <li>• Operating relative humidity: 10 to 85% (non-condensing)</li> <li>• Operating altitude: Up to 10,000 ft (3,000 m)</li> <li>• Storage Altitude: Up to 15,000 ft (4,500 m)</li> </ul>
Power Requirements	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Power consumption: 30W (maximum), 102 BTUs per hour</li> <li>• AC input voltage/frequency: 100 to 127 or 200 to 240 VAC (auto-ranging), 50 to 60 Hz</li> <li>• DC Input Voltages for Cisco RPS 300 RPS: +12V @ 4.5A</li> </ul>
Acoustic Noise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 7770, bystander position—operating to an ambient temperature of 30 degrees Celsius: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>○ WS-C2950-24, WS-C2950-12, WS-C2950C-24, WS-C2950T-24: 46dBa</li> <li>○ WS-C2950G-12, WS-C2950G-24: 46 dBa</li> <li>○ WS-C2950G-48: 48 dBa</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
Mean Time Between Failure (MTBF) Predicted	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 268,292 hours (Catalyst 2950-24)</li> <li>• 318,440 hours (Catalyst 2950-12)</li> <li>• 403,214 hours (Catalyst 2950SX-24)</li> </ul>

## Enrutador de acceso modular Cisco 1720

### *Acceso flexible a Internet para pequeñas y medianas empresas y pequeñas sucursales*

Preparar una pequeña o mediana empresa o una pequeña sucursal para el futuro implica mejorar el equipamiento de red con tres características de gran importancia:

- Flexibilidad para adaptarse al continuo cambio de los requisitos y el crecimiento.
- Protección de la inversión con características y rendimiento que puedan admitir los nuevos servicios WAN como son las redes privadas virtuales (VPN) y el acceso por línea digital de abonado de banda ancha (xDSL) y cable, bien actualmente o cuando se los requiera.
- La integración de múltiples funciones de red, incluyendo firewall y unidad de servicio de datos (DSU) opcionales para simplificar el despliegue y la administración.

El enrutador de acceso Cisco 1720 ofrece estas capacidades con la potencia del software Cisco IOS en un producto modular e integrado para el acceso a Internet, intranet o extranet

El enrutador Cisco 1720 ofrece una solución de acceso WAN versátil con la flexibilidad, la integración de dispositivos y la potencia del software Cisco IOS



El enrutador Cisco 1720 ofrece una extraordinaria combinación de flexibilidad, seguridad y facilidad de implementación.

<b>Características principales</b>	<b>Ventajas</b>
<b>Flexibilidad</b>	
<b>Compatibilidad total con Cisco IOS</b>  Incluyendo enrutamiento multiprotocolo  [IP, IPX, AppleTalk, IBM/SNA] y	Compatibilidad con la estructura software de redes más potente, ampliable y con mayor gama de prestaciones de la industria, haciendo uso del software de red estándar para Internet y WAN privadas  Es parte de la solución de redes Cisco de extremo a extremo

derivación)	
<b>Arquitectura modular (ranuras de tarjetas WAN)</b>	Permite opciones WAN flexibles en el enrutador Cisco 1720, protegiendo la inversión
<b>Tarjetas de interfaz WAN compartidas con enrutadores Cisco 1600, 2600 y 3600</b>	<p>Reducción de los costos de mantenimiento del inventario</p> <p>Reducción de los costos de capacitación del personal de soporte técnico</p> <p>Protege la inversión mediante la reutilización en varias plataformas</p>
<b>Fast Ethernet 10/100 con detección automática</b>	Hace más sencilla la implementación en entornos Ethernet mixtos
<b>Ranura de expansión en la placa base</b>	Ofrece capacidad de ampliación para la compatibilidad con futuros servicios, como la compresión asistida por hardware
<p><b>Opciones de conexión de banda ancha</b></p> <p>(la conexión xDSL y cable ofrece acceso de banda ancha de clase empresarial)</p>	<p>Potencia las tecnologías de acceso de banda ancha como el cable y xDSL para incrementar las velocidades de conexión WAN y reducir los costos de acceso</p> <p>Admite la conexión SDSL y ADSL con el enrutador Cisco 633 SDSL y la tarjeta de interfaz WAN ADSL</p> <p>La conexión por cable con el enrutador Cisco 1720 y la DSU cable opcional integrada de la serie de enrutadores de banda ancha universal Cisco uBR910 proporciona acceso de banda ancha de clase empresarial</p>
<p><b>Integración de dispositivos</b></p> <p>(enrutador, firewall, cifrado, servidor de túnel VPN, DSU/CSU y NT1 integrados en un</p>	Reduce los costos y simplifica la gestión si lo comparamos con soluciones basadas en varios dispositivos independientes

solo dispositivo)	
<b>Seguridad y soporte VPN</b>	
<p><b>Firewall</b></p> <p>(Cisco IOS Firewall incluye control de acceso basado en el contexto para el filtrado dinámico firewall, detección y prevención de denegación de servicio, bloqueo Java y alertas en tiempo real).</p>	<p>Permite que los usuarios internos tengan acceso a Internet con un control de acceso dinámico seguro basado en aplicaciones, a la vez que evita que los usuarios de Internet no autorizados tengan acceso a la LAN interna</p>
<p><b>Cifrado</b></p> <p>(El módulo VPN IPSec DES y Triple DES para el cifrado basado en hardware de alta velocidad)</p>	<p>Permite la creación de VPN a velocidad de cable proporcionando la privacidad, integridad y autenticidad de datos estándar en el mundo empresarial para los datos que atraviesan las redes públicas</p> <p>Proporciona una opción para el despliegue del cifrado de alta velocidad asistido por hardware hasta un rendimiento T1/E1</p>
<p><b>Autenticación de los dispositivos y administración de llaves</b></p> <p>IKE, certificación digital X.509v3, soporte para el protocolo CEP (Certificate Enrollment Protocol) con organismos de certificación como Verisign y Entrust</p>	<p>Garantiza la identidad y autenticidad apropiadas de dispositivos y datos</p> <p>Habilita la capacidad de ampliación a redes IPSec de gran tamaño a través de la administración automatizada de llaves</p>

<p><b>Tunneling</b></p> <p>IPSec, GRE, L2TP, L2F</p>	<p>Elección de métodos de tunneling basados en estándares para la creación de VPN para tráfico IP y no IP</p> <p>Permite que cualquier cliente IPSec o L2TP basado en estándares pueda interoperar con las tecnologías de tunneling Cisco IOS</p>
<p><b>Calidad de servicio (QoS)</b></p> <p>(CAR, enrutamiento de normativas, WFQ, PQ/CBWFQ, GTS, FRTS, RSVP)</p>	<p>Asigna el ancho de banda WAN a las aplicaciones prioritarias para mejorar el rendimiento</p>
<p><b>Facilidad de implementación</b></p>	
<p><b>Gestión</b></p> <p>Gestionable mediante SNMP (CiscoView, CiscoWorks2000), Telnet y el puerto de consola)</p>	<p>Permite el control, configuración y diagnóstico desde una ubicación central de todas las funciones que se integran en el enrutador 1720, reduciendo el tiempo y los costos de gestión</p>
<p><b>Facilidad de uso e instalación</b></p> <p>Cisco ConfigMaker, utilidad de configuración SETUP, AutoInstall, puertos/cables con códigos de color e indicadores LED de estado</p>	<p>Simplifican y reducen el tiempo y los costos de instalación con el configurador gráfico de directivas LAN/VPN, línea de comandos, preguntas relativas a la configuración sensibles al contexto y cableado directo</p> <p>Los LED permiten rapidez en los diagnósticos y en la resolución de problemas</p>
<p><b>Conversión de direcciones de red y Easy IP</b></p>	<p>Simplifica la instalación y reduce los costos de acceso a Internet</p>

## Bajos costos de propiedad

### **Fiabilidad y capacidad de ampliación**

(El software Cisco IOS, enrutamiento de conexión telefónica bajo demanda; memoria Flash de banco doble, protocolos de enrutamiento ampliables, como por ejemplo OSPF, EIGRP y HSRP)

Mejora la fiabilidad de la red y hace posible la ampliación a redes de gran tamaño

## REFERENCIAS

- Areitio, J. "Aspectos Esenciales sobre Tecnología de Red ATM". Conectónica. Nº 13. Diciembre 1996.
- Areitio, J. et al. "Red Digital de Servicios Integrados: Estructura, Servicios, Acceso y Evolución Futura". Ael. Nº 70. Enero 1997.
- Areitio, J. "Comunicaciones a Alta Velocidad en Redes PSTN". REE. Nº 419. Octubre 1989.
- Goralski, W.J. "ADSL and DSL Technologies". McGraw-Hill. NY. 1998.
- Rauschmayer, D. "ADSL/VDSL Principles: A Practical and Precise Study of Asymmetric Digital Subscriber Lines and Very High Speed Digital Subscriber Lines". Macmillan Technical Publishing. 1998.
- Ransom, N. and Azzam, A.A. "Broadband Access Technologies: ADSL/VDSL, Cable Modems, Fiber and LMDS". McGraw-Hill. NY. 1999.
  
- Recomendación G.992.1 transceptores ADSL ( hasta 7 Mb/s ).
- Métodos para sistemas DSL para negociar modos de operación mutuamente soportados (G.994.1)
- Arquitectura de referencia para sistemas ADSL (G.995.1)
- Métodos de prueba para sistemas ADSL (G.996.1)
- Gestión de sistemas ADSL (G.997.1)
- Tecnologías de interconectividad de redes, Cisco Systems , Edit. Prentice Hall
- The Point-to-Point Protocol (PPP), Request for Comments 1661, July 1994, W. Simpson.
- PPP LCP Extensions, Request for Comments 1570, January 1994, W. Simpson.
- PPP LCP Internationalization Configuration Option, Request for Comments 2484, January 1999, G. Zorn.
- PPP white paper, Morning Star Technologies.
- Redes de computadoras, 1997, Tanenbaum, Andrew S.
- Diversos documentos obtenidos en Internet.
- PPP Point to Point Protocol (<http://atenea.udistrital.edu.co/cursos/mt.redes/grp04/ppp.html>)
- Cisco Internetwork Desing , Cisco, Volumen 1, Versión 3.0
- Cisco Internetwork Desing, Cisco, Capítulo 10
- Frame Relay Fourum (<http://www.frforum.com/4000/4013.html>).....(1))

- "FRFs" (<http://frame-relay.indiana.edu/5000/Approved/> )
- Experimentos y evaluación de métodos de arranque remoto aplicados a aulas informáticas (<http://www.rediris.es/rediris/boletin/58-59/ponencia8.html>)
- Las Primeras Redes (<http://espanol.geocities.com/denisonso2002/Redes.htm>)
- ANSI (*American National Standards Institute*, Instituto nacional estadounidense de estándares) (<http://www.terra.com/informatica/que-es/ansi.cfm>)
- UIT Visión general - Funciones y actividades de la Unión (<http://www.itu.int/aboutitu/overview/role-work-es.html>)
- Conmutación y señalización (<http://www.iies.es/teleco/asesoria/tecnica/uit/ndexq.htm>)
- Frame Relay (<http://www.telcel.net.ve/download/tecno/Frame.pdf>)
- CCITT Rec I.362 B-ISDN ATM Adaptation Layer (AAL) functional description. Geneva 1991.
- Frame Relay in Public Networks. M. Irfan Ali. IEEE - Communications Magazine - March 1992.
- Varios Brochures de fabricantes. Alcatel, Stratacom, Digital Link Corporation.
- ATM Internetworking. Anthony Alles. Cisco Systems Inc, Marzo 1995.
- Global Telephony Sept 1994, vol.2, No.8. ATM Testing crosses network boundaries, Jim Frimmel.
- Newslink, Alcatel Telecom's customer magazine. Vol. IV No.4, 4th Quarter 1996. Adapting Networks to the Internet Challenge. Krish Prabhu.
- Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals ([http://www.iec.org/online/tutorials/atm\\_fund/index.html](http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/index.html))
- Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals ([http://www.telefonica-data.com/esp/html/servicios/ATM/f1\\_m.htm](http://www.telefonica-data.com/esp/html/servicios/ATM/f1_m.htm))
- Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals (<http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Articulos/atm.html>)
- Fundamentos de Redes ATM (<http://cursos.uaci.mx/ATM/indatm.htm> )
- RFC 1467 - Difusión de CIDR en Internet
- RFC 1517 - Condiciones de aplicabilidad de CIDR

- RFC 1518 - Una arquitectura para la distribución de direcciones IP con CIDR
- RFC 1519 - CIDR: asignación de direcciones y estrategia de agregación
- RFC 1520 - Intercambiando información de encaminamiento a través de las fronteras de los proveedores en el entorno CIDR
- RFC 1166 - Números de Internet
- RFC 1597 - Address Allocation for Private Internets
- RFC 826 Ethernet Address Resolution
- Redes de computadores. Protocolos, normas e interfaces, 2.<sup>a</sup> Edición. ,Autor: Uylless Black ,Ed. Alfaomega
- McLeod, R., "Management Information Systems" 7th. ed., Prentice Hall, 1998.
- El switch Catalyst® 2948G  
([http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/si/casi/ca2900/prodlit/\\_sp\\_2948g\\_ds.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/si/casi/ca2900/prodlit/_sp_2948g_ds.htm))
- El router de acceso Cisco 1720  
([http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/1700/prodlit/\\_sp\\_1720\\_ds.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/1700/prodlit/_sp_1720_ds.htm))
- Tecnologías de Interconectividad de Redes , Cisco Systems , Edit Prentice Hall

**PARA CUALQUIER DUDA SOBRE ESTE TRABAJO SE PUEDEN CONTACTAR A LOS AUTORES EN  
LAS SIGUIENTES DIRECCIONES ELECTRONICAS:**

SUSANA ALINE MONTERO MARTINEZ [alineunam@hotmail.com](mailto:alineunam@hotmail.com)

LUIS ANTONIO VERGARA BAEZ [lavb0978@yahoo.es](mailto:lavb0978@yahoo.es)