

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN  
INGENIERIA**

**SOLUCIONES CORPORATIVAS DE REDES DE COMUNICACIÓN  
MULTISERVICIOS PARA LOS CLIENTES DE HIGHTELECOM**

**AUTOR: BOLIVAR EDUARDO COSTALES FLOR  
SANGOLQUI-ECUADOR**

**JULIO - 2008**

## **CERTIFICACION**

Nosotros, Ingeniero Wilson Yépez e Ingeniero Luís Orozco en calidad de Director y Coordinador, respectivamente, certificamos que la tesis titulada: “Soluciones Corporativas de Redes de Comunicación Multiservicios para los clientes de HIGH TELECOM”, ha sido elaborada por el Señor Bolívar Eduardo Costales Flor, de acuerdo al plan previamente aprobado por el Consejo de Carrera de ingeniería en electrónica y telecomunicaciones de la Escuela Politécnica del Ejercito, por lo que autorizamos para que el antes mencionado señor, reproduzca el documento definitivo y lo presente a las autoridades respectivas y proceda con la exposición de su contenido

**Ing. Wilson Yépez**

Director

**Ing. Luís Orozco**

Codirector

## RESUMEN

El presente proyecto de grado pretende plasmar y satisfacer todas y cada una de las necesidades de la estructura teleinformática

de la empresa Hightelecom, con la finalidad de que el diseño aquí descrito luego de haber sido adaptado y modificado a

las distintas necesidades de los clientes de Hightelecom , satisfaga objetivamente y de una manera óptima todas y cada uno de las necesidades que la nueva red demande.

Sintetizando las necesidades primordiales tenían las siguientes características:

1.-Implementar VOIP, en vista que requiriese reducir el consumo

y gasto telefónico entre las sedes; ósea entre la matriz y sucursales.

2.- Otro de los requerimientos era tener un solo acceso a Internet,

para toda la red corporativa, desde la oficina matriz de Quito y hacer que los usuarios de las otras sucursales; naveguen usando

el acceso a Internet de Quito, para de esta manera explotar más

eficientemente los recursos de los que se disponen.

3.- Además la empresa necesitaba y era prioritario manejar información administrativa, financiera y contable en línea, lo cual

se consiguió con el diseño en este documento descrito y detallado.

Por todas estas razones se monto un enlace dedicado entre las distintas sedes de la empresa, y enlaces Spread Spectrum entre

las subsedes, las que de acuerdo a su disposición y localización

tienen distancias relativas entre ellas (subsedes)

## DEDICATORIA

A mi abuelo materno el Doctor Jaime Flor Vásconez, hombre humilde, sabio, generoso, talentoso y honesto

A Alberto y Eduardo Rubianes Pérez (Sacerdotes Jesuitas) talentosos, humildes, ejemplares, sabios, piadosos y llenos de entrega a su vocación, obligaciones y actividades diarias

Al Dr. Juan Larrea Holguín ser humano ejemplar, el mejor referente y guía espiritual al que hubiera podido aspirar

A mi padre Economista Bolívar Costales Gavilanes quién con su ejemplo, tenacidad e insistencia me incentivo a desarrollar este proyecto

A mis familiares, madre. Hermanos, amigos y mis madres putativas Ana Lucia y María.

Quiero también mencionar a mi abuela Mercedes Rubianes de Flor, a quién desde ya hecho de menos, en vista de que se encuentra en el eclipse de su vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Son múltiples las personas e instituciones a las cuales me veo en la obligación de agradecer, y con las que me siento comprometido; en vista que cada una de ellas ha tenido distinto desenvolvimiento e influencia a lo largo de mi vida.

A mis Padres y Hermanos quienes han sido puntal fundamental de que este proyecto se haya hecho realidad.

A María mi segunda madre, quien con su inquietud y derecho ganado a lo largo de los años a influenciado en todo el transcurrir de mi vida.

A HIGH TELECOM y su personal quienes me permitieron colaborar en el desarrollo de este proyecto.

A GIGOWIRELESS empresa proveedora de Internet, dónde me desempeñe como Gerente Técnico y di mis primeros pasos en el desarrollo profesional

A ANDINATEL y la Comandancia donde desarrolle mis prácticas preprofesionales.

También mi reconocimiento a las instituciones en las que me eduque, en primer lugar al Colegio "INTISANA" por la calidad en la formación humano – espiritual, en ella recibida, a la Escuela Superior Politécnica del Ejército, por la disciplina y respeto inculcado en sus aulas.

A mis guías en el desarrollo de esta tesis , distinguidos profesionales y maestros Ingeniero Wilson Yépez e Ingeniero Luís Orozco, quienes han tenido paciencia y tolerancia con la lenta ejecución de mi parte en la redacción de este documento

A Dios y la Virgen Dolorosa razones fundamentales de mi existencia  
y de mi futuro desempeño profesional

## PROLOGO

La razón del desarrollo de este proyecto es para dar soluciones teleinformáticas tanto a la empresa auspiciante HIGHTELECOM como a sus futuros clientes y también a la cartera actual de clientes, realizándose modificaciones o ampliaciones de las redes actuales siguiendo los parámetros en esta tesis sugeridos, con el propósito de facilitar la comunicación entre los distintos departamentos y sucursales que comprenden y constituyen a estas empresas, especificadas como clientes.

En detalle parametrizando las características de este desarrollo enumeraremos las características necesarias y obligatorias que cualquiera de las implementaciones desarrolladas con este diseño debería tener:

1.-Se recomienda que toda la infraestructura telefónica se maneje mediante el uso de VOIP, dado que el requerimiento es reducir el consumo y gasto telefónico entre las sedes; o sea, matriz y sucursales.

2.- Otro requisito es tener un solo acceso a Internet en la oficina matriz y hacer que los usuarios de otras sede o sucursales naveguen usando el acceso a Internet de la Matriz teniendo un solo punto de acceso abaranto costos y sacando mayor provecho a los recursos de la red corporativa. De esta manera se conseguirá tener una comunicación más dinámica e interactiva entre los usuarios de la red, lográndose manejar información administrativa, financiera y contable en línea, mejorando la eficiencia dentro de cualquier empresa.

Todas estas características aquí mencionadas permitirán al administrador de la red, hacer control, monitoreo y modificaciones,

como también asignar o quitar privilegios a los usuarios desde cualquier terminal de la red en cuestión

3.- Todas estas fortalezas de la red anteriormente mencionadas permitirán al administrador de la red realizar cualquier modificación de las cuentas de correo electrónico de cualquier usuario o de la pagina web (de existir esta ), en caso que la empresa tenga contratado un dominio dentro de internet, dependiendo de las características que el servidor de esta tenga.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Certificación	II
Resumen	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	VI
Prologo	VIII
Índice de contenido	X
Índice de Tablas	XVIII
Índice de Figuras	XIX
Índice de Hojas Técnicas	XXIII
Glosario	XXIV
Bibliografía	XXVI

### CAPITULO #1

Introducción	1
1. Reseña histórica de los sistemas de comunicación	1
1.2 Descripción de la infraestructura actual de High Telecom	4
1.3 Oficina Matriz	4
1.3.1 Telefonía	4
1.3.2 Switching	5
1.3.3 Cableado	5
1.3.4 Intercinexión	6

1.4 Sucursal	6
1.4.1 Telefonía	6
1.4.2 Switching	7
1.4.3 Cableado	7
1.5 Los sistemas de comunicaciones en el Ecuador	7
1.6 Perspectivas	8

## CAPITULO #2

2. Características de las Empresas que requieran nuestro diseño	10
2.1 Análisis de la actual situación de comunicaciones	10
2.2 Tecnología existente	11
2.2.1. Telefonía	11
2.2.2 Voz sobre IP	12
2.2.3 Componentes de Voz sobreIP	12
2.3 Protocolos de VoIP	14
2.3.1 Protocolo H.323	15
2.3.2 Protocolo SIP	19
2.3.3 Protocolo IAX	19
2.3.4 Protocolo MGCP	20
2.4 Voz sobre una red inhalambrica	21
2.4.1 WMM	21
2.4.1.a)AIFS (arbitration inter frame space)	23
2.4.1.b)CW(contention Window size	23
2.4.1.c)TXOP(transmit opportunity)	23
2.4.2.Control de admision de llamadas	24
2.5. Redes LAN	25
2.6 Redes LAN Ethernet	25

2.7 Formato de trama Ethernet	28
2.8 Tipos de redes Ethernet	30
2.8.1 Ethernet 10 base2	31
2.8.2 Ethernet 10 base5	31
2.8.3 Ethernet 10 baseT	31
2.8.4 Ethernet 10 base-Fx	31
2.8.5 Fast Ethernet	32
2.9 Redes Lan Token Ring	32
2.9.1 Tokens	34
2.9.2 Sistemas de prioridad	36
2.9.3 Mecanismos de control	37
2.10 Redes WLAN (Redes inalámbricas de área local)	38
2.10.1 IEEE802.11a	39
2.10.2 IEEE802.11b	39
2.10.3 IEEE802.11g	39
2.11. Tecnología de espectro ensanchado	
2.11.1 Tecnología de espectro ensanchado por secuencia directa	
DSSS	41
<b>2.12 Tecnología de espectro ensanchado por salto de frecuencia</b>	<b>42</b>
2.13 Tecnología de espectro disperso de multiplexación de división de frecuencias ortogonal (OFDM)	<b>43</b>
2.14 Configuración WLAN	45
2.14.1 Peer to peer o redes Ad-hoc	45
2.14.2 Modo infraestructura	45
2.14.3 Enlace entre varias LAN o WMAN	46
2.15 Redes VPN (Red privada virtual)	47
2.15.1 VPN Tunneling	47
2.15.2 Tuneles Lan-Lan	47
2.15.3 Tuneles Cliente	47

2.16 Redes de área extendida WAN	48
2.17. Enlaces punto a punto en una red WAN	49
2.18 Conexiones temporales a través de RTB o RDSI	49
2.19 Accesos permanentes con ADSL o con cable módem	51
2.19.1 Alquiler de líneas de transmisión para uso exclusivo	52
2.19.2 Alquiler de circuitos virtuales permanentes o temporales	53
2.20 Red privada virtual (VPN)	54
2.21 Circuitos de transmisión para redes WAN	56
2.22 Líneas de telefonía analógica	56
2.23 Cable módem	58
2.24 Líneas RDSI	61
2.25 Servicios de Red WAN	61
2.26 Capa física WAN	62
2.27 Capa de Enlace de Datos: Protocolos WAN	63
2.28 ATM	64
2.29 Router y Comunicación entre redes	66
2.29.1 Pila de protocolo TCP/IP	66
2.30 Paquetes de datos	68
2.31 Comunicación entre ordenadores en una red	69
2.31.1 Comunicación entre ordenadores en dos redes.	
ROUTERS	70
2.32 Funcionamiento de un Router	72
2.32.1 Componentes básicos de un router	74
2.33 Tipos de ROUTERS	75
2.34 Protocolos de enrutamiento	76
2.34.1 RIP	77
2.34.2 IGRP (protocolo de enrutamiento de Gateway interior)	78

2.34.3 EIGRP (protocolo de enrutamiento de Gateway interior mejorado)	78
2.34.4 OSPF	78
2.35 Dispositivos de Conmutación (SWITCH)	78
2.36 SWITCHES de capa 2	79
2.36.1 Control de trafico	79
2.36.2 Escalabilidad para el soporte de nuevas aplicaciones	79
2.36.3 Rendimiento en el manejo de tráfico de la red	79
2.36.4 Manejo de redes virtuales	79
2.36.5 Seguridad	80
2.36.6 Tolerancia a fallas	80
2.36.7 Tendencias tecnológicas	80
2.37 SWITCHES de capa 3	81
2.37.1 Control de tráfico	81
2.37.2 Escalabilidad para el soporte de nuevas Aplicaciones	81
2.37.3 Rendimiento en el manejo de tráfico de la red	81
2.37.4 Manejo de redes virtuales	81
2.37.5 Seguridad	82
2.37.6 Tolerancia a fallas	82
2.37.7 Tendencias tecnológicas	82
2.38 Alternativas de cambio	83
2.38.1 Solución Alternativa para VOIP	84
2.38.2 Servidor Asterisk	84
2.39 Calidad de servicio (QoS)	86

<b>CAPITULO #3</b>	<b>88</b>
3 Soluciones Tecnológicas de la red de comunicaciones multiservicios	88
3.1 Análisis de procesos	88
3.2 Análisis de necesidades de la empresa	88
3.3 Tecnología a aplicarse	89
3.4 Evaluación de posible solución	91
3.5 Alternativa 1 Topología de Red 1	93
3.6 Alternativa 2	97
3.6.1 Topología de Red 2	97
3.7 Cálculo del Radioenlace de microonda digital	97
3.7.1 Recopilación de datos	98
3.7.2 Coordenadas geográficas	98
3.7.3. Perfiles de trayecto	101
3.7.4. Plan de frecuencias	104
3.7.5 Diseño de la torre	106
3.7.6 Elección de la guía de onda	108
3.8 Accesorios	110
3.9 Especificaciones de los equipos a utilizar	111
3.10 Análisis legal	113
3.11 Disponibilidad del sistema	113
3.11.1 Métodos de cálculo	114

## **CAPITULO #4**

4. Análisis económico del Proyecto	114
4.1 Inversiones	114

4.2 Mensualidades	117
4.3 Ingresos y Gastos	117
4.4 Cashflow	118
4.4.1 Proyección del Cashflow	118
4.5 Indicadores económicos	119
4.6 Análisis de costos	119

## **CAPITULO #5**

5. Conclusiones y Recomendaciones	120
5.1 Conclusiones	120
5.2 Recomendaciones	125

## **ANEXOS**

### **1. Esquemas y graficas del diseño en extensión**

**1.1 Grafica del diseño de telecomunicaciones propuesto para ser implementado en Hightelecom**

**1.2 Grafica del diseño de telecomunicaciones implementado en Hightelecom**

### **2. Hojas técnicas de equipos utilizados y datasheets de los equipos utilizados en la implementación del sistema teleinformática**

**A1 Datasheet Breeze NET DS.11 Wireless Bridging (Alvarion 2 páginas)**

**A2 Datasheet HIPATH 3000 V4 Real Time IP system (SIEMENS 12 páginas)**

**A3 Datasheet Teléfonos de sistemas Optipoint 500 (8 páginas)  
datasheet Breeze AccessVL&BreezeNET B Understanding  
Priority Functionality (ALVARION)**

**A4 Datasheet Hipath 3000 V6.0 (SIEMENS)**

**A5 Datasheet OPTICLIENT 130S V2.0 (SIEMENS)**

**A6 Datasheet opti Point 150 S The Entry-Level IP phone for SIP (SIEMENS)**

**A8 Datasheet opti Point 410 S opti Point 420 S (SIEMENS)**

**A9 Datasheet BreezeACCESS VL &BreezeNET B Voice over ip Support (Alvarion)**

### **3. INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla. 1.1 Tecnologías de acceso</b>	<b>4</b>
<b>Tabla 2.1 Categorías de Acceso de Wi-Fi Multimedia</b>	<b>22</b>
<b>Tabla. 2.2 Comparación entre los principales estándares 802.11</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 2.3 Tabla de enrutamiento</b>	<b>73</b>
<b>Tabla. 3.1. Enlaces y Distancias</b>	<b>101</b>
<b>Tabla.3.2 Plan de Frecuencias</b>	<b>104</b>
<b>Tabla. 3.3 Parámetros de Radioenlaces</b>	<b>105</b>
<b>Tabla.3.4 . Distancias Enlaces</b>	<b>105</b>
<b>Tabla. 3.5 Antenas en Recepción y Transmisión</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 4.1 inversiones</b>	<b>115-116</b>
<b>Tabla 4.2 Mensualidades</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 4.3 Cash Flow</b>	<b>118</b>
<b>Tabla 4.4 Indicadores económicos</b>	<b>119</b>

## **INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS**

<b>Figura 1.1 Estado actual de las comunicaciones en High Telecom.</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2.1 Servidor de procesamiento de llamadas</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2.2 Pila de protocolos RTP</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2.3 Modelo de red TCP/IP &amp; OSI y protocolos principales</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2.4 Componentes de una red H.323. y una red de telefonía</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2.5 Componentes de una Comunicación H.323</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2.6 Lógica interna de cola en WMM</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2.7 Transmisión Ethernet</b>	<b>27</b>
<b>Figura 2.8 Trama Ethernet</b>	<b>29</b>
<b>Figura 2.9 Campos de trama Ethernet</b>	<b>29</b>
<b>Figura 2.10 Variedades de Ethernet</b>	<b>30</b>
<b>Figura 2.11 Redes LAN Token Ring</b>	<b>33</b>

<b>Figura 2.12 Formato de token</b>	<b>35</b>
<b>Figura. 2.13 Codificación de la información mediante la secuencia de Barker</b>	<b>41</b>
<b>Figura. 2.14 Modo de trabajo de la técnica FHSS</b>	<b>43</b>
<b>Figura. 2.15 Modulación convencional y modulación con portadoras ortogonales</b>	<b>44</b>
<b>Figura. 2.16 Redes de igual a igual</b>	<b>45</b>
<b>Figura. 2.17 Redes modo infraestructura</b>	<b>46</b>
<b>Figura. 2.18 Enlace entre varias LAN o WMAN</b>	<b>46</b>
<b>Figura 2.19 Red de Área Extendida WAN</b>	<b>49</b>
<b>Figura. 2.20 Conexiones Temporales</b>	<b>51</b>
<b>Figura. 2.21 Líneas de Transmisión de uso Exclusivo</b>	<b>53</b>
<b>Figura. 2.22 Circuitos Virtuales</b>	<b>54</b>
<b>Figura. 2.23 Red Privada Virtual</b>	<b>55</b>
<b>Figura. 2.24 Comunicación ADSL</b>	<b>58</b>
<b>Figura. 2.25 Conexión por Cable Modem</b>	<b>59</b>
<b>Figura 2.26 Red de datos</b>	<b>69</b>
<b>Figura 2.27 Router Cisco</b>	<b>70</b>
<b>Figura 2.28 Red con router</b>	<b>71</b>
<b>Figura 2.29 Router Multipuerto</b>	<b>75</b>
<b>Figura 2.30 Router wireless</b>	<b>76</b>
<b>Figura 2.31 Esquema de funcionamiento de Asterisk</b>	<b>85</b>
<b>Figura 3.1 Red Privada Virtual</b>	<b>90</b>

<b>Figura.3.2 Estructura de la red Globsl</b>	<b>94</b>
<b>Figura. 3.3 Servidores</b>	<b>95</b>
<b>Figura 3.4 Topología de la red</b>	<b>99</b>
<b>Figura 3.5 Topología del terreno</b>	<b>99</b>
<b>Figura.3.6 Perfil Rep. Villacrés – Planta</b>	<b>102</b>
<b>Figura. 3.7 Perfil Matriz - Rep. Villacrés</b>	<b>102</b>
<b>Figura. 3.8 Perfil Rep. Villacres - Rep. Corazón</b>	<b>103</b>
<b>Figura. 3.9 Perfil Rep. Corazón – Sucursal</b>	<b>103</b>
<b>Figura.3.10 Diagrama de red</b>	<b>106</b>
<b>Figura. 3.11 Altura de Antena</b>	<b>106</b>
<b>Figura. 3.12 Luces de Navegación</b>	<b>107</b>
<b>Figura. 3.13 Guías de Onda</b>	<b>107</b>
<b>Figura. 3.14 Sistema de Tierra</b>	<b>108</b>
<b>Figura. 3.15 Elección Guía de Onda</b>	<b>108</b>
<b>Figura. 3.16 Atenuación Guía de Onda</b>	<b>109</b>
<b>Figura. 3.17 Atenuación Guía de Onda por cada cien metros</b>	<b>109</b>
<b>Figura. 3.18. Accesorios Verticales</b>	<b>110</b>
<b>Figura.3.19 . Accesorios Verticales con acople horizontal</b>	<b>110</b>

<b>Figura. 3.20 Accesorios Horizontales</b>	<b>111</b>
<b>Figura. 3.21 Ejemplo de Antena</b>	<b>112</b>

**Indice de Hojas Técnicas:**

**A1 Datasheet Breeze NET DS.11 Wireless Bridging (Alvarion 2 pàginas)**

**A2 Datasheet HIPATH 3000 V4 Real Time IP system (SIEMENS 12 pàginas)**

**A3 Datasheet Teléfonos de sistemas Optipoint 500 (8 páginas)  
datasheet Breeze AccessVL&BreezeNET B Understanding  
Priority Functionality (ALVARION)**

**A4 Datasheet Hipath 3000 V6.0 (SIEMENS)**

**A5 Datasheet OPTICLIENT 130S V2.0 (SIEMENS)**

**A6 Datasheet opti Point 150 S The Entry-Level IP phone for SIP  
(SIEMENS)**

**A8 Datasheet opti Point 410 S opti Point 420 S (SIEMENS)**

**A9 Datasheet BreezeACCESS VL &BreezeNET B Voice over ip  
Support (Alvarion)**

## **Glosario de Terminos**

ITU International telecommunication union

RDSI (Red digital de servicios integrados)

IP (Internet protocol)

SIP (Session initiation protocol)

IAX(Inter asterisk Exchange Protocol)

MGCP(Media gateway Control protocol)

MGC (Media gateway controller)

MG (Media gateway )

SG (Signaling gateway )

CSMMA/CA (carrier sense múltiple access with collision avoidance

QoS quality of service

AIFS arbitration inter frame space)

CW (contention Window size)

TXOP (transmit opportunity)

FDDI (fiber distributed data interface)

PARC(Palo Alto research center)

WLAN(wireless local area network-red de area local inalámbrica)

DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum-espectroensanchado por secuencia directa)

FHSP(frequency hopping spread spectrum.-espectro ensanchado por salto de frecuencia)

OFDM(orthogonal frequency división multiplexing –multiplexacion de división de frecuencias ortogonal)

VPN(virtual private net-red privada virtual)

Wan(wide area network-red de area extendida)

ATM(modos de transferencia asincrono)

FTP(transferencia de ficheros)

SMTP(protocolo sencillo de transferencia de correos)

RIP(protocolo de información de enrutamiento)

IGRP(protocolo de enrutamiento de gateway interior)

EIGRP(protocolo de enrutamiento de gateway interior mejorado)

OSPF(protocolo puro de enrutado de enlace)

VOip(voice over internet protocol)

IP(internet protocol)

IVR(interactive voice response)

LCR(Least cost routing)

AGI(asterisk gateway interfase)

AMI (asterisk management interfase)

## **Bibliografía**

- 1.- García Tomas, Jesús; Ferrando, Santiago; Piattini, Mario, *Redes para procesos distribuidos*, 2<sup>da</sup> edición, editorial Alfaomega, México,2001
  
- 2.- León García,Alberto; Widjaja Indra, *Redes de comunicación .-conceptos fundamentales y arquitecturas básicas* 1<sup>era</sup> edición en castellano, Mc Graw Hill/interamericana, España, 2001
  
- 3.-Andrew S. Tanenbaum, Andrew S., *Redes de computadoras*, 3<sup>era</sup> edición, Mc Graw Hill/, Prentice may Hispanoamericana, México, 1997
  
- 4.- Colección de revistas:*Técnico en redes y comunicaciones*, Varios fascículos, ed CODESIS “Comercializado editorial y sistemas Ltda.”, Bogotá
  
- 5.- Colección de revistas: *Saber Electrónica*; edición andina, Varios fascículos, ed Distribuidoras Unidas S.A. Bogotá
  
- 6.- Colección de revistas: *Electrónica &Computadoras*, Varios Fascículos: CEKIT S.A. Publicaciones pereira,Colombia
  
- 7.- Colección de revistas: *Pc World*, Varios Fascículos: Ed ediworld S.A. Quito.
  
- 8.- Collección de impresos: *COMPUTERWORLD*, Varios Fascículos: Ediecuatorial, Quito
  
- 9.- Huidrobo Moya, José Manuel; Conesa Pastor, Rafael, *Sistemas de Telecomunicaciones e informática*, “*Sistemas de Telefonía*”, Ed. Paraninfo, Madrid,1999
  
- 10.- Publicaciones y manuales de Cisco Acad, *CiSco, Training and Certification.- Learning the way you want “CISCO IP telephony Vol. I& II*, Cisco Systems,2005

11.- Manuales CISCO DE Introduccion a las redes computacionales, *Internetworking Technologies Handbook*, fourth edition, CISCO press, Indianapolis, 2004

12.- Manuales CISCO DE Introducción a las redes inalámbricas de redes WAN, *Deploying License-Free Wireless Wide-Area Networks*, CISCO press, Indianapolis, 2003

13.-Manual de QoS (pdf), *MasterShaper Easy QoS Traffic Shaping*

14.-Hightelecom, Escritura de Constitución, Reglamentos Internos, Informes Técnicos

15.-Costales G. Bolívar, *Diseño, y Elaboración de Proyectos*, Ed Agil Print, 3<sup>era</sup> edición Quito-Ecuador

16.- INTERNET, *HOJAS TÉCNICAS Y MANUALES DE LOS EQUIPOS*, Cuadros y Anexos

## **CAPITULO #1**

### **1.- INTRODUCCION**

#### **1.1 Reseña histórica de los sistemas de telecomunicaciones**

La historia de las comunicaciones y especialmente de las radiocomunicaciones es bastante reciente (de aproximadamente 150 años). En un período corto, se han producido importantes logros en el desarrollo de las radiocomunicaciones. Algunos de estos logros son los siguientes:

En 1864 James Clerk Maxwell formulo la teoría electromagnética de la luz y predijo la existencia de ondas de radio. Lo cual fue demostrado por primera vez por Heinrich Hertz en 1887.

Durante el período de 1895 a 1901 Guglielmo Marconi desarrollo un aparato para transmitir ondas de radio sobre grandes distancias, culminando en una transmisión a través del Océano Atlántico el 12 de diciembre de 1901 desde Cornwall Inglaterra, a Signal Hill in Canadá. Un trabajo similar fue realizado por A. S. Popoff de Rusia durante el mismo período.

En 1906 Reginald Fessenden hizo historia conduciendo la primera transmisión de radiodifusión con música y voz usando una técnica que se conocería luego como modulación AM (radio AM).

En aquellos primeros días los militares y la marina mercante se adaptaron rápidamente a las técnicas de las radiocomunicaciones, a las cuales se les dio el crédito de salvar 700 vidas durante el hundimiento del Titanic en 1912.

Los primeros días de historia de las radiocomunicaciones terrestre - móvil, son de la Policía de Detroit quienes hicieron uso significativo de las comunicaciones en un vehículo operando un sistema de radio a una frecuencia portadora de 2Mhz.

En 1927, un trabajo paralelo fue realizado en los dos lados del Atlántico, resultando en la primera transmisión de Televisión. Los laboratorios Bell demostraron la transmisión de Televisión en el área de New York y John Baird hizo similar demostración en Inglaterra.

Las técnicas de espectro expandido, hicieron su primera aparición justo antes y durante la segunda guerra mundial. Hubieron dos aplicaciones en particular, encriptación y ranking.

En 1946 el primer sistema telefónico móvil público fue introducido en 5 ciudades americanas.

En 1947 el primer sistema relay de microonda formado por 7 torres, conectando New York y Boston llegó a ser operacional. Este sistema Relay, fue capaz de transportar 2400 conversaciones simultáneas entre las dos ciudades.

En 1958 una nueva era en las radiocomunicaciones fue iniciada, con el lanzamiento del satélite SCORE (Signal Communication by Orbital Relay Equipment). Este satélite tenía la capacidad de un solo canal de voz, pero su éxito dio inicio a una nueva área de comunicaciones.

En 1981 el primer sistema celular análogo conocido como el teléfono Movil Nordic fue introducido en Scandinavia. Esto fue rápidamente seguido por el servicio telefónico móvil avanzado de Norte América en 1983.

En 1988 el primer sistema celular digital fue introducido en Europa. Este se conoció como Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM). Originalmente fue concebido para proveer un estándar pan-europeo para reemplazar a los innumerables sistemas analógicos incompatibles en operación en aquella época, GSM fue pronto seguido por el estándar digital norteamericano IS-54.

Estos son solo algunos de los logros alcanzados en las radio comunicaciones. Hoy en día los dispositivos de telecomunicaciones y las redes que forman, están en todo lado.

En el mundo de hoy donde el poseer un buen sistema de comunicación hace la diferencia entre el éxito de una empresa u otra y en donde la demanda de los habitantes por una mejor forma de comunicación y acceso a los diferentes servicios que esta pueda brindar, han forzado al desarrollo de distintas tecnologías de comunicación, que puedan prestar un servicio más barato y eficiente, con una mayor flexibilidad a las demandas de los usuarios. Además el desarrollo de tecnologías cableadas (aquellas tecnologías que utilizan medios físicos guiados como fibra óptica, cable coaxial, etc.) y tecnologías inalámbricas (aquellas tecnologías que utilizan medios físicos no guiados, el espacio libre).

Realizando una analogía podemos decir que en la actualidad las grandes autopistas físicas de la información son las fibras ópticas con los cables submarinos que pueden transportar cantidades muy grandes de información de manera eficiente y barata, la otra gran autopista es la basada en comunicaciones satelitales, pero esta en los últimos años ha tenido un gran

retroceso por el éxito de la fibra óptica y las mejores ventajas que esta posee. En estas dos grandes autopistas circula la información de todas las personas de un extremo del globo al otro.

Las personas tienen acceso a estas grandes autopistas por medio de carreteras que las conectan, las carreteras están basadas en distintas tecnologías que se han desarrollado, unas para optimizar los recursos ya existentes como redes telefónicas, otras que se han desarrollado para tener una rápida implementación como; son la redes inalámbricas. En la actualidad podemos agrupar estas tecnologías según el medio de comunicación que utilizan como se muestra en la tabla 1.1

**Tabla. 1.1 Tecnologías de acceso**

	Medios	Tecnologías
MEDIO FÍSICO	Par de cobre	Red Digital de Servicios Integrados
	Cable Coaxial	Híbrido de fibra y coaxial
	Fibra óptica	FTTx
	Red eléctrica	Comunicaciones en las línea de poder
RADIO	Terrena fija	Sistemas de distribución local
	Terrena móvil	Sistemas de acceso móvil
	Satélite	Sistemas de acceso satelital
Mixto	Radio + físico	DECT, Bluetooth

## 1.2 Descripción de la infraestructura actual de High Telecom

La empresa High Telecom cuenta con la siguiente infraestructura en su Matriz y sucursales.

## **1.3 Oficina Matriz**

### **1.3.1 Telefonía**

La empresa High Telecom dispone de una Central Telefónica híbrida con teléfonos analógicos y teléfonos multifunción cuya capacidad es la siguiente:

- 20 extensiones telefónicas analógicas
- 8 extensiones telefónicas multifunción
- 20 líneas troncales analógicas.
- Un sistema de tarificación básico SACET, que corre en DOS,
- Un sistema de operadora automática básica, con un solo idioma y sin opción de manejar árboles de decisión.

La central Telefónica no soporta enrutamiento inteligente.(LCR) por lo que no es práctico el manejo de diferentes proveedores de telefonía pública (Andinatel, Setel, y las operadoras celulares); no obstante de que es necesaria su implementación, para ahorro de costos de interconexión telefónica.

La central actual no soporta telefonía digital ni telefonía IP. Por lo tanto no es posible el manejo de funciones telefónicas avanzadas sobre terminales, aplicaciones teléfono-PC, Aplicaciones de Contact Center, e interconexión telefónica con la sucursal; todas ellas necesidades a corto y mediano plazo.

### **1.3.2 Switching**

La infraestructura de switching esta basada en equipos sencillos 3COM y DLINK no administrables, por lo que el dominio de broadcast es muy grande extendiendo gran cantidad de colisiones así como cuellos de botella en las interconexiones de cascada entre los diferentes switches.

El número de usuarios de red es 110, pero es necesario integrar una cantidad adicional de empleados a la red.

Es recomendable migrar a una plataforma de red swicheada con manejo de VLANs para limitar los dominios de broadcast, y crear una estructura de red basada en departamentos.

### **1.3.3 Cableado**

El cableado telefónico es convencional, mientras que el de datos es estructurado categoría 6. La interconexión entre el edificio administrativo, la bodega y la planta de procesamiento se realiza a través de fibra óptica. No obstante la fibra óptica no esta en buenas condiciones, por lo que existen pérdidas en el enlace. Se requiere el reemplazo de la fibra dado que es el único medio de interconexión entre los edificios. Además es recomendable colocar una fibra de backup como mecanismo de contingencia.

### **1.3.4 Interconexión**

No existe interconexión entre la oficina Matriz y la sucursal, por lo que la información se envía a través de correo electrónico vía Internet con las limitaciones respectivas. Esto hace imposible manejar información contable y de bodega en línea entre la sucursal y la matriz. Además el hecho de que no exista interconexión entre oficinas hace imposible también una comunicación de voz a través de un enlace privado, lo cual podría ahorrar costos a la compañía.

## **1.4 Sucursal**

### **1.4.1 Telefonía**

La sucursal dispone de una central telefónica Panasonic analógica básica cuya capacidad es:

- 8 extensiones telefónicas analógicas
- 3 líneas troncales analógicas.

Esta central no soporta enrutamiento inteligente.(LCR) por lo que no es practico el manejo de diferentes proveedores de telefonía publica (Andinatel, Setel, y las operadoras celulares); no obstante de que es necesaria su implementación, para ahorro de costos de interconexión telefónica.

Además esta central no soporta telefonía digital ni telefonía IP. Por lo tanto no es posible el manejo de funciones telefónicas avanzadas sobre terminales, aplicaciones teléfono-PC, Aplicaciones de Contact Center, e interconexión telefónica con la sucursal; todas ellas necesidades a corto y mediano plazo.

### 1.4.2 Switching

La sucursal no posee red de datos. Existen dos PCs que se conectan vía Dialup a Internet. No obstante se requiere que al menos 20 usuarios a corto plazo tengan PC con conexión entre ellos y a un servidor de aplicaciones. Además muchos de ellos deben tener acceso a las aplicaciones de contabilidad y bodega que se manejan en la matriz.

### 1.4.3 Cableado

No existe cableado de datos, únicamente cableado telefónico convencional.

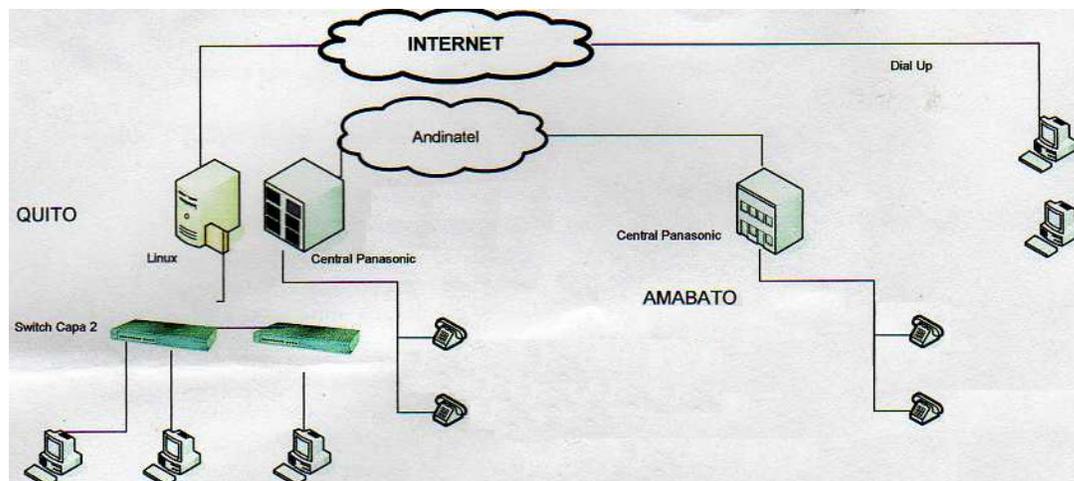


Figura 1.1 Estado actual de las comunicaciones en High Telecom

## **1.5 Los Sistemas de Comunicaciones en el Ecuador**

El gran desarrollo de las tecnologías de Internet en Ecuador ha permitido avanzar a ritmo acelerado en la convergencia de redes y servicios. Las redes ATM (Asynchronous Transfer Mode) fueron creadas para resolver la integración de aplicaciones con ciertas garantías de tráfico en las redes, no obstante su aceptación, aún se puede considerar como una solución de alto costo y compleja de administrar. Con estos antecedentes y con la aparición de nuevas aplicaciones demandantes de ancho de banda para su óptimo funcionamiento, aparece la necesidad de ofrecer Calidad de Servicio (QoS) y cómo poder ofrecer éstas garantías extremo a extremo en las actuales infraestructuras de Internet o Intranets.

En la actualidad la única opción de oferta de servicios de datos para empresas grandes y muy grandes, son circuitos alquilados fijos de 2 Mbit/s y superiores. Desde el punto de vista del usuario, estos servicios se caracterizan por su alto precio y un alto grado de rigidez. Las opciones se limitan a tasas de bits normalizadas de Multiplexación por División en el Tiempo (TDM) con los grandes clientes. En otras palabras, es necesario competir con nuevas ofertas flexibles de servicios, al mismo tiempo que se mantienen las principales fuentes de ingresos, que son los circuitos fijos de calidad superior

Además actualmente la demanda de ancho de banda en las redes de área metropolitana se está expandiendo exponencialmente, debido a muchos factores que incluyen: aplicaciones de datos, nuevos modelos de negocios que utilizan Internet, el crecimiento de los servicios de banda ancha, servicios Web, servicios multimedia, almacenamiento, entre otros.

Los proveedores de servicio han manejado tradicionalmente los datos metropolitanos proveyendo servicios de última milla sobre E1 o T1. Pero estos circuitos poseen un ancho de banda limitado. Además los circuitos tradicionales soportan o bien voz o datos, y no la convergencia de voz, video y datos que se utilizan en las aplicaciones de hoy en día.

## **1.6 Perspectivas**

Basadas en Ethernet, IP y tecnología óptica, una nueva perspectiva en Ecuador son las redes Metro Ethernet las cuales superan las limitaciones de ancho de banda fijo. Estas proporcionan mayor ancho de banda, la habilidad de proveer ancho de banda en incrementos flexibles, y mejor soporte para la convergencia de video, voz y datos.

Al implementar una red Metro Ethernet las empresas podrán acceder a servicios de transmisión de datos con una velocidad de hasta 1 Gbps, lo cual permite una flexibilidad, escalabilidad y capacidad de adaptación que no ofrecen las redes actuales. Esto facilita una reducción de costos y al mismo tiempo da a las empresas beneficios comerciales reales.

Además con la implementación de una Metro Ethernet, los clientes, a mas de obtener velocidades de transmisión mucho mas altas que con la infraestructura actual, podrían acceder a nuevos servicios, tales como televisión de difusión, video bajo demanda, música interactiva, publicidad interactiva, video conferencias, y muchas mas aplicaciones.

## **CAPITULO #2**

### **2.-CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS QUE REQUIERAN NUESTRO DISEÑO**

#### **2.1 Análisis de la actual situación de comunicaciones**

Actualmente las empresas en el Ecuador, en su gran mayoría, poseen una infraestructura tecnológica tal que les permite manejar una interconexión entre usuarios y acceso a información compartida así como a aplicaciones centralizadas, todo ello dentro de una misma localidad, (red LAN). Sin embargo la gran mayoría de empresas poseen tecnología que permite el manejo de redes LAN en capa 2, con equipos no administrables, es decir que no pueden manejar redes virtuales (VLANs), ni priorizar servicios o aplicaciones, ni manejar redes autoprotegidas.

Adicionalmente, también en su gran mayoría, las empresas en Ecuador manejan accesos a Internet a través de enlaces dedicados.

No obstante la gran falencia que se observa en ellas es la poca seguridad que presentan en la conexión hacia Internet y la falta de interconexión entre las diferentes oficinas sucursales.

Es así que en muchos casos, las empresas poseen software de aplicación empresarial web o cliente servidor (contabilidad, facturación, bodega, servicio al cliente, etc.), que está preparado para operar de manera centralizada en la matriz y sobre el cual pueden apoyarse las oficinas remotas también. Sin

embargo la infraestructura de telecomunicaciones no permite que dichas aplicaciones operen de manera adecuada o que las empresas no puedan explotarla al máximo dado que no cuentan con una conexión WAN, o la que poseen no tiene la estabilidad o el ancho de banda adecuado, o las seguridades sobre Internet para trabajar con VPNs no son suficientes para garantizar una transferencia de información confiable y rápida.

Es decir, que en Ecuador las empresas en general, tienen cubierta de una manera relativamente adecuada, sus necesidades de interconexión no segura ni ordenada dentro de la red LAN y por otro lado poseen una interconexión no segura hacia Internet.

## **2.2 La Tecnología existente**

### **2.2.1 Telefonía:**

Actualmente existen tecnologías digitales que manejan terminales y troncales digitales ISDN y analógicos. Por otro lado existen sistemas IP que manejan terminales y troncales IP con protocolos SIP, H323 como estándares y protocolos propietarios apoyados en los anteriores. Existen también tecnologías de convergencia que permiten el manejo de terminales y troncales IP y TDM conviviendo sobre la misma plataforma.

Ejemplos de las tecnologías indicadas son las siguientes:

Siemens: que maneja tecnologías de convergencia Hipath 3000, Hipath 4000 y tecnologías de IP como Hipath 5000 y Hipath 8000.

Cisco: que maneja tecnologías IP con Call Manager, el cual presenta puertos FXS para manejo de terminales analógicos. El sistema también puede conectar puertos FXO, S0 y S2 para conexión de troncales analógicas y digitales ISDN.

3COM: que posee únicamente tecnologías IP con puertos de interconexión similares a Cisco.

AVAYA: que maneja tecnologías 100% IP y tecnologías de convergencia.

A continuación se describe el fundamento teórico de los canales de voz sobre IP

### **2.2.2 VOZ SOBRE IP**

La voz sobre IP utiliza el método de conmutación de paquetes de las redes de datos para proveer una forma más eficiente de enviar comunicaciones de voz. La conmutación de paquetes optimiza el uso de los recursos de la red (ancho de banda) porque el canal solo está ocupado durante el tiempo que el paquete está siendo transmitido. Muchos usuarios pueden compartir el mismo canal porque los paquetes pueden ser enviados y recibidos en cualquier orden y la red puede balancear la carga a través de varios equipos. Esto permite que muchas llamadas telefónicas ocupen la cantidad de espacio que una sola en una red de conmutación de circuitos. Con la migración de las redes telefónicas hacia la tecnología de conmutación de paquetes, estas han ganado la habilidad de comunicarse más eficientemente como las computadoras lo hacen.

En el mundo IP, la voz es otra aplicación de datos funcionando sobre una red IP. En un ambiente mixto, los PBX llegan a ser el equivalente a un super servidor que está en la red y es accedido por clientes remotos en cualquier lugar de la red sobre cualquier tipo de líneas de transmisión.

### **2.2.3 Componentes de voz sobre IP**

Los tres componentes principales de una red de voz sobre IP son:

a) Servidor de procesamiento de llamadas, IP PBX:

Es el corazón de una solución IP. Maneja todas las conexiones de control VOIP. Es usualmente un software que puede ser instalado en un simple servidor.

Las comunicaciones VOIP necesitan un mecanismo de señalización para el establecimiento de las llamadas, conocido como control de tráfico, y para el tráfico actual de voz, conocido como carga VOIP. Este control de trafico sigue el modelo de cliente – servidor. El cliente es el dispositivo final VOIP como un teléfono IP, el cual comunica de regreso el control de tráfico hacia el servidor. La carga VOIP (trafico de voz actual) fluye en un modelo peer to peer entre cada teléfono IP. Es decir, el servidor negocia y habilita las llamadas, mientras que los teléfonos IP manejan la carga VOIP.

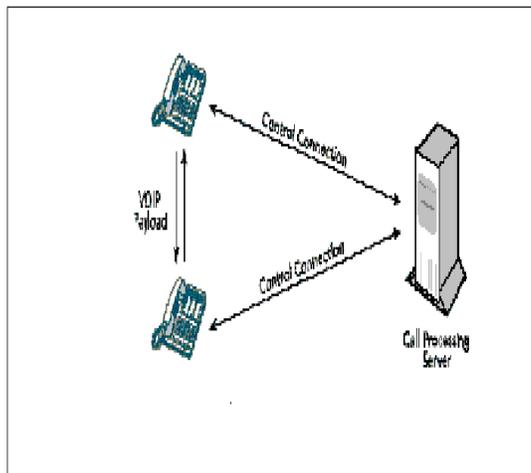


Figura 2.1 Servidor de procesamiento de llamadas.

#### b) Teléfonos IP:

Utilizan el protocolo TCP/IP para comunicarse con la red IP. Debe tener una dirección IP de la red en la que está instalado. Típicamente, estos teléfonos usan DHCP, protocolo para asignamiento dinámico de direcciones IP a dispositivos en una red.

#### c) Gateways IP:

Es el dispositivo que conecta la red de datos con la red de voz. Su principal función es la conversión análoga – digital de las comunicaciones de voz y la creación de los paquetes IP de voz. Luego envía estos paquetes de voz sobre la red IP de datos. Llamados también media gateways, pueden ser equipos integrados de telecomunicaciones, o software corriendo sobre una PC.

### 2.3 Protocolos de VoIP

El conjunto de protocolos de Voz sobre IP (VoIP) se descompone en dos categorías:

- Protocolos del plano de datos
- Protocolos del plano de control

El **plano de datos (Voz)** es el protocolo necesario para llevar el tráfico de un usuario a otro. RTP y cRTP son protocolos de plano de datos y están disponibles en cualquiera de las arquitecturas de VoIP. El tráfico propio de VoIP a veces va por caminos diferentes a la señalización, esto significa que pueden viajar de forma independiente. RTP es el protocolo que soporta la voz del usuario. Cada paquete RTP contiene una muestra pequeña de la conversación de voz. El tamaño del paquete y el tamaño de la muestra de voz, dentro de dicho paquete, dependerán del CODECs utilizados. En la figura se muestra la pila de protocolos RTP.



Figura 2.2 Pila de protocolos RTP

La parte del **plano de control de VoIP** es el tráfico necesario para conectar y mantener el tráfico actual de usuario. Es también responsable de mantener toda la operación de toda la red (comunicaciones router-router).

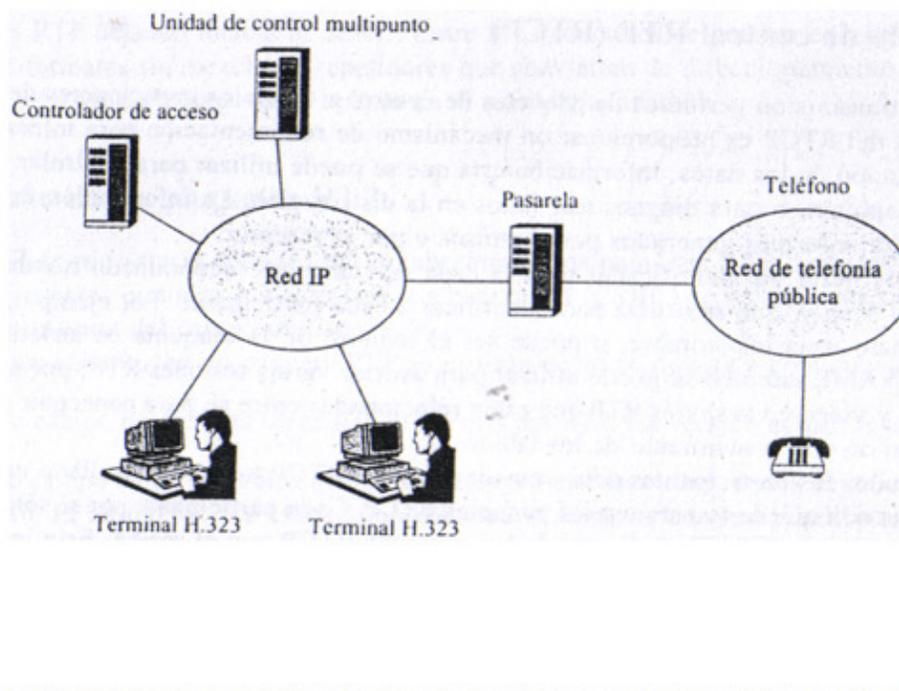


Figura 2.3 Modelo de red TCP/IP & OSI y protocolos principales

Hay muchos tipos de protocolos de señalización diferentes, IAX, SIP, H.323, MGCP, Skinny/SCCP, UNISTIM. Los más ampliamente utilizados son H.323 y SIP.

**2.3.1 Protocolo H.323.** El protocolo H.323 fue diseñado por la ITU (Internacional Telecommunication Unión) para proveer a los usuarios mecanismos para tele-conferencias que tienen capacidades de voz, video y datos sobre redes de conmutación de paquetes. Un punto fuerte de H.323 era la relativa y temprana disponibilidad de un grupo de estándares, no solo definiendo el modelo básico de llamada, sino que además definía servicios suplementarios, necesarios para dirigir las expectativas de comunicaciones comerciales. H.323 fue el primer estándar de VoIP en adoptar el estándar de IETF de RTP para transportar audio y vídeo sobre redes IP.

H.323 está basado en el protocolo RDSI, Q.931 y está adaptado para situaciones en las que se combina el trabajo entre IP y RDSI, y respectivamente entre IP y QSIG (Protocolo de señalización en una Central PBX en una red PSTN). Un modelo de llamada, similar al modelo de RDSI, facilita la introducción de la Telefonía IP en las redes existentes de RDSI basadas en sistemas PBX. Por esto es posible el proyecto de una migración sin problemas hacia el IP basado en sistemas PBX.



**Figura 2.4 Componentes de una red H.323. y una red de telefonía**

“La recomendación UIT-T H.323 consiste en un conjunto de estándares que posibilitan las comunicaciones multimedia en tiempo real en redes de paquetes y LAN que no ofrezcan garantías de calidad de servicio. H.323 ha evolucionado a partir de los estándares de RDSI para videoconferencia H.320. Los terminales y el equipamiento H.323 pueden transportar voz, video y datos, o cualquier combinación de los anteriores. El H.323 se ocupa del control de la llamada, de la gestión multimedia, de la gestión del ancho de banda, y de las interfaces con otras redes. En particular, proporciona una alternativa para interconectar conferencias, basadas en telefonía y basadas en IP.

Como se muestra en la Figura 2.4, una red H.323 implica varios componentes. Además de los terminales H.323, la red implica la existencia de pasarelas, controladores de acceso (*gatekeepers*) y unidades de control multipunto. Las pasarelas son también responsables de transmitir la información de señalización desde la red de paquetes a las otras redes. En particular, en aplicaciones de telefonía las pasarelas llevan a cabo el establecimiento de la

llamada entre las redes de paquetes y las redes públicas de telefonía. En particular, las pasarelas son el punto final de la señalización en la red de paquetes y, por otro lado, realizan 1;1 señalización, normalmente tipo RDSI, en la red de telefonía. Parcialmente el establecimiento de la llamada implica establecer un camino para la llamada a través de la pasarela

Los terminales H.323 en una conferencia multipunto pueden enviar audio y vídeo directamente a otros terminales mediante multidifusión. También pueden usar unidades de control multipunto, las cuales combinan las secuencias de audio y vídeo de entrada, retransmitiendo las secuencias resultantes a todos"<sup>1</sup>

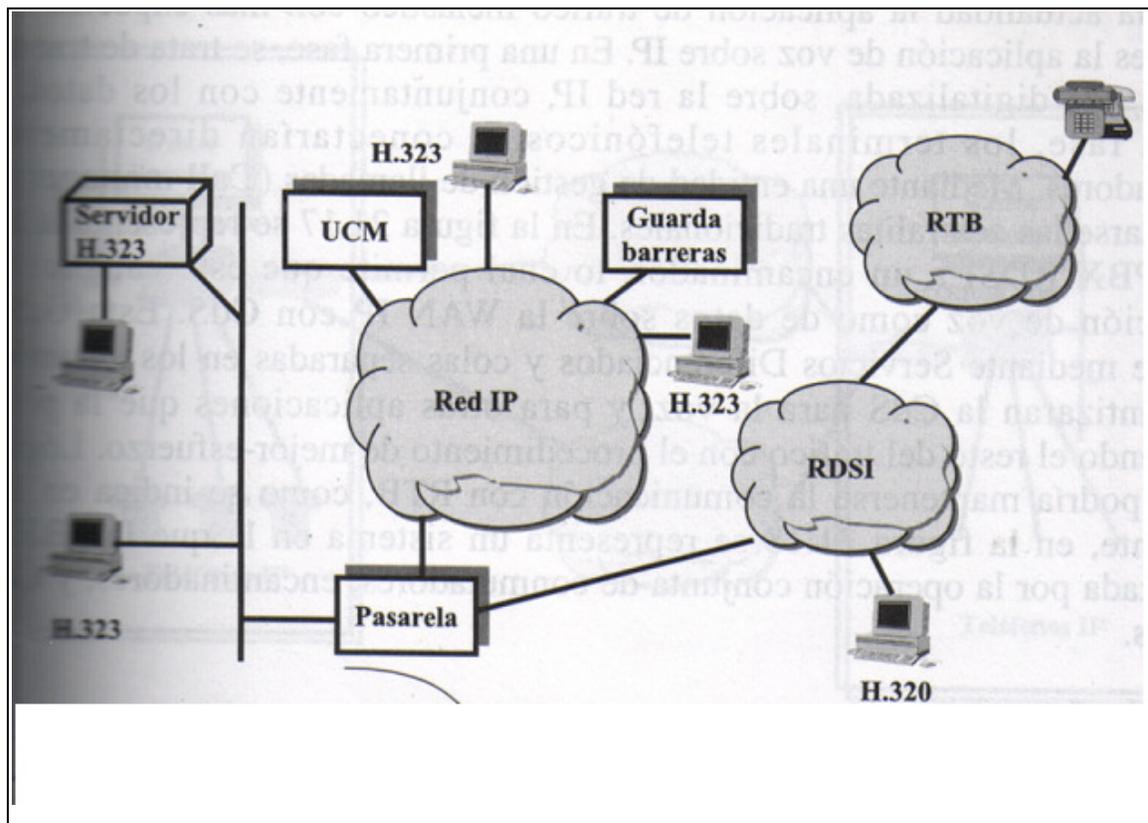
Las pasarelas son también responsables de transmitir la información de señalización desde la red de paquetes a las otras redes. En particular, en aplicaciones de telefonía las pasarelas llevan a cabo el establecimiento de la llamada entre las redes de paquetes y las redes públicas de telefonía. En particular, las pasarelas son el punto final de la señalización en la red de paquetes y, por otro lado, realizan 1;1 señalización, normalmente tipo RDSI, en la red de telefonía. Parcialmente el establecimiento

Las pasarelas facilitan la interconexión de los terminales H.323 situados en las redes de paquetes con otros tipos de terminales; por ejemplo, los teléfonos de las redes de telefonía convencional. La pasarela es responsable de la traslación de los distintos formatos de codificación de audio y vídeo. Por ejemplo, una señal de voz se puede codificar mediante el UIT-T G.729 a 8 kbps usando tramas RTP en redes de paquetes, y a 64 kbps con PCM en redes de telefonía. La pasarela es responsable de la traslación entre los dos formatos, de la llamada implica establecer un camino para la llamada a través de la pasarela.

---

<sup>1</sup> León García Alberto *Redes de comunicación Conceptos Fundamentos arquitectura básica primera edición, Mc Graw Hill Interamericana, 2003, Barcelona, España, pg 700-701*

Los controladores de acceso son responsables del control de la llamada para aquellas llamadas dentro de la red H.323. Los controladores de acceso conceden. o deniegan. el permiso de las conexiones. Además, gestionan el ancho de banda que se puede usar en una determinada llamada, Los controladores de **acceso realizan igualmente la traslación de numbr esa dirección y redirigen las llamadas al controlador de acceso adecuado siempre que sea necesario.** de la llamada implica establecer un camino para la llamada a Través de la pasarela.



**Figura 2.5 Componentes de una Comunicación H.323**

Los componentes que participan en una comunicación multimedia H.323 son: equipos terminales, **la Unidad de Control Multipunto (UCM)**, **la Pasarela**, y: **Gatekeeper** o **Guardiabarrera**. Estos componentes están representados en la figura 2.5.

“La UCM es un componente que permite la conexión de varios terminales:~ participando en una conferencia multipunto. La **Pasarela** posibilita la conexión de terminales H.323 en una LAN con otros terminales H.323 en Internet. También facilitan. la conexión con terminales que operen sobre RDSI o RTB. Los primeros operan con la norma H.320, y los segundos con H.324. El Guardabarrera es un componente *que* reside en la red y controla las conexiones H.323 y registra las llamadas enviadas y recibidas. Realiza el control de admisión de llamadas, la traducción de direcciones . la gestión del ancho de banda. Su utilización no es obligatoria.

RTP define las operaciones y los formatos de los mensajes .Opera Sobre UDP lógicamente ya que en tiempo real no se puede producir , retransmisiones, como lo haría UDP. “

**2.3.2 Protocolo SIP.** El protocolo SIP (Session Initiation Protocol) fue desarrollado

por el grupo MMUSIC (Multimedia Session Control) del IETF (Internet Engineering Task Force), definiendo una arquitectura de señalización y control para VoIP. Inicialmente fue publicado en febrero del 1996 en la RFC 2543, ahora obsoleta con la publicación de la nueva versión RFC 3261 que se publicó en junio del 2002.

El propósito de SIP es la comunicación entre dispositivos multimedia. SIP hace posible esta comunicación gracias a dos protocolos que son RTP/RTCP y SDP. El protocolo RTP se usa para transportar los datos de voz en tiempo real, igual que para el protocolo H.323; mientras que el protocolo SDP se usa para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc.

SIP fue diseñado de acuerdo al modelo de Internet. Es un protocolo de señalización extremo a extremo que implica que toda la lógica es almacenada en los dispositivos finales. El estado de la conexión es también almacenado en los dispositivos finales. El precio a pagar por esta capacidad de distribución y su gran escalabilidad es una sobrecarga en la cabecera de los mensajes producto de tener que mandar toda la información entre los dispositivos finales.

SIP es un protocolo de señalización a nivel de aplicación para establecimiento y gestión de sesiones con múltiples participantes. Se basa en mensajes de petición y respuesta y reutiliza muchos conceptos de estándares anteriores como HTTP y SMTP.<sup>2</sup>

**2.3.3 Protocolo IAX.** IAX (Inter-Asterisk Exchange protocol) es un protocolo abierto, lo cual significa que cualquier usuario puede a partir del código fuente seguir desarrollándolo, pero este no llega a ser aun un estándar. El protocolo IAX, fue desarrollado por Digium con el propósito de establecer una comunicación entre servidores Asterisk. IAX es un protocolo de transporte que utiliza el puerto UDP (4569) para ambos canales de señalización y cadenas de datos del protocolo de transporte en tiempo real (RTP). IAX soporta Trunking, donde un simple enlace permite enviar datos y señalización por múltiples canales. Cuando se realiza Trunking, los datos de múltiples llamadas son manejados en un único conjunto de paquetes, lo que significa que un datagrama IP puede entregar información para más llamadas sin crear latencia adicional. Esto es una gran ventaja para los usuarios de VoIP, donde las cabeceras IP son un gran porcentaje del ancho de banda utilizado.

**2.3.4 Protocolo MGCP.** MGCP (Media Gateway Control Protocol), también fue desarrollado por el grupo IETF. Si bien MGCP aún se encuentra en desarrollo, éste protocolo es más difundido de lo que se imagina y está dejando atrás a otros protocolos como SIP y IAX. MGCP está definido en la RFC 3534 y fue diseñado para que los equipos terminales sean los más simple posible y que todo el procesamiento de la llamada se ejecute en los gateways y en otros agentes de control. A diferencia de SIP, MGCP utiliza un modelo centralizado. Los teléfonos MGCP no pueden establecer una llamada directamente.

MGCP separa conceptualmente estas funciones en los tres elementos: un MGC (*Media Gateway Controller*), uno o más MG (*Media Gateway*), y uno o más SG, (*Signaling Gateway*). Un gateway tradicional, cumple con la función

---

<sup>2</sup> García Tomas Jesús, Redes para procesos distribuidos , segunda edición,

de ofrecer conectividad y traducción entre dos redes diferentes e incompatibles como lo son las de Conmutación de Paquetes y las de Conmutación de Circuitos. En esta función, el gateway realiza la conversión del flujo de datos, y además realiza también la conversión de la señalización, bidireccionalmente.

Así, la conversión del contenido multimedia es realizada por el MG, el control de la señalización del lado IP es realizada por el MGC, y el control de la señalización del lado de la red de Conmutación de Circuitos es realizada por el SG. MGCP introduce esta división en los roles con la intención de aliviar a la entidad encargada de transformar el audio para ambos lados terminales, de las tareas de señalización, concentrando en el MGC el procesamiento de la señalización.

## **2.4 Voz sobre una red inalámbrica.**

Combinar voz con tráfico de datos introduce algunos desafíos a la red debido a los requerimientos de la comunicación de voz. La voz es una aplicación en tiempo real que requiere baja latencia y “entrega segura” dentro de la red. En redes de voz y datos, los mecanismos de calidad de servicio (QoS) son necesarios para conseguir una buena calidad de voz.

Proveer conectividad inalámbrica para aplicaciones de datos es más sencillo y comprobable, mientras que para aplicaciones de voz es más complejo y requiere mayor planificación y consideraciones. El estándar original de acceso al medio de la IEEE 802.11 entrega una Función de Coordinación Distribuida (Distributed Coordination Function) para transmitir sobre el medio que es el aire, entre suscriptores y Access points. El estándar utiliza una técnica conocida como Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA), para “escuchar antes de enviar” información sobre el aire. Como se sabe, cuando existen muchos usuarios finales dentro de la misma área de

cobertura, el ancho de banda se ve afectado. Cuando dos o mas usuarios intentan transmitir al mismo tiempo, una colisión ocurre. Para evitar estas colisiones, cada suscriptor debe esperar un periodo de duración randómica, conocido como intervalo randomico Backoff. El backoff es un contador que es reducido solo cuando el medio esta desocupado. Los dispositivos suscriptores deben escuchar y ver si el medio esta libre para intentar transmitir de nuevo. Si una colisión ocurre el backoff es incrementado en los puntos finales. Como resultado, muchas colisiones pueden producir retardos y pérdidas de paquetes soportando algunas aplicaciones y usuarios, lo cual incide en la calidad de audio y la cancelación de llamadas.

**2.4.1 WMM.** Este estándar permite distinguir entre diferentes aplicaciones contenidas para un mismo ancho de banda, y trata la entrega de cada aplicación a la vez, basado en ciertas características de tráfico. Define cuatro categorías de acceso: voz, video, best effort y background. Estas cuatro categorías son descritas en la

Tabla 2.1

**Tabla 2.1 Categorías de Acceso de Wi-Fi Multimedia**

Categoría	Descripción
Voz	Categoría de prioridad más alta, diseñada para permitir múltiples Llamadas IP. Provee a los paquetes de voz baja latencia para alta calidad en las comunicaciones.
Video	Permite que el video sea transportado con prioridad sobre aplicaciones de datos, pero un poco abajo de las comunicaciones de voz.
Best Effort	Diseñada para transportar trafico de aplicaciones que carecen de capacidades de QoS. Trafico promedio de un usuario, como navegar en Internet, porque es menos sensitivo a la latencia, pero grandes retardos pueden llegar a ser inaceptables.
Background	Categoría de más baja prioridad, diseñada para trafico que no es sensitivo al retardo. Por ejemplo, descargar archivos o imprimir trabajos.

Cada aplicación viaja a través del aire a su destino que puede ser un dispositivo suscriptor o AP habilitados con WMM, y es primeramente clasificado dentro de las cuatro categorías y movidas dentro de una cola de envío apropiada. Si un suscriptor esta soportando varias aplicaciones, y si todas intentan transmitir al mismo tiempo, ocurrirá una colisión interna entre ellas. Cuando esto sucede la lógica de cola debe resolver la colisión internamente. La lógica interna de la cola es ilustrada en la figura 2.6.

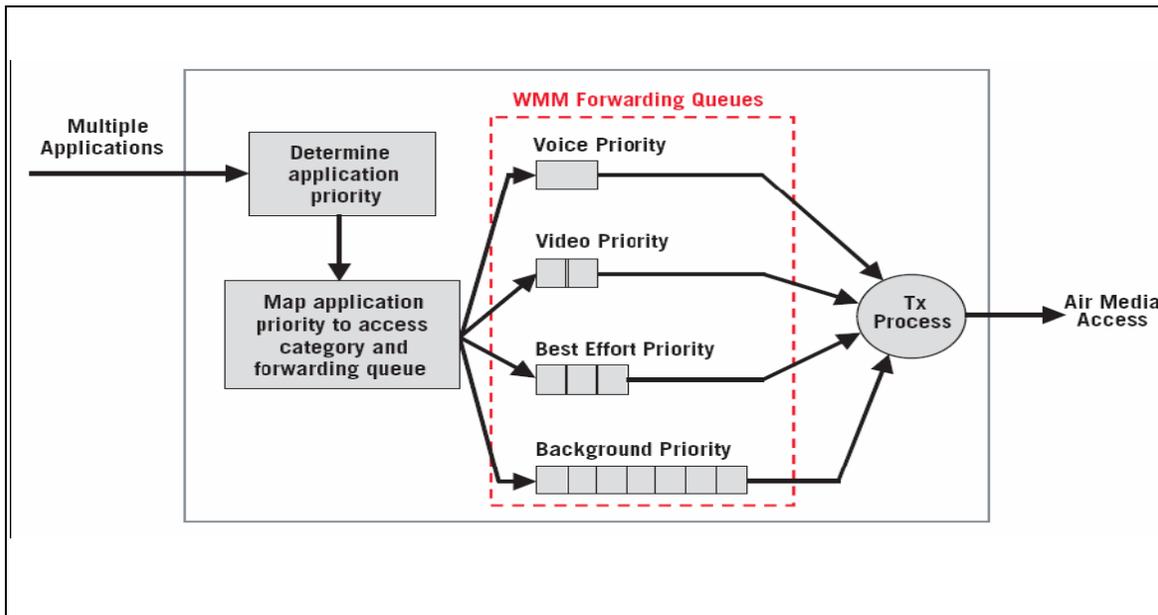


Figura 2.6 Lógica interna de cola en WMM

Una vez que un suscriptor o un AP tienen la oportunidad de transmitir, los datos son selectivamente transmitidos usando un set único de parámetros de acceso al medio, de acuerdo a la categoría de acceso de las aplicaciones. Los diferentes niveles de servicio son proporcionados por la diferencia de AIFS (arbitration inter frame space), CW (contention window size) y TXOP (transmit opportunity) de cada categoría de acceso.

**2.4.1. a) AIFS (arbitration inter frame space):** especifica el intervalo de tiempo entre las negociaciones de medio desocupado y empezar el acceso al medio. Cada categoría es asignada con un valor diferente

de AIFS. El tráfico con categoría de acceso alta recibe un valor bajo de AIFS, y viceversa. El resultado es un favorable TXOP para el tráfico de más alta prioridad.

**2.4.1. b) CW (contention window size):** es una función de la categoría de acceso. Las categorías con la más alta prioridad tienen un rango corto de CW a seleccionar. Esto corresponde a menos slots de backoff atravesados por transmisión, en promedio.

**2.4.1. c) TXOP (transmit opportunity):** el límite de TXOP especifica la duración que un suscriptor puede transmitir para una categoría de acceso dada. Puede ser usada para dar acceso largo para tráfico de alta prioridad, que a los de media y baja prioridad a los que se les da un corto acceso.

Cuando se detecta que el medio inalámbrico está desocupado por un periodo AIFS, cada estación inicializa un contador en un número aleatorio seleccionado uniformemente sobre el parámetro CW. El tiempo es particionado y el contador es disminuido en uno durante cada partición en que el medio es observado como desocupado. Una característica importante es que la cuenta descendente se mantiene cuando el medio llega a estar ocupado y continúa después de que el medio está libre por un periodo AIFS. Una vez que el contador llega a cero, la estación intenta transmitir y puede hacerlo por una duración de tiempo máximo TXOP. Si más de una estación intenta transmitir simultáneamente, ocurre una colisión. Las estaciones que chocan doblan su CW, al valor máximo permitido,  $CW_{max}$ , seleccionan un nuevo contador backoff uniformemente y el proceso se repite. Después de una transmisión exitosa, CW es reseteado a su mínimo valor,  $CW_{min}$ , y una nueva cuenta descendente empieza sin tomar en cuenta la presencia de un paquete en la capa MAC. Si el paquete llega a la MAC después de que la cuenta está completada, la estación censa el medio. Si el medio está desocupado, la estación intenta transmitir inmediatamente; y si está ocupado, otro contador es escogido desde un intervalo mínimo.

**2.4.2. Control de Admisión de Llamadas.** Existen otros inconvenientes que pueden afectar adversamente la calidad de voz, esto ocurre cuando algunos usuarios con la misma alta prioridad luchan por el mismo ancho de banda de un Access point. Esto se conoce como *sobre suscripción*. La sobre suscripción de ancho de banda ocurre cuando N+1 usuarios intentan transmitir voz, o datos, o los dos al mismo tiempo, pero solo existe ancho de banda para soportar N usuarios. Esto introduce colisiones excesivas y pérdidas de paquetes, lo cual puede degradar la calidad de audio para todas las transmisiones de voz asociadas con la sobrecarga del AP.

Un control de admisión de llamadas debe ser usado para restringir nuevas llamadas una vez que el límite de usuarios o de ancho de banda ha sido alcanzado. En redes convergentes, datos y voz, esto requiere que todos los dispositivos, incluyendo laptops, PC's, compartan un mecanismo de QoS común, que pueda habilitar o negar a usuarios de voz o datos de acuerdo a las políticas predefinidas.

## **2.5 REDES LAN:**

Sobre redes LAN se manejan actualmente switches administrables de capa 3 o superiores capaces de soportar VLANs para limitar el dominio de broadcast, creando redes diferentes por departamento. Además los equipos actuales permiten manejar QoS, a fin de soportar de mejor manera las múltiples aplicaciones que actualmente corren sobre las redes de datos, aplicaciones convencionales y aplicaciones en tiempo real.

Las topologías LAN más comunes son:

- **Ethernet:** topología de bus lógica y en estrella física o en estrella extendida.
- 
- **Token Ring:** topología de anillo lógica y una topología física en estrella.
- 
- **FDDI:** topología de anillo lógico y topología física de anillo doble.

Vamos a verlas más detenidamente.

## 2.6 Redes LAN Ethernet

Ethernet es la tecnología de red LAN más usada, resultando idóneas para aquellos casos en los que se necesita una red local que deba transportar tráfico esporádico y ocasionalmente pesado a velocidades muy elevadas. Las redes Ethernet se implementan con una topología física de estrella y lógica de bus, y se caracterizan por su alto rendimiento a velocidades de 10-100 Mbps.

El origen de las redes Ethernet hay que buscarlo en la Universidad de Hawai, donde se desarrolló, en los años setenta, el **Método de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones, CSMA/CD** (Carrier Sense and Multiple Access with Collision Detection), utilizado actualmente por Ethernet. Este método surgió ante la necesidad de implementar en las islas Hawai un sistema de comunicaciones basado en la transmisión de datos por radio, que se llamó Aloha, y permite que todos los dispositivos puedan acceder al mismo medio, aunque sólo puede existir un único emisor encada instante. Con ello todos los sistemas pueden actuar como receptores de forma simultánea, pero la información debe ser transmitida por turnos.

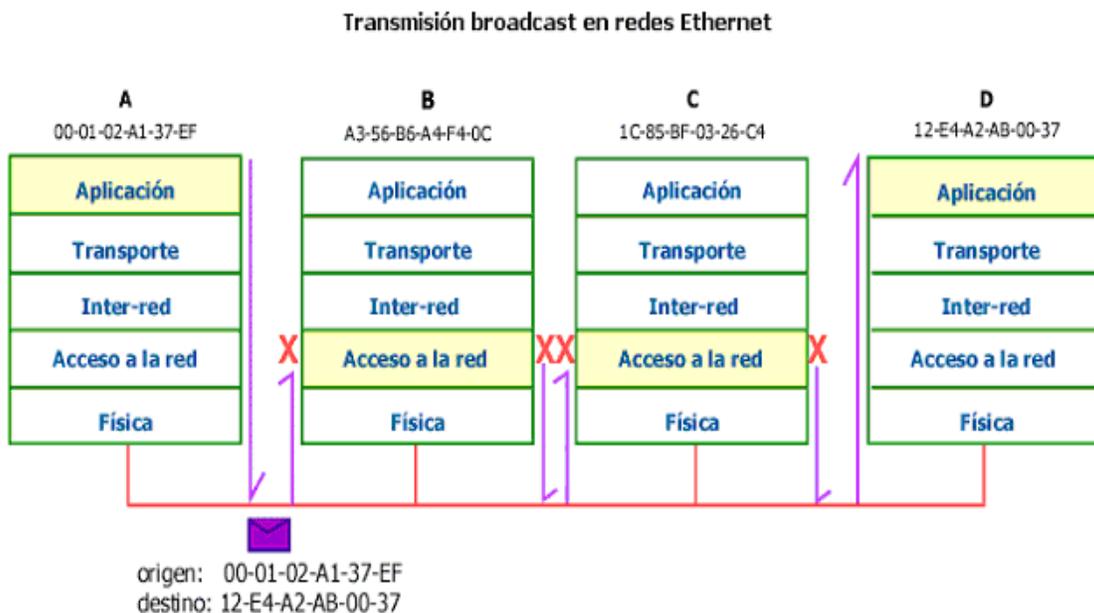
El centro de investigaciones PARC (Palo Alto Research Center) de la Xerox Corporation desarrolló el primer sistema Ethernet experimental en los años 70, que posteriormente sirvió como base de la especificación 802.3 publicada en 1980 por el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).

Las redes Ethernet son de carácter no determinista, en la que los hosts pueden transmitir datos en cualquier momento. Antes de enviarlos, escuchan el medio de transmisión para determinar si se encuentra en uso. Si lo está, entonces

esperan. En caso contrario, los host comienzan a transmitir. En caso de que dos o más host empiecen a transmitir tramas a la vez se producirán encontronazos o choques entre tramas diferentes que quieren pasar por el mismo sitio a la vez. Este fenómeno se denomina **colisión**, y la porción de los medios de red donde se producen colisiones se denomina **dominio de colisiones**.

Una colisión se produce pues cuando dos máquinas escuchan para saber si hay tráfico de red, no lo detectan y, acto seguido transmiten de forma simultánea. En este caso, ambas transmisiones se dañan y las estaciones deben volver a transmitir más tarde.

Para intentar solventar esta pérdida de paquetes, las máquinas poseen mecanismos de detección de las colisiones y algoritmos de postergación que determinan el momento en que aquellas que han enviado tramas que han sido destruidas por colisiones pueden volver a transmitir.



**Figura 2.7 Transmisión Ethernet**

Existen dos especificaciones diferentes para un mismo tipo de red, Ethernet y IEEE 802.3. Ambas son **redes de broadcast**, lo que significa que cada máquina puede ver todas las tramas, aunque no sea el destino final de las mismas. Cada máquina examina cada trama que circula por la red para determinar si está destinada a ella. De ser así, la trama pasa a las capas superiores para su adecuado procesamiento. En caso contrario, la trama es ignorada.

Ethernet proporciona servicios correspondientes a las capas físicas y de enlace de datos del modelo de referencia OSI, mientras que IEEE 802.3 especifica la capa física y la porción de acceso al canal de la capa de enlace de datos, pero no define ningún protocolo de Control de Enlace Lógico.

Ethernet es una tecnología de broadcast de medios compartidos. El método de acceso CSMA/CD que se usa en Ethernet ejecuta tres funciones:

1. Transmitir y recibir paquetes de datos.
2. Decodificar paquetes de datos y verificar que las direcciones sean válidas antes de transferirlos a las capas superiores del modelo OSI.>
3. Detectar errores dentro de los paquetes de datos o en la red.

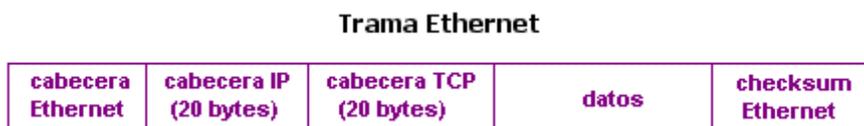
Tanto Ethernet como IEEE 802.3 se implementan a través de la **tarjeta de red** o por medio de circuitos en una placa dentro del host.

## **2.7 Formato de trama Ethernet**

Según hemos visto, los datos generados en la capa de aplicación pasan a la capa de transporte, que los divide en segmentos, porciones de datos aptas

para su transporte por res, y luego van descendiendo pos las sucesivas capas hasta llegar a los medios físicos. Conforme los datos van bajando por la pila de capas, paso a paso cada protocolo les va añadiendo una serie de cabeceras y datos adicionales; necesarios para poder ser enviados a su destino correctamente. El resultado final es una serie de unidades de información denominadas tramas, que son las que viajan de un host a otro.

La forma final de la trama obtenida, en redes Ethernet, es la siguiente:



**Figura 2.8 Trama Ethernet**

Y los principales campos que la forman son:



**Figura 2.9 Campos de trama Ethernet**

- Preámbulo: Patrón de unos y ceros que indica a las estaciones receptoras que una trama es Ethernet o IEEE 802.3. La trama Ethernet

incluye un byte adicional que es el equivalente al campo Inicio de Trama (SOF) de la trama IEEE 802.3.

- Inicio de trama (SOF): Byte delimitador de IEEE 802.3 que finaliza con dos bits 1 consecutivos, y que sirve para sincronizar las porciones de recepción de trama de todas las estaciones de la red. Este campo se especifica explícitamente en Ethernet.
- Direcciones destino y origen: Incluye las direcciones físicas (MAC) únicas de la máquina que envía la trama y de la máquina destino. La dirección origen siempre es una dirección única, mientras que la de destino puede ser de broadcast única (trama enviada a una sola máquina), de broadcast múltiple (trama enviada a un grupo) o de broadcast (trama enviada a todos los nodos).
- Tipo (Ethernet): Especifica el protocolo de capa superior que recibe los datos una vez que se ha completado el procesamiento Ethernet.
- Longitud (IEEE 802.3): Indica la cantidad de bytes de datos que sigue este campo.
- Datos: Incluye los datos enviados en la trama. En las especificación IEEE 802.3, si los datos no son suficientes para completar una trama mínima de 64 bytes, se insertan bytes de relleno hasta completar ese tamaño (tamaño mínimo de trama). Por su parte, las especificaciones Ethernet versión 2 no especifican ningún relleno, Ethernet espera por lo menos 46 bytes de datos.

## **2.8 Tipos de redes Ethernet**

Existen por lo menos 18 variedades de Ethernet, relacionadas con el tipo de cableado empleado y con la velocidad de transmisión.

Variedades de red Ethernet

Tipo	Medio	Ancho de banda máximo	Longitud máxima de segmento	Topología Física	Topología Lógica
10Base5	Coaxial grueso	10 Mbps	500 m	Bus	Bus
10Base-T	UTP Cat 5	10 Mbps	100 m	Estrella; Estrella Extendida	Bus
10Base-FL	Fibra óptica multimodo	10 Mbps	2.000 m	Estrella	Bus
100Base-TX	UTP Cat 5	100 Mbps	100 m	Estrella	Bus
100Base-FX	Fibra óptica multimodo	100 Mbps	2.000 m	Estrella	Bus
1000Base-T	UTP Cat 5	1000 Mbps	100 m	Estrella	Bus

Figura 2.10 Variedades de Ethernet

Las tecnologías Ethernet más comunes y más importantes las son:

**2.8.1 Ethernet 10Base2.** Usa un cable coaxial delgado, por lo que se puede doblar más fácilmente, y además es más barato y fácil de instalar, aunque los segmentos de cable no pueden exceder de 200 metros y 30 nodos. Las conexiones se hacen mediante *conectores en T*, más fáciles de instalar y más seguros.

**2.8.2 Ethernet 10Base5.** También llamada Ethernet gruesa, usa un cable coaxial grueso, consiguiendo una velocidad de 10 Mbps. Puede tener hasta 100 nodos conectados, con una longitud de cable de hasta 500 metros. Las conexiones se hacen mediante la técnica denominada *derivaciones de vampiro*, en las cuales se inserta un polo hasta la mitad del cable, realizándose la derivación en el interior de un transceiver, que contiene los elementos necesarios para la detección de portadores y choques. El transceiver se une al computador mediante un cable de hasta 50 metros.

**2.8.3 Ethernet 10Base-T.** Cada estación tiene una conexión con un hub central, y los cables usados son normalmente de par trenzado. Son las LAN más comunes hoy en día. Mediante este sistema se palian los conocidos defectos de las redes 10Base2 y 10Base5, a saber, la mala detección de derivaciones no deseadas, de rupturas y de conectores flojos. Como desventaja, los cables tienen un límite de sólo 100 metros, y los hubs pueden resultar caros.

**2.8.4 Ethernet 10Base-FX.** Basada en el uso de fibra óptica para conectar las máquinas, lo que la hace cara para un planteamiento general de toda la red, pero idónea para la conexión entre edificios, ya que los segmentos pueden tener una longitud de hasta 2000 metros, al ser la fibra óptica insensible a los ruidos e interferencias típicos de los cables de cobre. Además, su velocidad de transmisión es mucho mayor.

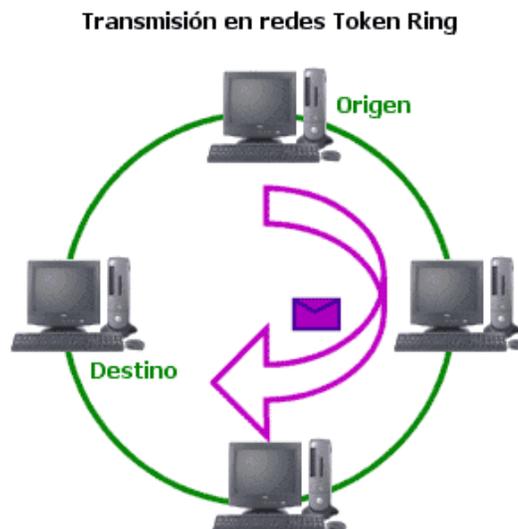
**2.8.5 Fast Ethernet.** Las redes 100 Base Fx (IEEE 802.3u) se crearon con la idea de paliar algunos de los fallos contemplados en las redes Ethernet 10Base-T y buscar una alternativa a las redes FDDI. Son también conocidas como redes Fast Ethernet, y están basadas en una topología en estrella para fibra óptica. Con objeto de hacerla compatible con Ethernet 10Base-T, la tecnología Fast Ethernet preserva los formatos de los paquetes y las interfaces, pero aumenta la rapidez de transmisión hasta los 100 Mbps. En las redes Fast Ethernet se usan cables de cuatro pares trenzados de la clase 3, uno de los cuales va siempre al hub central, otro viene siempre desde el hub, mientras que los otros dos pares son conmutables.

En cuanto a la codificación de las señales, se sustituye la codificación Manchester por señalización ternaria, mediante la cual se pueden transmitir 4 bits a la vez. También se puede implementar Fast Ethernet con cableado de la clase 5 en topología de estrella (100 Base TX), pudiendo entonces soportar hasta 100 Mbps.

## 2.9 Redes LAN Token Ring

Las redes Token Ring son redes de tipo determinista, al contrario de las redes Ethernet. En ellas, el acceso al medio está controlado, por lo que solamente puede transmitir datos una máquina por vez, implementándose este control por medio de un token de datos, que define qué máquina puede transmitir en cada instante. Token Ring e IEEE 802.5 son los principales ejemplos de redes de transmisión de tokens.

Las redes de transmisión de tokens se implementan con una topología física de estrella y lógica de anillo, y se basan en el transporte de una pequeña trama, denominada token, cuya posesión otorga el derecho a transmitir datos. Si un nodo que recibe un token no tiene información para enviar, transfiere el token al siguiente nodo. Cada estación puede mantener al token durante un período de tiempo máximo determinado, según la tecnología específica que se haya implementado.



**Figura 2.11** Redes LAN

Cuando una máquina recibe un token y tiene información para transmitir, toma el token y le modifica un bit, transformándolo en una secuencia de inicio de trama. A continuación, agrega la información a transmitir a esta trama y la envía al anillo, por el que gira hasta que llega a la estación destino.

Mientras la trama de información gira alrededor del anillo no hay ningún otro token en la red, por lo que ninguna otra máquina puede realizar transmisiones.

Cuando la trama llega a la máquina destino, ésta copia la información contenida en ella para su procesamiento y elimina la trama, con lo que la estación emisora puede verificar si la trama se recibió y se copió en el destino.

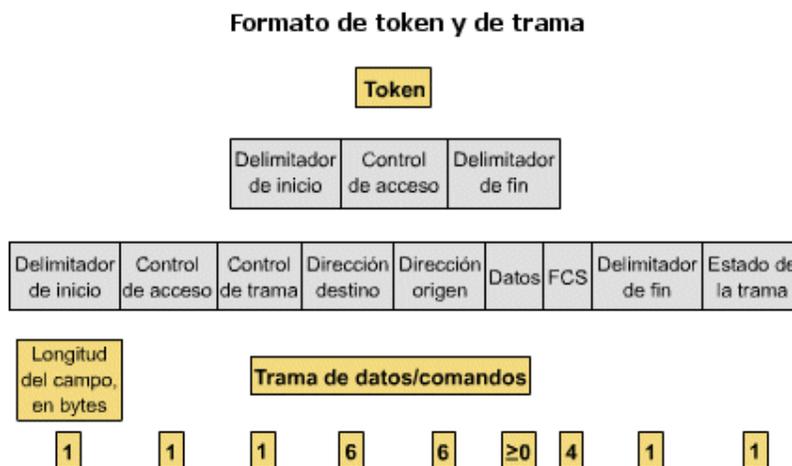
Como consecuencia de este método determinista de transmisión, en las redes Token Ring no se producen colisiones, a diferencia de las redes CSMA/CD como Ethernet. Además, en las redes Token Ring se puede calcular el tiempo máximo que transcurrirá antes de que cualquier máquina pueda realizar una transmisión, lo que hace que sean ideales para las aplicaciones en las que cualquier demora deba ser predecible y en las que el funcionamiento sólido de la red sea importante.

La primera red Token Ring fue desarrollada por la empresa IBM en los años setenta, todavía sigue usándose y fue la base para la especificación IEEE 802.5 (método de acceso Token Ring), prácticamente idéntica y absolutamente compatible con ella. Actualmente, el término Token Ring se refiere tanto a la red Token Ring de IBM como a la especificación 802.5 del IEEE.

Las redes Token Ring soportan entre 72 y 260 estaciones a velocidades de 4 a 16 Mbps, se implementan mediante cableado de par trenzado, con blindaje o sin él, y utilizan una señalización de banda base con codificación diferencial de Manchester.

## 2.9.1 Tokens

Los tokens están formados por un byte delimitador de inicio, un byte de control de acceso y un byte delimitador de fin. Por lo tanto, tienen una longitud de 3 bytes.



**Figura 2.12 Formato de token**

- El delimitador de inicio alerta a cada estación ante la llegada de un token o de una trama de datos/comandos. Este campo también incluye señales que distinguen al byte del resto de la trama al violar el esquema de codificación que se usa en otras partes de la trama.
- El byte de control de acceso contiene los campos de prioridad y de reserva, así como un bit de token y uno de monitor. El bit de token distingue un token de una trama de datos/comandos y un bit de monitor determina si una trama gira continuamente alrededor del anillo.
- El delimitador de fin señala el fin del token o de una trama de datos/comandos. Contiene bits que indican si hay una trama defectuosa y una trama que es la última de una secuencia lógica.

El tamaño de las tramas de datos/comandos varía según el tamaño del campo de información. Las tramas de datos transportan información para los protocolos de capa superior, mientras que las tramas de comandos contienen información de control y no poseen datos para los protocolos de capa superior.

En las tramas de datos o instrucciones hay un byte de control de trama a continuación del byte de control de acceso. El byte de control de trama indica si la trama contiene datos o información de control. En las tramas de control, este byte especifica el tipo de información de control.

A continuación del byte de control de trama hay dos campos de dirección que identifican las estaciones destino y origen. Como en el caso de IEEE 802.5, la longitud de las direcciones es de 6 bytes. El campo de datos está ubicado a continuación del campo de dirección. La longitud de este campo está limitada por el token de anillo que mantiene el tiempo, definiendo de este modo el tiempo máximo durante el cual una estación puede retener al token.

Y a continuación del campo de datos se ubica el campo de secuencia de verificación de trama (FCS). La estación origen completa este campo con un valor calculado según el contenido de la trama. La estación destino vuelve a calcular el valor para determinar si la trama se ha dañado mientras estaba en tránsito. Si la trama está dañada se descarta. Como en el caso del token, el delimitador de fin completa la trama de datos/comandos.

### **2.9.2. Sistema de prioridad**

Las redes Token Ring usan un sistema de prioridad sofisticado que permite que determinadas estaciones de alta prioridad usen la red con mayor frecuencia. Las tramas Token Ring tienen dos campos que controlan la prioridad: **el campo de prioridad** y **el campo de reserva**.

Sólo las estaciones cuya prioridad es igual o superior al valor de prioridad que posee el token pueden tomar ese token. Una vez que se ha tomado el token y éste se ha convertido en una trama de información, sólo las estaciones cuyo valor de prioridad es superior al de la estación transmisora pueden reservar el token para el siguiente paso en la red. El siguiente token generado incluye la mayor prioridad de la estación que realiza la reserva. Las estaciones que elevan el nivel de prioridad de un token deben restablecer la prioridad anterior una vez que se ha completado la transmisión.

### **2.9.3. Mecanismos de control**

Las redes Token Ring usan varios mecanismos para detectar y compensar los fallos de la red. Uno de estos mecanismos consiste en seleccionar una estación de la red Token Ring como el monitor activo. Esta estación actúa como una fuente centralizada de información de temporización para otras estaciones del anillo y ejecuta varias funciones de mantenimiento del anillo. Potencialmente cualquier estación de la red puede ser la estación de monitor activo.

Una de las funciones de esta estación es la de eliminar del anillo las tramas que circulan continuamente. Cuando un dispositivo transmisor falla, su trama puede seguir circulando en el anillo e impedir que otras estaciones transmitan sus propias tramas; esto puede bloquear la red. El monitor activo puede detectar estas tramas, eliminarlas del anillo y generar un nuevo token.

La topología en estrella de la red Token Ring de IBM también contribuye a la confiabilidad general de la red. Las **MSAU** (unidades de acceso de estación múltiple) activas pueden ver toda la información de una red Token Ring, lo que les permite verificar si existen problemas y, de ser necesario, eliminar estaciones del anillo de forma selectiva.

Otro mecanismo de control de fallos de red es el conocido como **Beaconing**. Cuando una estación detecta la existencia de un problema grave en la red (por ejemplo, un cable roto), envía una **trama de beacon**. La trama de beacon define un dominio de error. Un dominio de error incluye la estación que informa acerca del error, su vecino corriente arriba activo más cercano (NAUN) y todo lo que se encuentra entre ellos.

## **2.10 REDES WLAN (REDES INALAMBRICAS DE AREA LOCAL)**

Una red inalámbrica de área local, está provista de todas las características y beneficios de las tecnologías tradicionales de LAN, tales como Ethernet y Token Ring, pero sin las limitaciones del cableado. Así las WLANs redefinen la manera en que las industrias ven a las LANs. La infraestructura de una red inalámbrica, no necesita ser escondida o enterrada, puede ser movida o cambiar basada en las necesidades de la organización.

Una WLAN, al igual que una LAN, requiere de un medio físico, a través del cual se transmiten las señales. Las WLANs, utilizan luz infrarroja o frecuencias de radio, el uso de radiofrecuencias es más popular, por su mayor área de cobertura y ancho de banda. Las WLANs utilizan las bandas de frecuencia de 2.4 gigahertz (GHz) y 5 GHz. Las redes WLAN proveen libertad para operar sin edificios y entre edificios.

Los sistemas inalámbricos, no son completamente inalámbricos, estos dispositivos son una parte del cableado tradicional de las LAN, que están diseñados y construidos utilizando microprocesadores estándar y circuitos digitales, conectados a los sistemas LAN tradicionales. Los dispositivos wireless tienen la capacidad de codificar, decodificar, comprimir, descomprimir, transmitir y recibir señales wireless. La primera generación de dispositivos

WLAN, con sus bajas velocidades y carencia de estándares, no fue muy popular.

Las redes inalámbricas utilizan las ondas de radio como medio de conexión. Existen varios tipos de redes WLAN, caracterizadas por diferentes estándares.

Entre los principales estándares se encuentran:

- **2.10.1. IEEE 802.11:** El estándar original de WLANs que soporta velocidades entre 1 y 2 Mbps, usando salto de frecuencias (FHSS) o secuencia directa (DSSS).
- **2.10.2 IEEE 802.11a:** El estándar de alta velocidad que soporta velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz, usando OFDM.
- **2.10.3 IEEE 802.11b:** El estándar dominante de WLAN (conocido también como Wi-Fi) que soporta velocidades de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz, usando DSSS
- **2.10.4 IEEE 802.11g:** Soporta velocidades de 20-54Mbps, en la banda de los 2.4GHz usando DSSS y OFDM. Es compatible hacia atrás con 802.11b. Tiene mayor alcance y menor consumo de potencia que 802.11a.

En la tabla 2.2, se muestra una comparación entre las principales características de los estándares 802.11 más sobresalientes.

Tabla. 2.2 Comparación entre los principales estándares 802.11

<b>Estándar</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Interfase de aire</b>	<b>Ancho de banda de canal</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>802.11b</b>	11 Mbps	DSSS	25 MHz	2.4 GHz
<b>802.11a</b>	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz
<b>802.11g</b>	54 Mbps	OFDM/DSSS	25 MHz	2.4 GHz

El gran éxito de las WLANs radica en que utilizan frecuencias de uso libre, es decir no es necesario pedir autorización o algún permiso para utilizarlas. Aunque hay que tener en mente, que la normatividad acerca de la administración del espectro, varía de país a país.

La desventaja de utilizar este tipo de bandas de frecuencias es que las comunicaciones son propensas a interferencias y errores de transmisión. Por eso la velocidad máxima especificada teóricamente no es tal en la realidad. Si la especificación IEEE 802.11b indica que la velocidad máxima es 11 Mbps, entonces el máximo caudal eficaz será aproximadamente 6 Mbps o menos.

Para reducir errores, el estándar 802.11a y el 802.11b automáticamente reducen la velocidad de información de la capa física. Así por ejemplo, el 802.11b tiene tres velocidades de información (5.5, 2 y 1 Mbps) y el 802.11a, tiene 7 (48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 Mbps). La velocidad máxima permisible es la indicada en la tabla 2.2, y sólo se puede disponer de esta en un ambiente libre de interferencia y a muy corta distancia.

La transmisión a mayor velocidad del 802.11a no es la única ventaja con respecto al 802.11b. También utiliza un intervalo de frecuencia más alto de 5 GHz. Esta banda es más ancha y menos atestada que la banda de 2.4 GHz que el 802.11b comparte con teléfonos inalámbricos, hornos de microondas, dispositivos Bluetooth, entre otros. Una banda más ancha significa que más canales de radio pueden coexistir sin interferencia.

La banda de 5GHz tiene muchas ventajas, pero también tiene sus problemas, debido a que las diferentes frecuencias que utilizan los productos basados en 802.11a son no ínter operables con los 802.11b, porque los equipos no pueden comunicarse entre si, por estar en diferentes bandas de frecuencia, aunque no se interfieran entre sí. Para evitar esto, la IEEE desarrolló un nuevo estándar conocido como 802.11g, el cual extiende la velocidad y el intervalo de frecuencias del 802.11b para así hacerlo totalmente compatible con los sistemas anteriores.

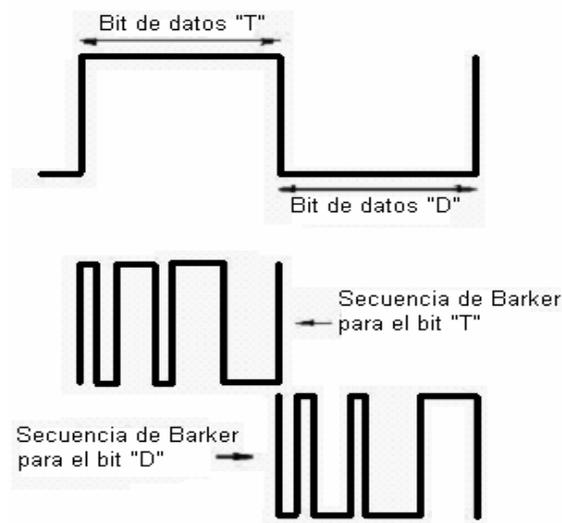
La velocidad real en las WLANs está muy abajo que la especificada por las normas, ya que esta depende de diversos factores tales como el la interferencia propia de ambiente, la distancia o área de cobertura, la potencia de transmisión, el tipo de modulación empleada, etc. La mayoría de las redes 802.11b pueden alcanzar oficialmente distancias hasta 100 metros en interiores. Con una mayor potencia se puede extender esa longitud, aunque en interiores al limitarse la potencia de transmisión, paredes y otros

objetos pueden interferir la señal. En la realidad una WLAN en ambientes exteriores en comunicación punto a punto pueden alcanzar varios kilómetros, mientras exista línea de vista y libre de interferencia. Bajo este esquema se utiliza el método conocido como DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) para transmitir datos entre los dos puntos. La comunicación se establece conectando en un lado un equipo conocido como Wireless Bridge [puente inalámbrico] y en el otro extremo un Access Point [punto de acceso], ambos equipos conectados directamente a una antena de espectro disperso. La salida de estos equipos hacia la red local viene en ETHERNET con interfase para RJ45 de modo que se puede conectar directamente un concentrador [hub] o un conmutador de paquetes [switch], en donde se conectarán las computadoras de la red.

### **2.11 Tecnología de espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS)**

Esta técnica consiste en la generación de un patrón de bits redundante llamado *señal de chip* para cada uno de los bits que componen la señal de información y la posterior modulación de la señal resultante mediante una portadora de RF. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la señal de información original.

La secuencia de bits utilizada para modular cada uno de los bits de información es la llamada secuencia de Barker y tiene la siguiente forma: +1, -1, +1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1, -1.



**Figura. 2.13 Codificación de la información mediante la secuencia de Barker**

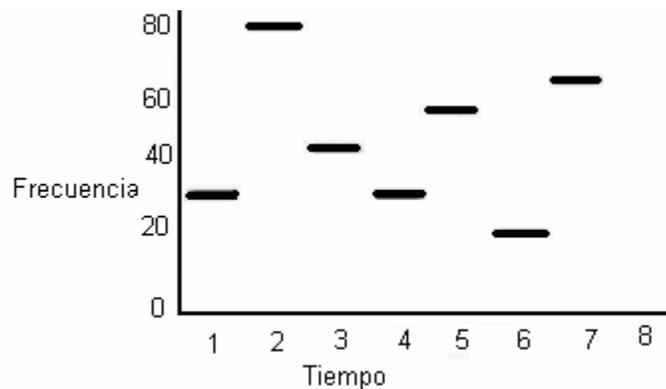
En la figura 2.11 se muestra el aspecto de una señal de dos bits a la cual se le ha aplicado la secuencia de Barker.

## 2.12 Tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia (FHSS)

La tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada *dwell time* e inferior a 400ms. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia, como se muestra en la figura 2.12. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo.

Cada una de las transmisiones a una frecuencia concreta se realiza utilizando una portadora de banda estrecha que va cambiando (saltando) a lo largo del tiempo. Este procedimiento equivale a realizar una partición de la información en el dominio temporal.

El orden en los saltos en frecuencia que el emisor debe realizar viene determinado según una secuencia pseudos aleatorios que se encuentra definida en unas tablas que tanto el emisor como el receptor deben conocer. La ventaja de estos sistemas frente a los sistemas DSSS es que con esta tecnología podemos tener más de un punto de acceso en la misma zona geográfica sin que existan interferencias si se cumple que dos comunicaciones distintas no utilizan la misma frecuencia portadora en un mismo instante de tiempo.



**Figura. 2.14 Modo de trabajo de la técnica FHSS**

Si se mantiene una correcta sincronización de estos saltos entre los dos extremos de la comunicación el efecto global es que aunque se vaya cambiando de canal físico con el tiempo se mantiene un único canal lógico a través del cual se desarrolla la comunicación.

Para un usuario externo a la comunicación la recepción de una señal FHSS equivale a la recepción de ruido impulsivo de corta duración.

### **2.13 Tecnología de espectro disperso de multiplexación de división de frecuencia ortogonal (OFDM).**

OFDM trabaja dividiendo el espectro disponible en múltiples subportadoras. La transmisión sin línea de vista ocurre cuando entre el receptor y el transmisor existen reflexiones o absorciones de la señal lo que resulta en una degradación de la señal recibida.

Las tecnologías 802.11a y 802.11b definen capas físicas diferentes. Los radios 802.11b transmiten a 2.4 GHz y envían datos a velocidades de hasta 11Mbps usando modulación DSSS (Espectro Disperso de Secuencia Directa); mientras que los radios 802.11a transmiten a 5 GHz y envían datos hasta a 54 Mbps usando OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing o en español Multiplexación de División de Frecuencia Ortogonal).

OFDM es una tecnología de modulación digital, una forma especial de modulación multi-canal considerada la piedra angular de la próxima generación de productos y servicios de radio frecuencia de alta velocidad para uso tanto personal como corporativo. La técnica de espectro disperso de OFDM distribuye los datos en un gran número de canales que están espaciados entre sí en distintas frecuencias precisas, como se muestra en la figura 2.13. Ese espaciado evita que los demoduladores perciban frecuencias distintas a las suyas propias.

OFDM tiene una alta eficiencia de espectro, resiliencia a la interfase RF (radio frecuencia) y permite tener una menor distorsión multi-ruta. Actualmente OFDM no sólo se usa en las redes inalámbricas LAN 802.11a, también en las 802.11g, en comunicaciones de alta velocidad por vía telefónica como las ADSL y en difusión de señales de televisión digital terrestre en Europa, Japón y Australia.

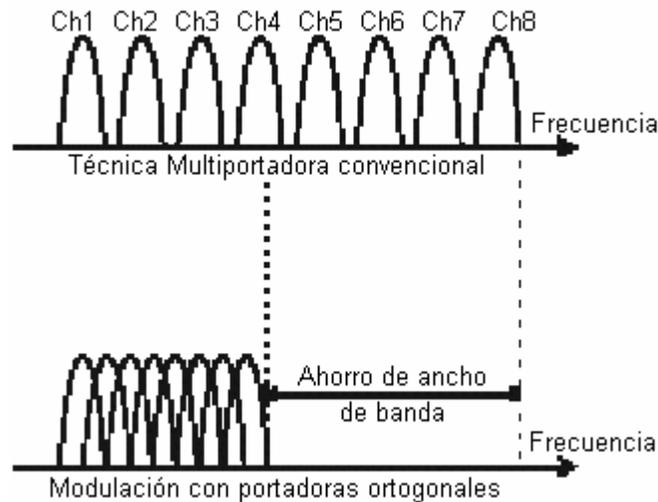
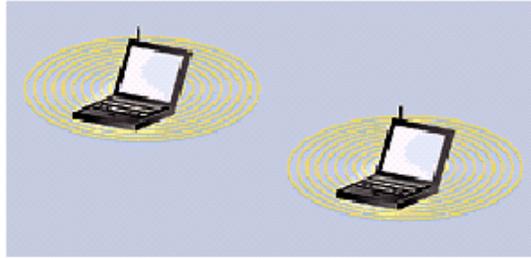


Figura. 2.15 Modulación convencional y modulación con portadoras ortogonales

## 2.14 Configuraciones WLAN

El grado de complejidad de una red de área local inalámbrica es variable, dependiendo de las necesidades a cubrir y en función de los requerimientos del sistema que se quiera implementar se pueden utilizar diversas configuraciones de red, tales como:

**2.14.1 Peer to peer o redes ad-hoc.** La configuración más básica es la llamada de igual a igual o ad-hoc y consiste en una red de dos terminales móviles equipados con la correspondiente tarjeta adaptadora para comunicaciones inalámbricas. En la figura 2.14 se muestra un ejemplo. Para que la comunicación entre estas dos estaciones sea posible hace falta que se vean mutuamente de manera directa, es decir, que cada una de ellas esté en el rango de cobertura radioeléctrica de la otra. Las redes de tipo ad-hoc son muy sencillas de implementar y no requieren ningún tipo de gestión administrativa.



**Figura. 2.16** Redes de igual a igual

**2.14.2 Modo Infraestructura.** Para aumentar el alcance de una red del tipo anterior hace falta la instalación de un punto de acceso. Con este nuevo elemento doblamos el alcance de la red inalámbrica (ahora la distancia máxima permitida no es entre estaciones, sino entre cada estación y el punto de acceso). En la figura 2.15 se muestra un ejemplo. Además, los puntos de acceso se pueden conectar a otras redes, y en particular a una red fija, con lo cual un usuario puede tener acceso desde su terminal móvil a otros recursos. Para dar cobertura en una zona determinada habrá que instalar varios puntos de acceso de tal manera que se pueda cubrir la superficie necesaria con las celdas de cobertura que proporciona cada punto de acceso y ligeramente solapadas para permitir el paso de una celda a otra sin perder la comunicación.



**Figura. 2.17** Redes modo infraestructura

### 2.14.3 Enlace entre varias LAN o WMAN.

Por último, otra de las configuraciones de red posibles es la que incluye el uso de antenas direccionales. El objetivo de estas antenas direccionales es el de enlazar redes que se encuentran situadas geográficamente en sitios distintos tal y como se muestra en la figura 2.16. Un ejemplo de esta configuración se tiene cuando se requiere extender la red local de un edificio a otro. Una posible solución a este problema consiste en instalar una antena direccional en cada edificio apuntándose mutuamente. A la vez, cada una de estas antenas está conectada a la red local de su edificio mediante un punto de acceso. De esta manera se pueden interconectar las dos redes locales.

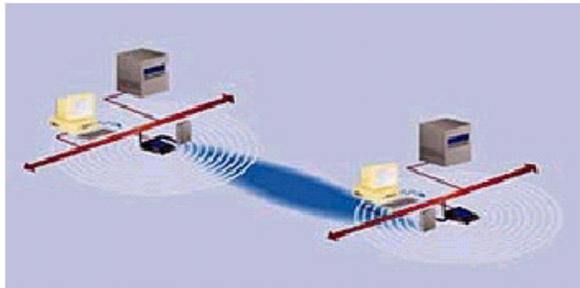


Figura. 2.18 Enlace entre varias LAN o WMAN

### 2.15 REDES VPN (RED PRIVADA VIRTUAL)

Una Red Privada Virtual es una red que ofrece una conectividad segura sobre una red pública. Como la infraestructura es compartida, se puede proporcionar la conectividad a menor precio que con redes privadas dedicadas. La idea de una VPN es la de extender una red LAN, hacia lugares fuera de la misma por

medio de un canal de comunicación exclusivo mejor conocido como túnel (VPN Tunneling).

### **2.15.1 VPN Tunneling**

Permite al transmisor encapsular sus datos en paquetes IP protegiéndolos de posibles atacantes. Existen dos tipos de extremos:

- Ordenadores individuales.
- LAN segura (firewall, router).

**2.15.2 Túneles LAN-LAN.** Un gateway seguro en cada uno de los extremos sirve como interfase entre el túnel y la LAN privada.

**2.15.3 Túneles cliente.** Es la forma que tienen de acceder a los recursos de una determinada empresa, los usuarios "móviles".

Las VPNs, tienen varios beneficios, entre los que se puede citar: ahorro de costos directos, reducción de equipos, reducción de soporte técnico necesario, aumento de flexibilidad, escalabilidad: extiende la red WAN a más usuarios remotos, soporta más conexiones y ancho de banda, se basan en rendimiento, fiabilidad de conexión, cantidad de información y no en tiempo de conexión y en distancia.

## **2.16 Redes de Área Extendida (WAN).**

La red de área extendida o WAN se encargan de interconectar las LAN, que a su vez proporcionan acceso a los computadores o a los servidores de archivos ubicados en otros lugares. Como las WAN conectan redes de usuarios dentro de un área geográfica extensa, permiten que las empresas se comuniquen entre sí a través de grandes distancias.

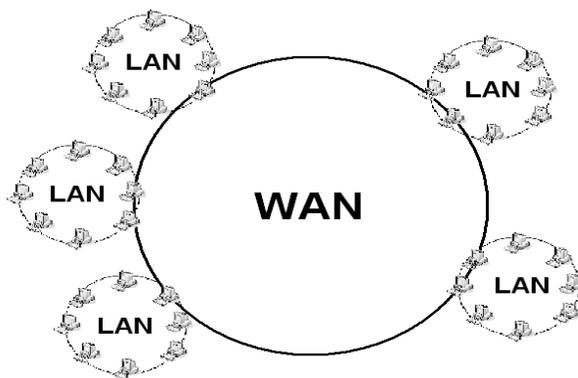
Las WAN permiten que los computadores, impresoras y otros dispositivos de una LAN compartan y sean compartidas por redes en sitios distantes. Las WAN proporcionan comunicaciones instantáneas a través de zonas geográficas extensas. El software de colaboración brinda acceso a información en tiempo real y recursos que permiten realizar reuniones entre personas separadas por largas distancias, en lugar de hacerlas en persona.

Las WAN están diseñadas para realizar lo siguiente:

- Operan entre áreas geográficas extensas y distantes
- Posibilitan capacidades de comunicación en tiempo real entre usuarios
- Brindan recursos remotos de tiempo completo, conectados a los servicios locales.
- Brindan servicios de correo electrónico, World Wide Web, transferencia de archivos y comercio electrónico

Algunas de las tecnologías y protocolos que manejan enlaces dedicados a través de empresas portadoras para el establecimiento de las redes WAN son:

- Líneas Analógicas
- Cable Módems
- Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)
- Línea de Suscripción Digital (DSL - Digital Subscriber Line)
- Frame Relay, X.25, ATM
- Series de portadoras para EE.UU.: (T1, T2, T3) y Europa (E1, E2, E3, E4)
- Red Óptica Síncrona SONET(OC1, OC2, OC3)



**Figura 2.19 Red de Área Extendida WAN**

Además, la seguridad de las conexiones vía Internet, se manejan a través de redes privadas virtuales VPN's en las cuales los protocolos más utilizados son PPTP, IPSec, y de equipos o software de borde que protejan la red interna como el Firewall.

A continuación se analizan algunas de las tecnologías mencionadas.

### **2.17 Enlaces Punto a Punto en una red WAN**

Los enlaces a larga distancia necesarios para comunicaciones punto a punto o para crear la estructura de una red de área extensa, se pueden conseguir de diferentes formas (y con costos diferentes) en función de las necesidades del usuario u organización que las precise.

### **2.18 Conexiones temporales a través de RTB o RDSI**

Cuando los intercambios de datos se realizan de forma muy esporádica, no resulta rentable mantener una comunicación permanente entre los sistemas informáticos. La alternativa es el establecimiento de una conexión temporal por medio de una línea telefónica convencional de la Red Telefónica Básica (RTB) o de una línea digital de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

En el primer caso es necesario el uso de un módem telefónico en ambos extremos de la línea, pudiendo alcanzar velocidades de transmisión de la información de hasta 33,6 kbps. o 56 kbps dependiendo de la calidad de las líneas telefónicas.

La facturación se realiza en función de la duración de la llamada telefónica que se establece con la marcación del número de abonado telefónico del destinatario, del horario en que se realiza y del tipo de esta (local, provincial,

nacional, etc.), a parte de los costos fijos mensuales o bimestrales por disposición y mantenimiento de la línea.

Actualmente las compañías telefónicas ofertan la posibilidad del uso de "bonos" o sistemas de "tarifa plana" sobre todo para el acceso a Internet (siempre a través de un proveedor de acceso a Internet, ISP, Internet Service Provider).

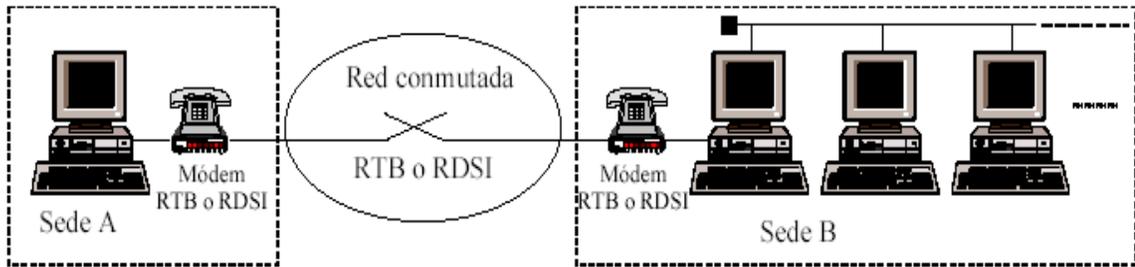
RDSI se presenta para el usuario en dos modalidades de acceso: básico y primario. La primera se suele utilizar para establecer conexiones temporales de voz o de datos. Los costos para una llamada a través de la RDSI son similares, la forma de tarificación es la misma y solo varía la cuantía de los costos fijos.

Mediante un "módem RDSI", que no es un módem analógico, si no que simplemente codifica los datos para su transmisión a través de la línea digital, el usuario dispone en la modalidad más económica de uno o dos canales digitales full-duplex a 64 kbps.

La velocidad de transmisión de la información se puede incrementar a veces mediante la modificación del contrato con la compañía suministradora a múltiplos de 64 kbps con el aumento de costos correspondientes.

El establecimiento de la comunicación se realiza de la misma forma que con una línea telefónica convencional ya que el disponer de una línea RDSI permite sustituir a la anterior si se dispone de un teléfono digital RDSI, de tal manera que el usuario utiliza igualmente un número de abonado telefónico convencional.

Además, a través de la línea RDSI se pueden utilizar simultáneamente el teléfono y la conexión de datos.



**Figura. 2.20 Conexiones Temporales**

El acceso RDSI primario no permite conexiones temporales, si no que se trata de un acceso punto a punto permanente a 2 Mbps. hacia otro usuario o hacia un servicio de red de área extensa.

En cualquiera de los casos, el uso de la RTB o la RDSI es para el usuario un simple medio de transmisión, con distintas velocidades posibles, que le permiten la conexión a otros usuarios o redes públicas utilizando el protocolo que en cada caso sea preciso.

## **2.19 Accesos permanentes con ADSL o con Cable módem**

Para el acceso a una red de datos como Internet, muchos usuarios desean poder disponer de una conexión permanente, barata, con un ancho de banda aceptable y que no impida el uso independiente del teléfono.

Este tipo de acceso es posible mediante un Módem ADSL a través de una línea telefónica convencional o mediante un Cable módem a través de una red de televisión por cable. Se utilizan fundamentalmente para acceder a los servicios de los proveedores de acceso a Internet (ISP).

Sin embargo, estos accesos no se suelen utilizar para el establecimiento de enlaces punto a punto a larga distancia o de redes de área extensa privadas, salvo que se establezca un sistema de Red Privada Virtual.

El acceso por ADSL proporciona al usuario un canal privado con el ISP independiente en velocidad y uso del acceso del resto de usuarios del ISP. En cambio, con el módem de cable todos los usuarios de una zona geográfica comparten el medio de transmisión hacia el ISP (constituido de un sistema de cableado coaxial con amplificadores de señal).

La velocidad de acceso de cada usuario depende del número de usuarios de la zona conectados en cada momento y el uso que estén haciendo de la red. Además la privacidad de cada conexión podría verse comprometida.

El acceso ADSL puede ser conducido hacia otros servicios, a parte del de un ISP. Por ejemplo, hacia la red de la empresa en la que trabaja el usuario (habitualmente esto se hace combinando la tecnología ATM), proporcionando así al usuario un acceso punto a punto con la red de su empresa.

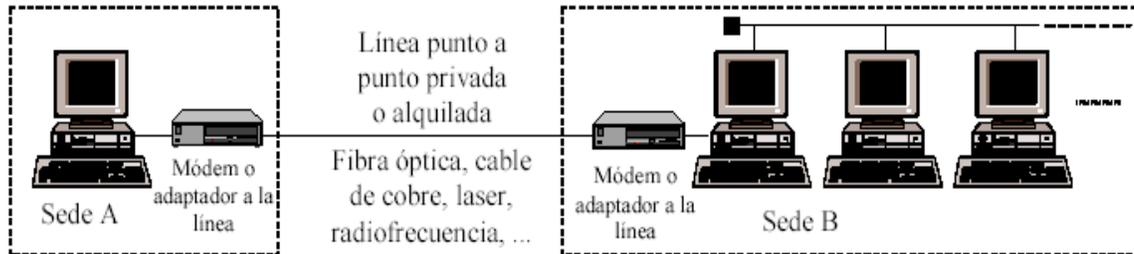
### **2.19.1 Alquiler de líneas de transmisión para uso exclusivo**

Cuando la frecuencia del intercambio de datos aconseja al usuario mantener una conexión permanente punto a punto, una de las opciones es el alquiler de una línea de transmisión a una compañía que disponga de ellas.

No sólo las compañías telefónicas disponen de estas líneas, sino que otros tipos de compañías que tienen facilidades para el tendido de ellas. Este es el caso de empresas eléctricas, de distribución de gas, ferrocarriles, radiodifusión, etc., que normalmente realizan tendidos para la transmisión de datos paralelos a sus instalaciones para su propio uso o el alquiler a terceros.

Las velocidades de transmisión de la información y los dispositivos de interfaz para la conexión a esas líneas dependen de la tecnología y características de las mismas. La facturación suele ser fija e independiente del volumen de datos transmitidos. Permite al usuario el disponer de un canal de capacidad fija para su uso exclusivo, por lo que se ha de valorar bien su necesidad.

Si su uso no es muy intensivo, puede dar lugar a un desaprovechamiento del canal en periodos de baja actividad y no justificar el costo del mismo.



**Figura. 2.21 Líneas de Transmisión de uso Exclusivo**

### **2.19.2. Alquiler de circuitos virtuales permanentes o temporales**

Los operadores de transmisión de datos suelen ofrecer servicios avanzados de red mediante sus redes de conmutación X.25, Frame-Relay, ATM, etc.

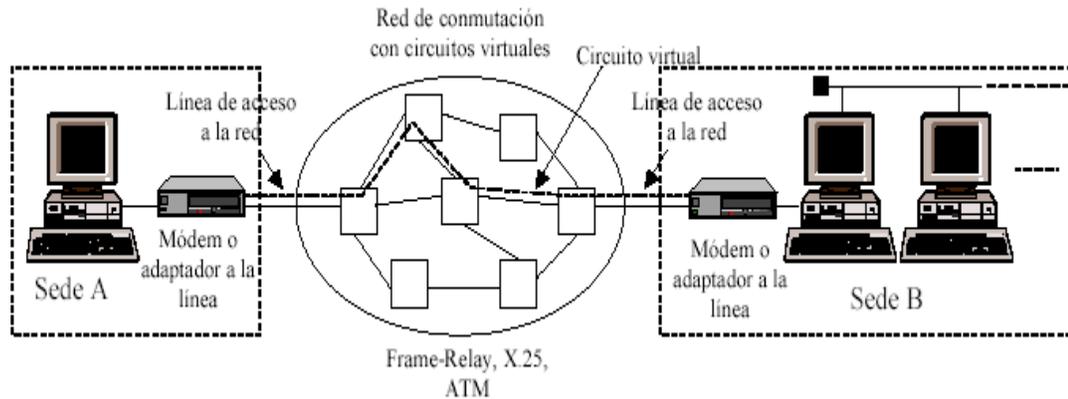
Esto permite ofrecer al usuario un ancho de banda mínimo para sus conexiones temporales o permanentes y la posibilidad de aumentar ese ancho de banda si lo necesita y la carga de la red en esos momentos lo permite.

El aprovechamiento de las líneas de transmisión es mayor, ya que al ser compartidas por múltiples usuarios, los periodos de inactividad se reducen al mínimo.

La velocidad de la línea de transmisión que une al usuario a la red suele ser bastante superior al ancho de banda contratado, ya que este suele tener un mayor peso en el costo de la conexión.

Los parámetros de facturación pueden ser tremendamente complejos, añadiendo en general a los costos fijos (conexión, velocidad de la línea de transmisión y ancho de banda contratado), costos variables en función del

volumen de tráfico, horario de acceso, exceso sobre el ancho de banda contratado, etc.



**Figura. 2.22 Circuitos Virtuales**

## 2.20 Red Privada Virtual (VPN)

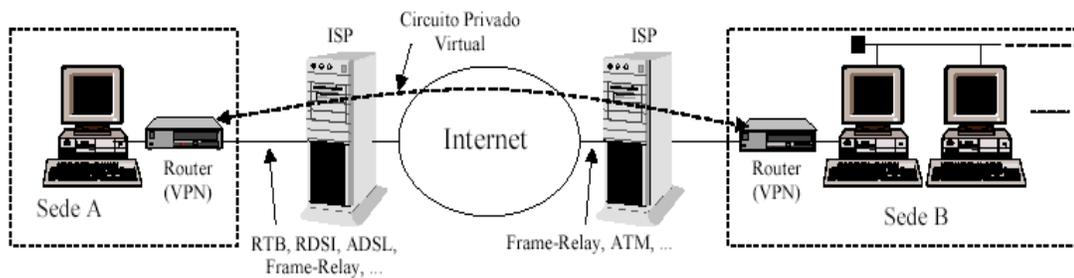
Una alternativa más económica que la contratación de circuitos virtuales, es la utilización de una red pública de conmutación de paquetes, como Internet, para establecer las conexiones punto a punto de larga distancia de la empresa.

En el transporte de los datos pueden intervenir múltiples nodos pertenecientes a diferentes empresas y organizaciones públicas o privadas. Por ello, hay que poner especial interés en mantener su privacidad en su viaje a través la red mediante el uso técnicas de cifrado.

Estas técnicas son también recomendables en el caso de los ejemplos descritos en los casos anteriores, especialmente, cuando no exista confianza en el medio de transmisión o las compañías que le dan soporte.

El acceso de cada extremo a la red Internet se hará a través de un proveedor de servicio (ISP), hasta el que se llega mediante alguno de los métodos habituales: RTB, RDSI, ADSL, Cable módem, Frame-Relay, etc.

Desde el ISP el acceso a la red Internet se realiza a través de alguna organización conectada a la misma normalmente mediante conexiones Frame-Relay o ATM. Es responsabilidad del ISP que estas últimas tengan el ancho de banda adecuado para dar un servicio de calidad a todos sus clientes, conectados temporal o permanentemente a la red Internet.



**Figura. 2.23 Red Privada Virtual**

El elemento final que conecta cada sede a la línea de transmisión que va hacia el ISP, suele ser un encaminador (router) con capacidad para establecer una Red Privada Virtual (VPN, Virtual Private Network).

Esto consiste en crear un Circuito Privado Virtual, es decir, una conexión punto a punto con el router del otro extremo, a través del que viajan todos los datos que se intercambian entre ambas sedes. Los datos viajan normalmente codificados y obviamente se pueden conectar más de dos sedes, manteniendo varias conexiones punto a punto.

De esta manera, los nodos de ambos extremos del enlace tienen la sensación de pertenecer a la misma red, a la vez que esta resulta prácticamente invisible para el resto del mundo. Los inconvenientes son la imposibilidad de garantizar un ancho de banda mínimo e incluso el servicio de los enlaces punto a punto, sometidos a los avatares del estado de las conexiones y el tráfico de la red Internet.

## **2.21 Circuitos de Transmisión para redes WAN**

Como se ve existen distintas tecnologías para la transmisión física de los datos que permiten el establecimiento temporal o permanente de enlaces punto a punto. Con estos enlaces se pueden establecer conexiones simples entre dos sistemas o crear múltiples conexiones punto a punto entre sistemas para la organización de una estructura de red de área extensa.

En este caso se describen las características técnicas (medio físico, codificación de la señal, etc.) de los medios de transmisión más habitualmente utilizados para establecer los enlaces punto a punto, descrito anteriormente.

## **2.22 Líneas de telefonía analógica**

El modo más elemental para establecer un enlace temporal a larga distancia es utilizando una línea telefónica de la RTB.

Originalmente se trataba del establecimiento de un enlace por conmutación de circuitos mediante la marcación del número del abonado de destino, pero en la actualidad las tecnologías de conmutación, sobre todo entre centrales de la RTB han cambiado mucho.

Sin embargo, no ha cambiado tanto la línea que une al abonado con la central más próxima de la RTB. Se trata de un par de cables trenzados que debido a los sistemas de repetidores analógicos (amplificadores de banda) que se emplean para amplificar la señal que porta la voz del usuario, apenas tiene un ancho de banda de 4 KHz en el mejor de los casos, estando generalmente limitado entre 300 y 3000 Hz.

El no poder bajar de 300 Hz impide que seriales digitales en banda base, que establecen generalmente valores de tensión continua en la codificación, puedan viajar por estas líneas. Por lo tanto se ha de utilizar un equipo

modulador-de modulador, módem, para enviar y recibir señales a través de ellas.

La mejora en la tecnología de estos equipos con la utilización de varias frecuencias portadoras sobre las que se modula la información digital combinando la modulación de fase y de amplitud, permite la transmisión de información full-duplex a velocidades de hasta 33,6 y 56 kbps según la calidad de la línea, en un medio que apenas permite transmitir 600 elementos de señal por segundo (baudios) sobre cada frecuencia portadora.

Si la distancia del abonado a la central telefónica más próxima no es muy grande (unos 5 Km. sino se limita más por otras circunstancias) y la central telefónica está suficientemente modernizada, el usuario podrá optar por soluciones RDSI o ADSL, ya que para esas distancias no son necesarios los amplificadores de banda en la línea de cobre.

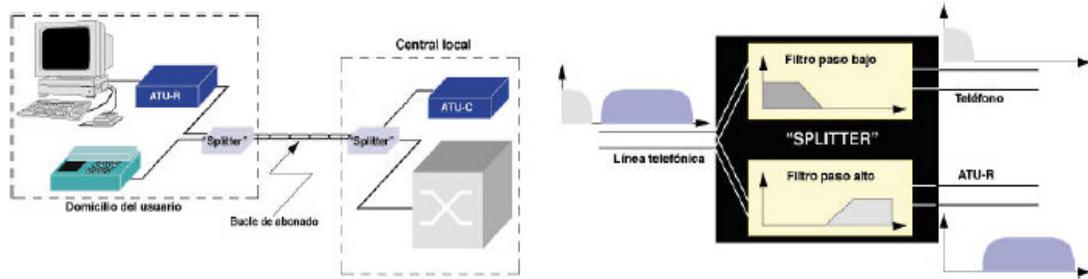
Para distancias mayores, se precisará algún sistema de amplificación específico que normalmente no es rentable para las compañías que ofertan el servicio.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital Asimétrica) consiste en transmitir conjuntamente voz y datos modulados a distintas frecuencias sobre la línea telefónica convencional.

Ambas transmisiones se separan en la recepción por medio de un filtro (o splitter) colocado en ambos extremos de la línea telefónica.

El filtro separa las frecuencias correspondientes a la voz (o telefonía convencional) de las frecuencias sobre las que se modulan los datos digitales.

Así, cuando se está utilizando el módem ADSL (un módem especial para este tipo de tecnología), se tiene la línea de teléfono disponible para realizar simultáneamente llamadas de voz. Además la conexión del usuario a través del módem ADSL puede mantenerse las 24 h del día.

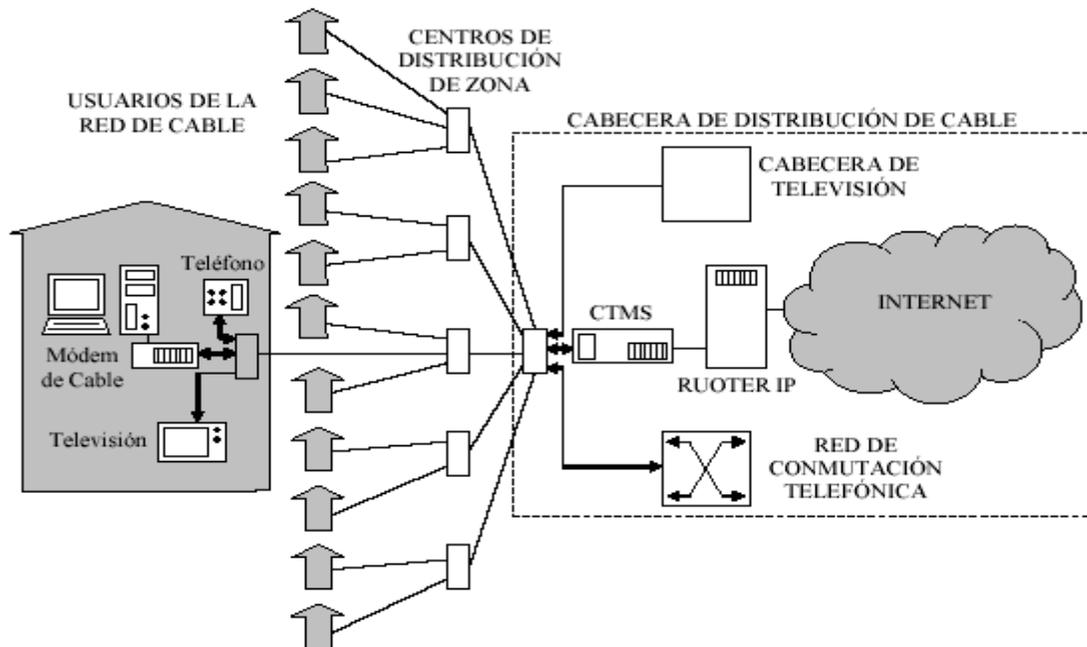


**Figura. 2.24 Comunicación ADSL**

La comunicación que se establece mediante ADSL es asimétrica, ya que la velocidad en bits por segundo a la que se transmite la información hacia el usuario es mucho mayor que la que se utiliza en sentido contrario.

### 2.23 Cable módem

La tecnología Cable módem es ofertada por las compañías de televisión por cable como alternativa al acceso a la red Internet y, por lo tanto, puede permitir el establecimiento de conexiones punto a punto a través de enlaces privados virtuales (VPN) u otras estrategias.



**Figura. 2.25 Conexión por Cable Modem**

A través de una red de cable se difunden habitualmente las señales desde la cabecera de distribución de los canales de televisión hacia los clientes, utilizando tantos canales de frecuencia como canales se distribuyen.

Los medios de transmisión son fundamentalmente la fibra óptica y el cable coaxial. La primera se utiliza para conectar las centrales de transmisión con los distribuidores de zona y el segundo para llegar desde estos hasta los domicilios de los clientes finales.

El resto de ancho de banda de estos cables (el que no se utiliza para la distribución de televisión) se puede utilizar para otros servicios con flujos de información tanto de bajada hacia el usuario como de subida desde el domicilio del usuario hacia la cabecera, fundamentalmente telefonía y acceso a redes de datos.

El servicio es asimétrico, con una mayor velocidad de datos en la bajada que en la subida. La bajada de datos puede superar los 50 Mbps usando un único canal de frecuencia de 8 MHz (equivalente a un canal de televisión) en la banda comprendida entre los 65 y los 850 MHz con modulación 64-QAM ó 256-QAM.

Este flujo de bajada es enviado desde el CMTS (Cable Modem Termination System) y recibido por todos los módem de cable que filtran el tráfico que corresponde a su sesión, por lo que comparten el ancho de banda total. Por lo general, un CMTS tiene capacidad para dar servicio hasta unos 1000 usuarios.

La subida de datos se realiza en un canal de 2 MHz en la banda de frecuencias entre 5 y 65 MHz. con modulación QPSK ó 16-QAM, que proporciona hasta 3 Mbps. Los módem de cable transmiten en ranuras de tiempo reservadas en unos casos o por las que compiten mediante un sistema de contienda en otros, en cuyo caso se pueden producir colisiones.

Sin embargo, la transmisión de un módem de cable hacia el CMTS no puede ser escuchada por los demás.

## **2.24 Líneas RDSI**

Las líneas RDSI presentan la forma más básica de utilización de los canales PCM ofrecidos por las compañías telefónicas. Las modalidades de acceso RDSI son en principio dos: el acceso básico y el acceso primario.

El acceso básico consiste en dos canales full-duplex a 64 kbps, denominados de tipo B, y uno a 16 kbps, denominado de tipo D, que suman en total 144 kbps.

De todas formas, el usuario puede optar por un uso restringido del acceso básico a un costo más económico. Aún siendo tres canales independientes, se multiplexan sobre uno o dos pares de hilos.

Si es un único par se establece un sistema con un transformador híbrido y cancelación de eco para permitir la transmisión en ambos sentidos simultáneamente. En ambos casos las líneas trabajan en realidad a 192 kbps full-duplex, debido a la necesidad de añadir bits para la sincronización y la compensación de niveles de continua en la señal.

El acceso primario requiere normalmente que la conexión desde el usuario al proveedor de la línea se realice mediante fibra Óptica, aunque existen soluciones mediante cable de cobre.

## **2.25 Servicios de Red WAN**

Los protocolos de capa física WAN describen cómo proporcionar conexiones eléctricas, mecánicas, operacionales, y funcionales para los servicios de una red de área amplia.

Con el objeto de mejorar el servicio que da al cliente una red de transmisión de datos, se han desarrollado distintos servicios de red para redes de área extensa.

Uno de los más utilizados ha sido la red X.25. Se trata de una red de conmutación de paquetes que ofrece un servicio de red fiable con conexión sobre enlaces, en principio, poco fiables.

La mejora de las tecnologías de transmisión, ha hecho que muchas de las funciones de protocolo de X.25 orientadas a mejorar la fiabilidad del enlace resulten innecesarias, e incluso perjudiciales por hacer más lentas las comunicaciones.

Por ello aparece un sistema de conmutación de tramas denominado Frame Relay cuyo protocolo más simplificado se basa en la mejor calidad de las nuevas líneas digitales y, además, realiza la conmutación a nivel de enlace en lugar de a nivel de red como ocurre con X.25. Frame Relay consigue superar la velocidad de X.25 en al menos un orden de magnitud.

Posteriormente se ha desarrollado el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM, Asynchronous Transfer Mode) donde se realiza conmutación de celdas. Conceptualmente es similar a Frame Relay ya que las celdas ATM son básicamente tramas de pequeño tamaño. La ventaja de ATM está en su funcionalidad que permite alcanzar velocidades varios órdenes de magnitud superiores a Frame Relay.

## **2.26 Capa Física: WAN**

La capa física WAN describe la interfaz entre el equipo terminal de datos (DTE) y el equipo de conexión de los datos (DCE). Típicamente, el DCE es el proveedor de servicio, y el DTE es el dispositivo asociado. En este modelo, los servicios ofrecidos al DTE se hacen disponibles a través de un módem o unidad de servicio del canal/unidad de servicios de datos (CSU / DSU).

Algunos estándares de la capa física que especifican esta interfaz son:

- EIA/TIA-232D: Esta norma fue definida como una interfaz estándar para conectar un DTE a un DCE.

- EIA/TIA-449: Junto a la 422 y 423 forman la norma para transmisión en serie que extienden las distancias y velocidades de transmisión más allá de la norma 232.
- V.35: Según su definición original, serviría para conectar un DTE a un DCE sincrónico de banda ancha ( analógico ) que operara en el intervalo de 48 a 168 kbps.
- X.21: Estándar CCITT para redes de conmutación de circuitos. Conecta un DTE al DCE de una red de datos pública.
- G.703: Recomendaciones del ITU-T, antiguamente CCITT, relativas a los aspectos generales de una interfaz.
- EIA-530: Presenta el mismo conjunto de señales que la EIA-232D.
- High-Speed Serial Interfase (HSSI): Estándar de red para las conexiones seriales de alta velocidad ( hasta 52 Mbps ) sobre conexiones WAN.

## 2.27 Capa de Enlace de Datos: Protocolos WAN

Las tramas más comunes en la capa de enlace de datos, asociadas con las líneas seriales sincrónicas se enumeran a continuación:

- Synchronous Data Link Control (SDLC). Es un protocolo orientado a dígitos desarrollado por IBM. SDLC define un ambiente WAN multipunto que permite que varias estaciones se conecten a un recurso dedicado. SDLC define una estación primaria y una o más estaciones secundarias. La comunicación siempre es entre la estación primaria y una de sus estaciones secundarias. Las estaciones secundarias no pueden comunicarse entre sí directamente.
- High-Level Data Link Control (HDLC). Es un estándar ISO, HDLC no pudo ser compatible entre diversos vendedores por la forma en que cada vendedor ha elegido cómo implementarla. HDLC soporta tanto configuraciones punto a punto como multipunto.

- Link Access Procedure Balanced (LAPB). Utilizado sobre todo con X.25, puede también ser utilizado como transporte simple de enlace de datos. LAPB incluye capacidades para la detección de pérdida de secuencia o extravío de marcos así como también para intercambio, retransmisión, y reconocimiento de marcos.
- Frame Relay. Utiliza los recursos digitales de alta calidad donde sea innecesario verificar los errores LAPB. Al utilizar un marco simplificado sin mecanismos de corrección de errores, Frame Relay puede enviar la información de la capa 2 muy rápidamente, comparado con otros protocolos WAN.
- Point-to-Point Protocol (PPP). Descrito por el RFC 1661, dos estándares desarrollados por el IETF. El PPP contiene un campo de protocolo para identificar el protocolo de la capa de red.
- X.25. Define la conexión entre una terminal y una red de conmutación de paquetes.
- Integrated Services Digital Network (ISDN ). Un conjunto de servicios digitales que transmite voz y datos sobre las líneas de teléfono existentes.

## 2.28 ATM

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) es un sistema en muchos aspectos similar a las técnicas de conmutación de X.25 y de Frame Relay, aunque en este caso se habla de retransmisión de celdas. La unidad de datos con la que funcionan los conmutadores ATM tiene sólo 53 octetos y es de longitud fija.

Estos dispositivos tienen un número de puertos fijo entre los que conmutan las celdas a velocidades del orden de Gbits por segundo. Las transmisiones de las celdas a través de los puertos son a 155,52 y 622,08 Mbps en la mayoría de los casos, aunque se admiten otras velocidades, lo que implica el uso de tecnologías ópticas aplicándose en muchos casos JDS.

A un puerto de un conmutador ATM se puede encontrar conectado otro conmutador, una estación de trabajo o un concentrador para varias estaciones, un conmutador de una red local, un dispositivo de captura y digitalización de voz y/o vídeo, etc.

Toda la información que proceda de esos dispositivos estará encapsulada en celdas que viajarán a través de circuitos virtuales temporales o permanentes de la red ATM desde su fuente hacia su destino atravesando uno o varios conmutadores ATM.

Aún siendo un servicio basado en circuitos virtuales, la red ATM sólo asegura la correcta secuencia de las celdas (nunca llegarán fuera de orden) y existe una pequeña probabilidad de que se pierdan celdas al no tener implementados los mecanismos de recuperación de errores necesarios.

La red ATM debe poder adaptarse a tipos de tráfico muy diferentes: de tasa fija, como la voz y en ocasiones el vídeo, o variable como los datos. En las celdas ATM pueden ir fragmentadas y encapsuladas unidades de datos de diferentes protocolos de red o incluso tramas de redes locales.

En este último caso, ATM junto con los conmutadores de red local que actúan como puentes, permite la construcción de las denominadas LAN virtuales.

Básicamente se trata de redes locales muy separadas geográficamente pero que funcionan como una sola al existir un medio de interconexión (la red ATM) que permite propagar las tramas de unas redes locales en las otras cuando es necesario.

## **2.29 Router y Comunicación entre redes**

Un ordenador solitario, sin conexión con ningún otro, es una isla de información y de recursos que no resulta rentable, especialmente cuando para el trabajo diario se precisa recurrir a diferentes fuentes de datos.

De esto se dieron cuenta muy pronto las empresas, que solicitaron a las compañías de desarrollo de hardware y software un medio compartido de trabajo, en el que diferentes estaciones de trabajo, servidores e impresoras pudieran comunicarse entre ellos y compartir recursos. De este modo surgieron las primeras redes de ordenadores.

Una red está formada por una serie de estaciones de trabajo unidas entre sí por medios de transmisión físicos (cables) o basados en ondas (redes inalámbricas), coordinados por unas máquinas especiales, denominadas servidores, y por un conjunto variable de dispositivos de trabajo, como impresoras, escaners, etc. Además, existen diferentes dispositivos que añaden funcionalidades a las redes, como los routers, switches y hubs.

### **2.29.1 Pila de protocolos TCP/IP**

Las diferentes máquinas que forman una red se comunican entre sí usando un medio compartido, pudiendo tener además cada una de ellas características propias, como componentes de hardware, sistemas operativos y aplicaciones de usuario.

Por solventar estas diferencias se hizo necesaria la introducción de una serie de reglas que controlaran el acceso al medio compartido y la forma correcta en que las máquinas se debían comunicar y transmitir los datos, surgiendo con ello diferentes protocolos de comunicación y control.

En un principio, cada empresa desarrolladora implementó un sistema propio de comunicación de red, con una arquitectura y unos protocolos diferentes, por lo que no fue posible, cuando se necesitó, unir redes de diferentes fabricantes. Simplemente, no se entendían entre ellas, pues hablaban “idiomas” diferentes.

Intentando solucionar este problema, la ISO (Organización Internacional de Estándares) creó un modelo de comunicación para redes dividido en una serie de niveles de trabajo, denominados capas, cada uno de los cuales se encargaría de uno o más aspectos concretos de la comunicación mediante una serie de protocolos específicos.

Este modelo se llamó OSI (Intercomunicación de Sistemas Abiertos) y, lamentablemente, no llegó a utilizarse en la práctica, debido a que cuando se publicó ya se habían desarrollado otras arquitecturas de comunicación en redes que funcionaban más o menos bien, y que fueron las que al final se usaron y extendieron.

De ellas, la más conocida y usada en la actualidad es la arquitectura TCP/IP, formada por un extenso conjunto de protocolos, cada uno de los cuales se encarga de un aspecto concreto de la comunicación entre máquinas en red. TCP/IP se basa en un modelo de capas, al igual que OSI, pero más reducido, actuando cada protocolo en una de las capas del mismo.

El número de capas en que se divide TCP/IP y el nombre de las mismas varía según el autor (recordemos que no es un estándar, si no una implementación “de facto”), pero podemos considerar la siguiente división:

- Capa de Aplicación: encargada de dar soporte de red a las aplicaciones de usuario, convirtiendo los datos de estas a un formato estándar apropiado para su transmisión por red. En ella actúan protocolos como

HTTP (Web), FTP (transferencia de ficheros) y SMTP (correo electrónico).

- Capa de Transporte: encargada de dividir los datos en unidades de información de tamaño apropiado y de controlar la correcta transmisión lógica de las mismas. Sus principales protocolos son TCP y UDP.
  
- Capa de Internet: su misión principal es enrutar o dirigir los datos de una máquina a otra, usando para ello el protocolo IP, siendo el responsable principal del tráfico de datos entre diferentes redes interconectadas.
  
- Capa de Enlace de datos: se ocupa de identificar los datos transmitidos entre máquinas de una misma red y de controlar la validez de los mismos tras su emisión y recepción a través del medio físico.
  
- Capa Física: responsable de la conversión de los datos a transmitir en impulsos eléctricos o en ondas y de su transmisión física.

Cada capa trabaja independientemente de las otras, comunicándose entre ellas por medio de interfaces apropiadas.

### **2.30 Paquetes de datos**

Cuando un host desea enviar una serie de datos a otro, estos son convertidos a un formato de red apropiado (capa de Aplicación) y divididos en una serie de unidades, denominadas segmentos (capa de Transporte), que son numerados para su correcto reensamble en la máquina destino.

Posteriormente, son pasados a la capa de Internet, que les coloca las direcciones IP de la máquina origen y de la máquina destino. Las unidades así obtenidas se conocen con el nombre de paquetes. Entonces son pasados a la capa de Enlace de Datos, que les añade las direcciones MAC de ambas máquinas y un número calculado para la verificación posterior de errores en el envío, pasando entonces a denominarse tramas.

Por último, las tramas son pasadas a la capa Física que las une en trenes de bits apropiados para su transformación en impulsos eléctricos o en ondas, que posteriormente son enviados al medio.

Cuando los impulsos llegan a la máquina destino el proceso se invierte, obteniendo la aplicación receptora los datos en su formato original.

A pesar de que lo que se transmite por el medio físico son impulsos eléctricos, se suele hablar de paquetes transmitidos, ya que son las unidades de información con entidad propia.

## 2.31 Comunicación entre ordenadores en una red

Imaginemos una red formada por varios host, como la representada en la siguiente figura:

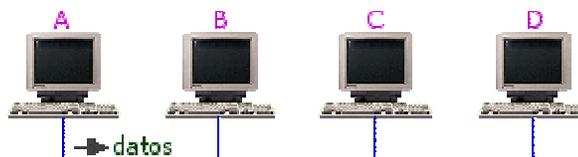


Figura 2.26 Red de datos

Si el host A (IP=210.23.5.14) se desea comunicar con el host C (IP=210.23.5.27), construye sus paquetes de datos y la capa de Internet les coloca su dirección IP (emisor) y la de C (destinatario), pasándolos a la capa de Enlace de Datos, que no sabe la dirección MAC de C. Para averiguarla, envía un mensaje a todas las máquinas de la red, conocido como petición ARP, preguntando cuál es la dirección MAC correspondiente a la IP 210.23.5.27. Las peticiones ARP son de tipo broadcast, es decir, peticiones que son enviadas a todos y cada uno de los equipos en la red.

La pregunta llega a todas las máquinas, pero sólo C contesta, enviando una respuesta con su dirección MAC. Entonces, A añade ambas direcciones MAC a los paquetes y los pasa a la capa Física, que lo transmite al medio.

### **2.31.1 Comunicación entre ordenadores en dos redes. Routers.**

Imaginemos ahora que el host C (IP=190.200.23.5) no se encuentra en la misma red que A (IP=210.23.5.14). Cuando éste envíe el broadcast preguntando la dirección MAC de C nadie le responderá, por lo que, si no se hace nada al respecto, la comunicación entre ambas máquinas resultará imposible.

Los encargados de solucionar este problema son unos dispositivos de red especiales, llamados routers, que conectan dos o más redes, sirviendo de enlace entre ellas. Los routers trabajan en la capa de Internet, encargándose de encaminar o enrutar paquetes de datos entre máquinas de redes diferentes.

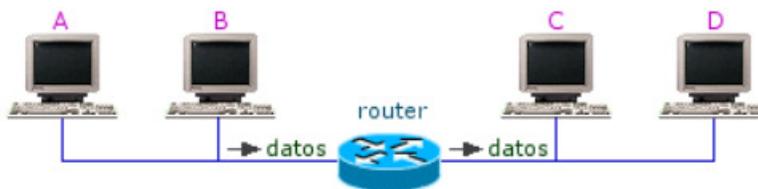


**Router Cisco 1601-R**

**Figura 2.27 Router Cisco**

Para poder funcionar de esta forma deben pertenecer a cada una de las redes que conectan, como si fueran un host más de las mismas. De esta forma, un router que conecte dos redes debe tener una tarjeta de red diferente para cada una de las redes y, consecuentemente, dos direcciones MAC diferentes. También debe tener asignada una dirección IP en cada una de las dos redes, ya que si no sería imposible la comunicación con las máquinas de las mismas.

El esquema de dos redes conectadas por un router podría ser el representado en la siguiente figura:



**Figura 2.28 Red con router**

Ahora, cuando un host envía una petición ARP para averiguar la dirección MAC correspondiente a una IP dada y no es respondido por ningún equipo de su red, envía los paquetes correspondientes a un router que tiene configurado para este tipo de envíos, denominado gateway por defecto.

Una vez que el router recibe los paquetes de datos utiliza un parámetro especial, denominado máscara de red, que sumado lógicamente a la dirección IP destino le da la red a la que pertenece el host buscado. Pasa entonces los paquetes a la red a la que pertenece C, haciendo una nueva petición de broadcast preguntando la MAC de C. Este le responde, y entonces el router le envía los paquetes directamente. Si C desea responder a A, el proceso se invierte.

Este proceso es necesario realizarlo sólo una vez, ya que en esta tanto los host A y C como el router anotan las parejas de direcciones MAC-IP en unas tablas especiales, denominadas tablas de enrutamiento, que usarán en envíos de datos posteriores para enrutar los paquetes directamente.

Resumiendo, los routers son los principales responsables de la correcta comunicación entre máquinas de diferentes redes, encargándose en este proceso de enrutar correctamente los paquetes de datos.

### **2.32 Funcionamiento de un Router**

Los routers son dispositivos de red que raramente se encuentran aislados entre sí. Al contrario, suelen estar interconectados, formando una especie de “telaraña” que hace posible el tráfico de datos entre redes separadas físicamente.

Tomando como ejemplo la Red de redes, Internet, cuando un ordenador envía una serie de paquetes de datos a otro situado en otra ciudad o país, estos son encaminados de router a router a lo largo del camino entre ambas máquinas. Cada paso de un paquete de un router a otro se denomina “salto”, y el principal objetivo de todos y cada uno de los routers que intervienen en la transferencia del paquete es que éste llegue a su destino en el menor número posible de saltos, por la mejor ruta posible.

Para poder realizar esta tarea, los routers se comunican constantemente entre sí, informándose de las rutas bloqueadas, de las máquinas intermedias que se encuentran caídas o saturadas de tráfico, aprendiendo con ello cuál es el router idóneo para enviarle los paquetes recibidos.

Si consideramos ahora el caso de un router segmentando una red local (LAN), aunque ahora no debe enviar los paquetes a otro router, sí que tiene que saber por qué puerto debe enviar los datos para que lleguen a la máquina local destino.

Esta habilidad de “saber” a dónde tienen que enviar los paquetes de datos que reciben la consiguen almacenando en su interior una tabla especial, conocida como tabla de ruteo, en la que van anotando las direcciones IP de las máquinas que se comunican con él y el puerto por el que está accesible esa máquina.

Así, cuando a un router llega un paquete, mira en su tabla de ruteo. Si está en ella referenciada la dirección IP de la máquina destino, también lo estará el puerto por el que ésta es accesible, con lo que envía por él el paquete. En caso de no estar la IP en la tabla, manda una petición de respuesta por todos los puertos, preguntando en cuál de ellos se encuentra la máquina destino, y una vez obtenido el puerto de acceso, ingresa la nueva pareja IP/PUERTO en su tabla de ruteo, con lo que los próximos paquetes para esa máquina los enviará directamente.

Podemos buscar una analogía del funcionamiento de los routers con el de las oficinas de correos. Cuando enviamos una carta desde Mérida (Badajoz) a Linares (Jaén), ésta llega en primer lugar a la oficina local de Mérida, que la reenvía a la de Badajoz, que a su vez la manda a la de Jaén, que la remite a la oficina de Linares, que hace la entrega. Si la oficina de correos de Jaén está cerrada por obras, la de Badajoz la enviará a la de Madrid, que la remitirá a la de Andujar, que a su vez se encargará de mandarla a la de Linares, haciendo ésta de nuevo la entrega. Cierre la oficina que cierre, siempre se encontrará un camino para entregar la carta.

Para evitar mantener en su tabla direcciones IP que hayan quedado obsoletas, cada cierto tiempo borra aquellas que no tienen actividad y las que, tras enviarles paquetes, no han respondido. Esto lo consiguen manteniendo “conversaciones” entre ellos, en unos lenguajes especiales denominados “protocolos de enrutamiento”.

Tabla 2.3 Tabla de enrutamiento

Destino	Métrica	Interface
210.100.12.0	0	eth0
210.100.12.5	0	eth0
192.80.26.13	8	s0
135.0.25.124	5	s1

### 2.32.1 Componentes básicos de un Router

Básicamente, podemos considerar un router como un ordenador especial que funciona solo en las tres primeras capas de la arquitectura TCP/IP, al que se le han eliminado una serie de componentes físicos y funcionalidades lógicas que no necesita para su trabajo, mientras que se le han añadido otros componentes de hardware y de software que le ayudan en su trabajo de enrutamiento.

Como todo ordenador, un router necesita un sistema de arranque (bootstrap), encargado de realizar un chequeo del resto de los componentes antes de pasar el control a un sistema operativo (Cisco IOS, en el caso de los routers Cisco).

El sistema de arranque se almacena en una memoria ROM (Read Only Memory=Memoria de Solo Lectura), junto con una parte básica del sistema operativo, la que toma el control inicialmente, mientras que el cuerpo principal de éste se almacena en una memoria especial, de tipo FLASH, que se puede borrar y reprogramar, permitiendo con ello las actualizaciones necesarias. El contenido de la memoria Flash se conserva en caso de cortes de energía o durante los reinicio del router.

Por otra parte, las funcionalidades operativas de los routers son configurables mediante una serie de instrucciones escritas en un fichero de texto, denominado archivo de configuración, que se almacena en un módulo de memoria de tipo NVRAM (No Volátil RAM), cuyo contenido se conserva durante un corte de energía o si se reinicia el equipo.

Una vez inicializado un router, el fichero de configuración es cargado en una memoria RAM (Random Access Memory=Memoria de Acceso Aleatorio), desde la que se va ejecutando el conjunto de órdenes en él contenido. También se

almacenan en esta memoria las tablas de enrutamiento, encargadas de almacenar los puertos del router por los que son accesibles las diferentes máquinas.

Por último, el router posee una serie de puertos o interfaces físicas, puntos de conexión del mismo con las diferentes redes a las que está unido, y a través de los cuales se produce la entrada y salida de datos al equipo. El número de interfaces depende del tipo y funcionalidades del router (y de su precio, claro).



**Figura 2.29 Router Multipuerto**

### **2.33 Tipos de Routers**

Los tipos de router a usar en una red varían dependiendo del tipo de ésta, del número de usuarios y de la función o funciones que deba desempeñar, pudiendo variar mucho la complejidad y el precio de ellos en función del tipo elegido.

Si queremos segmentar nuestra red en diferentes subredes, nos hará falta un router de segmentación, con tantos puertos Ethernet como subredes queremos crear (más los de enlace con otros routers), siendo siempre conveniente que nos sobren puertos, con vista a futuras ampliaciones en la red. Cada subred utilizará luego un hub concentrador o un switch para dar acceso a sus clientes individuales.

Podemos desear un ancho de banda dedicado para un número elevado de equipos individuales, prescindiendo así de los hubs. Necesitaremos entonces

un router de concentración, que precisa aún más puertos Ethernet, aunque no suele ser necesario que sean de alta velocidad de transmisión.

Para conectar una red corporativa a Internet se requerirá un router de frontera, que actuará como gateway de la red interna, recogiendo todos aquellos paquetes de datos destinados a máquinas externas.

En caso de tener que conectar dos redes WAN o dos segmentos de red en sucursales o campus diferentes, se requiere un router de backbone, que proporciona transporte óptimo entre nodos de la red, con interfaces de alta velocidad que proporcionan un elevado ancho de banda. Generalmente estarán basados en tecnología de fibra óptica.

Por último, también es posible el acceso inalámbrico a redes mediante routers con tecnología wireless, un medio práctico de liberar los equipos de las limitaciones de los cables físicos.



**Figura 2.30 Router wireless**

### **2.34 Protocolos de enrutamiento**

Hemos visto antes que los routers mantienen unas tablas de enrutamiento, en las que van anotando las direcciones IP de las máquinas destino y los puertos adecuados para darles salida de forma óptima.

Los routers suelen encontrarse interconectados entre ellos, pasándose los paquetes de datos de uno a otro, hasta llegar a la máquina destino. Como cada router tan solo es responsable de las máquinas directamente conectadas a él (incluyendo los routers vecinos), se hace necesario un mecanismo que permita a los routers comunicarse entre sí, para evitar que cada uno tenga en sus tablas registros inválidos.

Esto se consigue por medio de una serie de protocolos de enrutamiento, responsables de que los diferentes routers mantengan sus tablas de enrutamiento acordes, obteniéndose una red convergente. Con ello se consigue, por ejemplo, que si un ordenador o un servidor se apaga en una red, los routers sepan que ya no está accesible, evitando el envío de datos que no llegarán a su destino, y disminuyendo con ello el tráfico de red.

Para mantener las tablas de enrutamiento actualizadas, un router puede mandar a los routers vecinos una copia de su tabla cada determinado periodo de tiempo (enrutamientos por vector de distancia) y también cuando alguna máquina en su red sufre algún cambio (enrutamiento por estado de enlace). Depende del protocolo de enrutamiento con que funcione.

Existen diferentes protocolos de comunicación entre routers, cada uno de los cuales utiliza mecanismos propios para conseguir la convergencia en la red y para determinar el mejor camino que puede seguir un paquete de datos en su viaje hasta la máquina destino, y cada uno utiliza un sistema de determinación de mejor ruta (métrica) diferente.

Según su misión en una red podemos diferenciar dos tipos principales de protocolos de enrutamiento: los protocolos de gateway interior (IGP), encargados de la comunicación entre routers de una misma red, entre los que destacan RIP e IGRP, y los protocolos de gateway exterior (EGP) o de frontera, encargados de la comunicación entre routers de redes diferentes.

Entre los más importantes protocolos de enrutamiento podemos destacar los siguientes:

**2.34.1 RIP** (Protocolo de Información de Enrutamiento), es un protocolo de enrutamiento por vector de distancia que calcula las distancias hacia la máquina destino en función de cuántos routers debe atravesar un paquete para llegar a su destino (saltos), enviando cada paquete de datos por el camino que en cada momento muestre una menor distancia. RIP actualiza las tablas de enrutamiento a intervalos programables, generalmente cada 30 segundos. Es un buen protocolo de enrutamiento, pero necesita que constantemente se conecten los routers vecinos, generándose con ello una gran cantidad de tráfico de red.

**2.34.2 IGRP** (Protocolo de Enrutamiento de Gateway Interior), desarrollado por Cisco System, es un protocolo de enrutamiento por vector de distancia que usa una métrica compuesta basada en diferentes variables de red, como ancho de banda, unidades máximas de transmisión (MTU), confiabilidad, etc. Envía actualizaciones de las tablas de enrutamiento cada 90 segundos.

**2.34.3 EIGRP** (Protocolo de Enrutamiento de Gateway Interior Mejorado), protocolo mixto basado en IGRP, basado en una métrica de **2**vector distancia, pero que manda actualizaciones de las entradas de las tablas que han cambiado por haber sido alterado el estado de alguna máquina de su red.

**2.34.4 OSPF**, protocolo puro de enrutado de enlace, que calcula las rutas más cortas y accesibles mediante la construcción de un mapa de la red y el mantenimiento unas bases de datos con información sobre su sistema local y sobre los vecinos. Cuando una máquina de su sistema cambia, se envía esa entrada de la tabla a los routers vecinos.

El protocolo de enrutamiento a elegir en cada caso depende del tipo de red (LAN, WAN, etc.), de su topología y del uso de la misma, siendo posible en la mayoría de los casos configurar varios protocolos en un mismo router.

## **2.35 DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN (SWITCH)**

Estos dispositivos de conmutación debe ser adecuadamente seleccionados por lo que se muestra a continuación una comparación de este dispositivos actuando en diferentes capas, su funcionalidad, ventajas y desventajas.

## **2.36 SWITCHES DE CAPA 2**

### **2.36.1 Control De Tráfico**

Solo puede contener colisiones, pero **no hay un control de tráfico** de paquetes Broadcast o Multicast. En cuanto se presente una ráfaga de este tipo de tráfico la red se puede colapsar.

### **2.36.2 Escalabilidad para el soporte de nuevas aplicaciones**

Prácticamente no hay escalabilidad en un Switch de Capa 2, pues no cuenta con la inteligencia para "detectar" los tipos de trafico que se presentan en las redes switcheadas actuales. Aunque exista un "up grade" por software para convertirlo a Capa 3, esto no es eficiente pues requiere de procesadores de uso general, mas un sistema operativo, lo cual se refleja en el pobre rendimiento medido en paquetes procesados por segundo, que un switch de Capa 3 de este tipo tiene.

### **2.36.3 Rendimiento en el manejo del tráfico de la red**

Un Switch de Capa 2 conectado a un Switch Central de Backbone, no puede discriminar cuando una conexión de Capa 3 tiene lugar localmente en el mismo switch, pues cuando se presente esta situación, el Switch de Capa 2 transfiere todos los paquetes hacia el Switch de Backbone, consumiendo innecesariamente recursos y tiempo en el backbone.

#### **2.36.4 Manejo de redes virtuales**

Un switch de Capa 2 solo puede manejar Redes Virtuales a nivel de Capa 2, por lo tanto, cuando se configuren VLANs en este switch, este switch no puede pasar (rutear o switchear), tráfico de una VLAN a otra en el mismo switch, y tiene que enviar dos veces los paquetes hacia el switch central, consumiendo ancho de banda, generando tráfico innecesario, y consumiendo tiempo de procesamiento en el switch Central.

#### **2.36.5 Seguridad**

Un Switch de Capa 2 no cuenta con mecanismos de seguridad en la red. Cualquiera puede conectarse a sus puertos y generar cualquier tipo de tráfico, e inclusive puede "escuchar" información sensible que este viajando por la red, como passwords y/o claves de seguridad, así como información confidencial, o simplemente "saturar" la red, provocando el colapso de la misma. Con un simple generador de tráfico tipo "shareware", se puede conseguir esto.

#### **2.36.6 Tolerancia a fallas**

Un Switch de Capa 2 no cuenta con muchos mecanismos para tolerancia a fallas, normalmente no cuenta con enlaces redundantes, y si los tiene, solo puede hacer uso de Spanning Tree, que es un protocolo lento y no distingue inteligentemente entre las rutas de respaldo, hacia donde debe enviar el tráfico. Tampoco puede agregar "ancho de banda" entre diferentes puertos, en caso de ser necesario, lo cual es otra característica de su pobre escalabilidad.

#### **2.36.7 Tendencias tecnológicas**

Todos los fabricantes de tecnologías de información, así como de productos de comunicaciones para redes, están de acuerdo que mientras más "inteligente" es un dispositivo de red, funciona y se controla mejor, y la tecnología viene avanzando que este tipo de switches no solo son inteligentes

sino muy rápidos, gracias a la tecnología de ASICs, que emplea circuitos integrados diseñados específicamente para las funciones de Switching, y esto los hace más rápidos que un Switch de viejas arquitecturas basadas en procesadores de uso general. Los switches de capa 2 cada vez más están en desuso dado que no están preparados para las demandas de aplicaciones del tipo Intranet o de interacción con la Internet.

## **2.37 SWITCHES DE CAPA 3**

### **2.37.1 Control de tráfico**

Existe un control de tráfico eficiente y de manera nativa. Este tipo de Switches previenen el colapso de la red, ante la presencia de tormentas de Broadcast y manejan eficientemente el tráfico multicast.

### **2.37.2 Escalabilidad para el soporte de nuevas aplicaciones**

Aplicaciones que hoy en día se instalan en las redes actuales como Voz sobre IP, Multimedia para videoconferencia en PC's conectadas en red. Calidad de Servicio y Manejo de los Recursos de Red, demandan mayor capacidad e inteligencia en las redes switcheadas. Un switch de Capa 3 viene preparado para el manejo de este tipo de ambientes.

### **2.37.3 Rendimiento en el manejo del tráfico de la red**

Un Switch de Capa 3 es capaz de identificar si el tráfico que arriba a sus puertos tiene que ser switchado en Capa 2 o Capa 3, y si éste debe de tratarse de manera local, o switcharlo al backbone. De esta manera este

equipo toma la decisión de manejarlo con sus propios recursos, sin consumir ancho de banda ni generar tráfico innecesario en el backbone.

#### **2.37.4 Manejo de redes virtuales**

Un switch de Capa 3, puede switchear o rutear tráfico entre cualquier VLAN que haya sido definida en el Switch.

#### **2.37.5 Seguridad**

Un Switch de Capa 3 tiene todos los niveles de control y seguridad con los que un ruteador normalmente cuenta. Existen mecanismos de seguridad para prevenir que un usuario indeseado se conecte a la red, incluso a nivel físico. Estos switches pueden filtrar información no deseada incluso de los usuarios que tienen permitido el acceso a la red, para prevenir ataques a servidores, bases de datos, o proteger aplicaciones con ciertos niveles de seguridad. También cuentan con mecanismos de protección para evitar que un usuario no deseado pueda infiltrarse a la configuración del switch.

#### **2.37.6 Tolerancia a fallas**

Un Switch de Capa 3 cuenta con variados mecanismos de control de fallas y de respaldo tanto de Capa 2 como de Capa 3. Protocolos como VRRP, ESRP y OSPF se utilizan hoy en día, para manejar eficientemente las rutas de respaldo. Con estos protocolos, los switches de Capa 3 participan de los mecanismos de control de fallos en los enlaces, junto con los ruteadores para recuperar rápida e inteligentemente la conexión entre los recursos de la red. Un switch de Capa 2, sencillamente no tiene capacidad para hacer esto.

### **2.37.7 Tendencias Tecnológicas**

Un Switch de Capa 3 cuenta con la suficiente "inteligencia" para interactuar con el tráfico que va o viene de la Internet, y participa con ella en el manejo eficiente de los diferentes tipos de tráfico como Voz sobre IP por ejemplo, que ya es una realidad. Un switch de Capa 2 simplemente no tiene nada que hacer al respecto. Además, a un Switch de Capa 3 se le pueden agregar funcionalidades que van más allá de la Capa 3, como Server Load Balancing, por ejemplo. Un Switch de Capa 3 tiene la capacidad para distinguir cuando los puertos donde se conectan los servidores de la empresa están, ocupados, saturados o caídos, de tal manera que puede reenviar eficientemente el tráfico y las peticiones de los usuarios de la red, hacia aquellos puertos que puedan responder. Un Switch de Capa 2, no entiende este concepto y en el caso de que se presente esta situación, no hacen más que reintentar y retransmitir, generando más tráfico y empeorando la situación. La tendencia tecnológica es así como eventualmente los Switches de Capa 2, remplazaron a los concentradores (HUB), los nuevos mecanismos de swicheo en Capa 3, están sustituyendo a los switches de Capa 2, por sus rendimientos, sus altas funcionalidades, sus mecanismos redundantes y de tolerancia a fallas, su mejor control y su escalabilidad. Eventualmente una empresa que requiera de nuevas aplicaciones, que demande comunicación hacia y de la Internet, y que requiera de altos mecanismos de seguridad, tendrá que migrar hacia el swicheo de Capa 3.

### **2.38 ALTERNATIVAS DE CAMBIO**

En el Ecuador tomando en cuenta el factor costo beneficio, la tendencia de las empresas va hacia la implementación de sistemas con tecnología de convergencia con manejo de tecnología TDM en cada nodo e interconexión vía Voz sobre IP entre nodos. Esta opción permite trabajar con tecnología digital en cada localidad gozando de beneficios de la telefonía ISDN con protocolos propietarios robustos, además de manejar terminales analógicos a un costo

inferior. Además dicha opción, por otro lado, permite el manejo de telefonía a través de enlaces de datos para conectar las diferentes localidades. El protocolo mas utilizado para el manejo de Voz sobre IP entre sucursales es el protocolo SIP. Dicho protocolo permite operar de manera sumamente fácil, comparado con el protocolo H323, el cual, en cambio presenta ventajas para manejo de facilidades de telefonía digital para usuarios terminales.

Además, estas configuraciones permiten el manejo de servidores de aplicaciones de telefonía centralizados. Así, es posible manejar servidores de correo de voz, contact center, tarificación en la matriz, y ellos mismos pueden operar sobre el resto de la sucursal o sucursales existentes.

### **2.38.1 Solución alternativa para VoIP.**

Una alternativa de bajo costo para establecer, sobre una red de datos, voz sobre IP es utilizar el servidor de Voz, llamado Asterisk, para el manejo de las llamadas tanto internas como externas. Será necesario entonces, utilizar softphones en cada usuario de la red para realizar las llamadas de voz. Esto reducirá los costos, ya que la alternativa de usar la red telefónica y adaptarla para usar VoIP resulta demasiado cara; inclusive comprar teléfonos de escritorio o móviles que soporten esta tecnología acarrea una gran inversión.

### **2.38.2 Servidor Asterisk.**

Es una completa solución de comunicaciones “open source” que utiliza la red LAN, Internet y la Red Telefónica Pública, ofreciendo además un sin número de aplicaciones que permiten tomar ventaja de la convergencia entre comunicaciones de voz, datos, y la Telefonía IP. Es un sistema de comunicaciones inteligentes basado en software libre. Convergen aplicaciones de voz, datos y video. Hay que resaltar que Asterisk es un software, exclusivamente software, y que actúa como un soft-switch, es decir una PBX – IP. Se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a un proveedor de VoIP o bien a una PSTN. Soporta y traduce distintos protocolos de VoIP como SIP, MGCP y

H.323. Se ejecuta en PC estándar (arquitectura x86\_32, x86\_64) bajo GNU/Linux. Además, soporta todas las funcionalidades de las PBX tradicionales y muchas más.

Asterisk es capaz de trabajar con prácticamente todos los estándares de telefonía tradicional: Líneas analógicas FXS, FXO, o líneas digitales: E1, T1, ISDN. El esquema conceptual de funcionamiento se detalla en la figura 2.29.

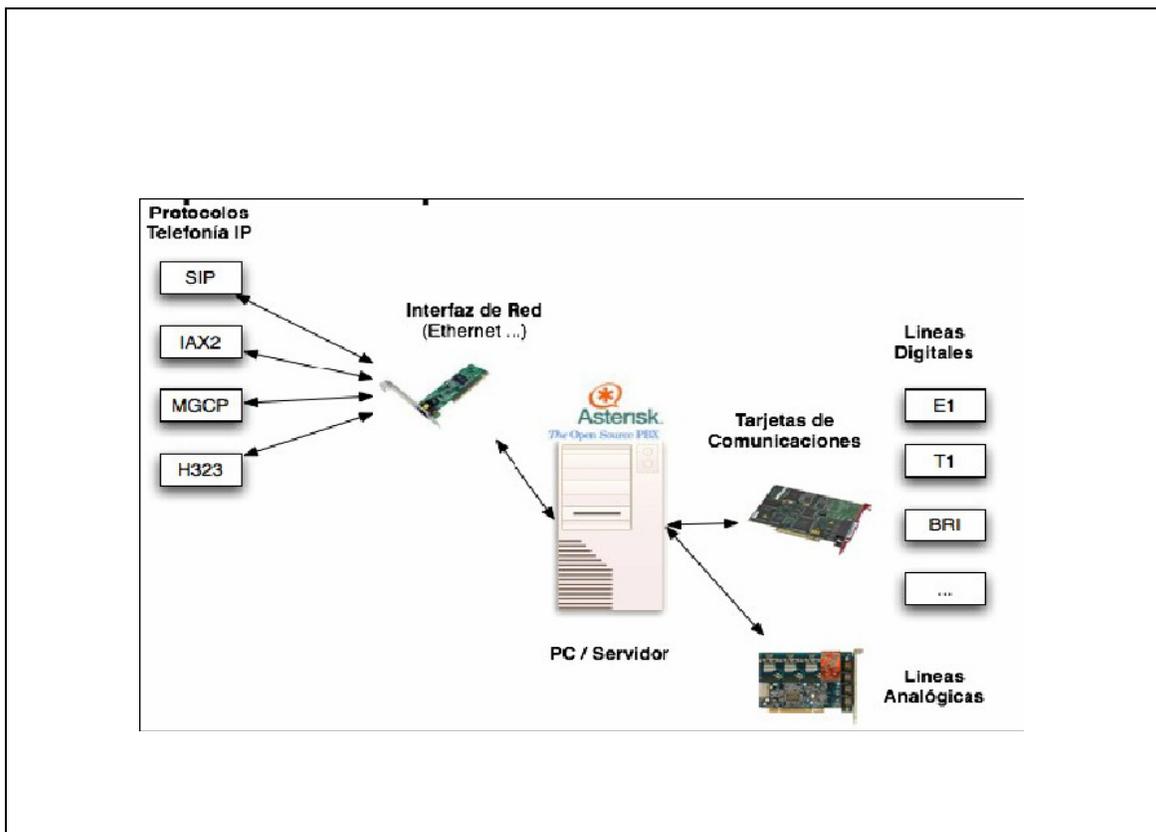


Figura 2.31 Esquema de funcionamiento de Asterisk

Algunas de las facilidades que ofrece este servidor son las siguientes:

- Transferencia
- Transferencia Atendida
- Llamada en espera
- Caller ID

- Bloqueo de Caller ID
- Timbres distintivos
- Música en espera
- Salas de Conferencia (10 simultáneos)
- Call Back (recogida de llamada)
- Call Group
- Buzón de Voz personal.
- Colas de llamada
- Colas con prioridad.
- Registro de llamadas en Base de Datos.
- Buzón de Voz por Mail.
- Pick up de llamadas.
- Desvío si ocupado.
- Desvío si no responde.
- Música en transferencia.
- Búsqueda en Bases de Datos.

Existen además funciones avanzadas, que hacen de Asterisk un verdadero servidor de comunicaciones:

- **IVR**: Interactive Voice Response, gestión de llamadas con menús interactivos.
- **LCR**: Least Cost Routing, encaminamiento de llamadas por el proveedor VoIP más económico.
- **AGI**: Asterisk Gateway Interfase, integración con todo tipo de aplicaciones externas.
- **AMI**: Asterisk Management Interfase, gestión y control remoto de Asterisk.
- Configuración en base de datos: usuarios, extensiones, proveedores.
- Tablero de control de monitoreo en Tiempo Real.
- Grabación de llamadas total o bajo demanda.
- Marcación Predictiva, Progresiva y Selectiva.

Se sabe que un software de tales prestaciones y realizando funciones tan importantes, necesita que el servidor sea de características robustas. Principalmente, Asterisk requiere Procesador Intel, 1Gb de RAM. Según Digium: Equipo Dual Intel Xeon 1.8 Ghz 1 Gb RAM soporta 60 llamadas concurrentes codificando con el codec G.729.

Los principales beneficios que se obtienen al utilizar esta tecnología son los siguientes:

- Plan de marcado inteligente.
- Monitor de llamadas entrantes y salientes online.
- Una sola red IP, para todas las llamadas internas y nacionales.
- Ahorro en más del 40% en las planillas telefónicas.
- Usuarios internos móviles a cualquier parte del mundo.
- Software compatible con todos los equipos Voip SIP.

### **2.39 Calidad de Servicio (QoS).**

La Calidad de Servicio, CdS, o QoS (Quality of Service), es un término un tanto

impreciso y confuso que puede ser definido como:

"La capacidad que tiene cualquier elemento de red (aplicación, *host* o encaminador) de proporcionar un servicio de entrega de datos con un cierto nivel de confianza."<sup>3</sup>

"La capacidad que posee un elemento de red de conocer el nivel de certeza sobre la satisfacción de los requisitos de sus servicios y de su tráfico."<sup>34</sup>

---

<sup>3</sup> García Tomás, Jesús, *Redes para procesos distribuidos*, 2<sup>da</sup> edición, ALFAOMEGA, 2001, México pg 460

<sup>4</sup> García Tomás, Jesús, *Redes para procesos distribuidos*, 2<sup>da</sup> edición, ALFAOMEGA, 2001, México pg 460

Los flujos de voz y datos tienen diferentes requerimientos de red. La mayoría de las aplicaciones pueden soportar pérdidas de paquetes, porque el protocolo TCP puede retransmitir los paquetes perdidos para asegurar una entrega segura. Las retransmisiones introducen retardos, los cuales son perceptibles en comunicaciones de tiempo real, como la voz, rompiendo el flujo de una conversación de voz y haciendo difícil que las personas puedan entender lo que escuchan. Sin embargo, las comunicaciones de voz sobre IP (Internet Protocol) pueden lograrse con mínimos retardos, mínima pérdida de paquetes y mínimo jitter (variaciones en los retrasos). Los mecanismos de calidad de servicio son necesarios para conseguir estos niveles de servicio en ambientes 802.11.

La IEEE ha ratificado un estándar de Calidad de Servicio conocido como 802.11e para promover la interoperabilidad entre marcas, permitiendo a los usuarios la capacidad de seleccionar entre alguna de ellas. Wi-Fi Multimedia (WMM) soportará dos modos de operación conocidos como Enhanced Distributed Coordination Function (EDCF), llamado comúnmente como WMM, y Hybrid Coordination Function (HCF), conocido como WMM Scheduled Access, que todavía está en desarrollo.

## **CAPITULO #3**

### **3 SOLUCION TECNOLOGICA DE LA RED DE COMUNICACIONES MULTISERVICIOS DE LA EMPRESA**

#### **3.1 ANALISIS DE PROCESOS**

El avance de la tecnología en comunicaciones multiservicios ayuda a mejorar la productividad de las compañías, siendo este además un factor importante en el adiestramiento y capacitación de sus empleados. Por esto, las empresas ecuatorianas se han visto la necesidad de invertir en tecnología para mejorar procedimientos, tiempos de respuesta, productividad, etc., además de desarrollar una moderna red que les permita crecer y optimizar tiempo y recursos.

Actualmente los servicios de telecomunicaciones con el Internet, la Voz sobre IP, los sistemas Administrativos Financieros, etc., representan la herramienta básica para el desarrollo de las Empresas Nacionales y Multinacionales.

Es recomendable que las gerencias evalúen posibles cambios de la infraestructura de comunicaciones en pos de disminuir el costo y aumentar la productividad, así como permitir medir el avance de los objetivos planteados en temas de calidad, producción, manejo de información en línea; adicionalmente generar información sobre la intervención real del personal.

#### **3.2 ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA**

La empresa High Telecom requiere establecer un enlace de datos entre la Matriz ubicada en la ciudad de Ambato, la Planta en otro sector del

Tungurahua y la Sucursal ubicada en la ciudad de Ambato con la inclusión de todos los equipos de la Matriz, Planta y de la Sucursal en una sola red, debiendo cumplir los siguientes requisitos:

- Implementar una Red WAN (Red de Área Amplia) que enlace la Matriz con la Planta y con la Sucursal, brindando acceso a los servicios y aplicaciones de la red desde un servidor central.
- Proveer Acceso a Internet controlado y restringido a los usuarios de la red.
- Establecer seguridad en todos los niveles para que la red no quede expuesta a cualquier tipo de ataque o robo de información.
- Proveer del servicio FTP (File Transfer Protocol) para la transferencia de archivos de gran tamaño, entre los puntos de mayor flujo de información.
- Implementar el hardware y soporte necesario para los servicios anteriores y otros servicios adicionales.
- Posibilitar un ahorro en comunicaciones telefónicas entre sucursales, mediante servicios de comunicación Vo IP.

### **3.3 TECNOLOGIA A APLICARSE**

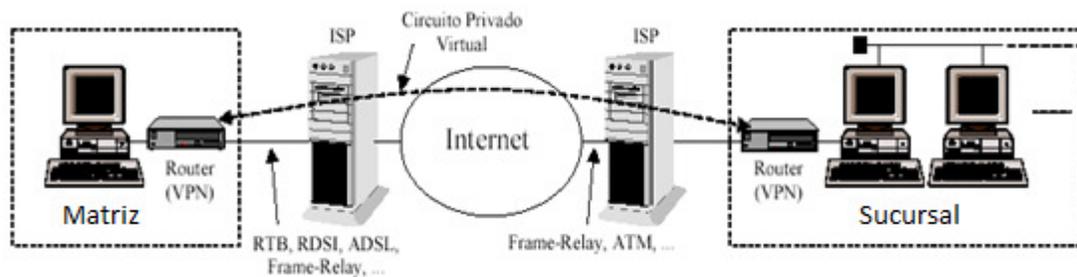
Para satisfacer las necesidades mencionadas anteriormente, el principal aspecto a solucionarse es el establecimiento del enlace de datos entre la Matriz, Planta y la Sucursal, para lo cual las principales alternativas son las siguientes: la implementación de enlaces dedicado propios o arrendados, o la implementación de una Red Privada Virtual (VPN) utilizando la red pública de conmutación de paquetes como el Internet.

Se plantean entonces dos posibles soluciones para el establecimiento del enlace de datos entre la matriz, Planta y la sucursal; la primera mediante radioenlaces digitales con infraestructura propia, permitiendo interconexión las 24 horas del día, los 365 días del año con un gran ancho de banda, con mínimos costos de mantenimiento mensual, pero altos costos de inversión inicial. La segunda solución, muchísimo más económica pero con velocidad

restringida dependiendo de la ocupación de la red pública, esto es, la implementación de una Red Privada Virtual para establecer las conexiones punto a punto de larga distancia de la empresa. Así, en la implementación de una Red Privada Virtual utilizando la red pública (Internet), en el transporte de los datos pueden intervenir múltiples nodos pertenecientes a diferentes empresas y organizaciones públicas o privadas. Por ello, hay que poner especial interés en mantener su privacidad en su viaje a través la red mediante el uso técnicas de cifrado.

El acceso de cada extremo a la red Internet se hará a través de un proveedor de servicio (ISP), hasta el que se llega mediante alguno de los métodos habituales: RTB, RDSI, ADSL, Cable módem, Frame-Relay, etc.

Desde el ISP el acceso a la red Internet se realiza a través de alguna organización conectada a la misma normalmente mediante conexiones Frame-Relay o ATM. Es responsabilidad del ISP que estas últimas tengan el ancho de banda adecuado para dar un servicio de calidad a todos sus clientes, conectados temporal o permanentemente a la red Internet.



**Figura 3.1 Red Privada Virtual**

El elemento final que conecta la Matriz o Sede a la línea de transmisión que va hacia el ISP, suele ser un encaminador (router) con capacidad para establecer una Red Privada Virtual.

Esto es, consiste en crear un Circuito Privado Virtual, es decir, una conexión punto a punto con el encaminador del otro extremo, a través del que viajan todos los datos que se intercambian entre ambos nodos del enlace. Los datos viajan normalmente codificados y obviamente se puede conectar más de una sede, manteniendo varias conexiones punto a punto.

De esta manera, los nodos de ambos extremos del enlace tienen la sensación de pertenecer a la misma red, a la vez que esta resulta prácticamente invisible para el resto del mundo. Los inconvenientes son la imposibilidad de garantizar un ancho de banda mínimo e incluso el servicio de los enlaces punto a punto, sometidos a los avalares del estado de las conexiones y el tráfico de la red Internet.

### **3.4 EVALUACIÓN DE POSIBLE SOLUCION**

Solo haciendo el correspondiente estudio y análisis de acuerdo a las necesidades, se diseña una solución integral de comunicación de datos para lo cual se analizaran básicamente 6 tareas para proyectar la solución más optima en el diseño de la red WAN.

#### **3.4.1. Diseñar la solución más optima de una Red WAN que enlace la Matriz con la Planta y Sucursal, brindando acceso a los servicios de la red.**

Luego de un estudio del escenario, se ha determinado enlazar la Matriz con la Planta y la Sucursal de High Telecom usando un servicio de Acceso a Internet, y el establecimiento de una red privada virtual como primera alternativa, o a través de un radioenlace digital propio como segunda alternativa.

Esta Red WAN implementada con cualquiera de las dos alternativas, hará posible que todos los computadores de la red se conecten con la oficina principal Matriz ubicada en la Provincia del Tungurahua, donde se encontraran ubicados los Servidores de Aplicaciones, WebMail, FTP, Proxy, VoIP y otros que se podrán implementar posteriormente. Así también en la oficina principal se tendrá el Centro de Gestión y Administración de la Red.

### **3.4.2 Proveer Acceso a Internet controlado y restringido a todos los usuarios de la red.**

Luego del análisis de algunas propuestas de proveedores de servicio de Internet, se eligió a Andinadatos que brinda acceso a Internet mediante modems ADSL que proporciona una velocidad de bajada 512 kbps y 256 kbps de velocidad de subida y además sus precios son bastante flexibles (proporcionan equipos si la empresa no los tiene).

El acceso a Internet será controlado y restringido con la implementación de un Proxy Server en la Matriz y Sucursal. Además el Proxy Server permitirá una navegación más rápida en Internet.

### **3.4.3 Establecer seguridad en todos los niveles para que la red no quede expuesta a cualquier tipo de ataque o robo de información.**

Para dar seguridad en todos los niveles de la red se implementará un Firewall (Cortafuegos) y una VPN (Red Privada Virtual), para el caso de la primera alternativa, permitiendo que todos los datos que fluyan entre los usuarios lo hagan a través de una red privada sobre una red pública que es el Internet.

Esta información será encriptada para lograr la seguridad requerida.

### **3.4.4 Brindar el servicio Web para la publicación en Internet de información de la compañía y de marketing.**

Se implementará un Web Server para la publicación de contenidos e información pública disponible en Internet y en la Intranet de la Matriz, Planta y Sucursal.

Se deberá también contratar el servicio de refresco de DNS para evitar contratar una IP Privada cuyo costo es mucho mayor.

#### **3.4.5 Brindar el servicio de correo electrónico para el uso interno y externo de los usuarios de la red**

Se implementará un Mail Server en el cual se podrá configurar cuentas de usuario de correo electrónico para uso de todo el personal, este servicio puede ser usado en la Intranet o Internet.

#### **3.4.6 Proveer del servicio FTP para la transferencia de archivos de gran tamaño, entre los puntos de transferencia de Información.**

Se implementará un FTP Server para compartir y transferir archivos de información de gran tamaño entre los diferentes usuarios de la red.

### **3.5 ALTERNATIVA 1.**

#### **3.5.1 TOPOLOGÍA DE RED 1**

Para el diseño de la red WAN se han tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- La tecnología existente en el país brindada por las empresas portadoras.
- La facilidad de la obtención de esta tecnología con sus respectivos servicios y la competitividad de costos que dichas empresas ofrecen.
- El ancho de banda necesario para el intercambio de datos para la Matriz y Sucursal.
- La ubicación prevista en cada una de las ciudades de los distintos usuarios de la red.

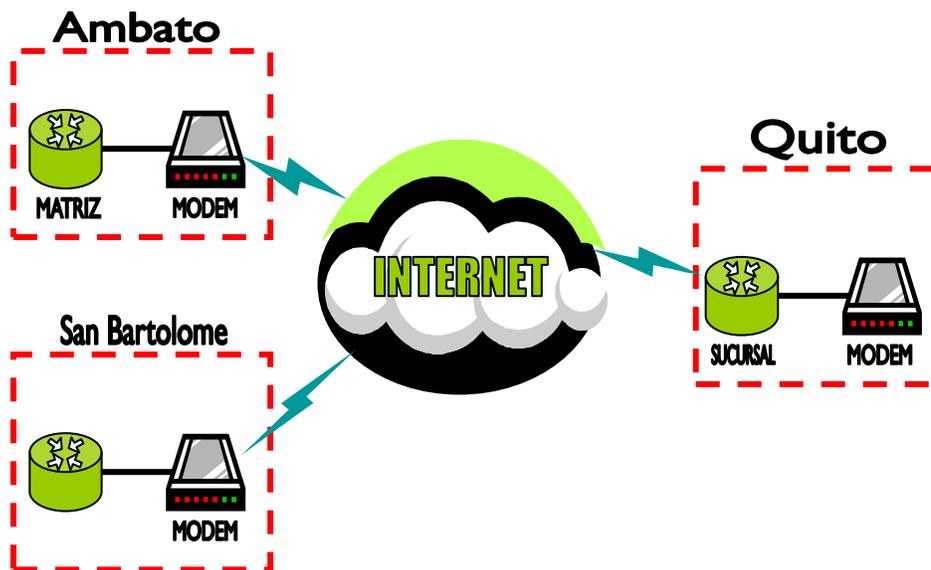


Figura.3.2 Estructura de la red Global

### 3.5.2 Ancho de Banda Necesario

Para calcular el tráfico de la red analizamos las distintas dependencias y sus requerimientos. Para que el tráfico que circula por la red sea eficiente. A cada equipo se le asignará 10Kbps:

- TUNGURAHUA (AMBATO)
  - MATRIZ: 110 equipos =  $110 * 10\text{Kbps} = 1100 \text{ Kbps} = 1,1 \text{ Mbps}$ , debido a que este es el nodo central de la red, donde se encuentran los servidores se estima un Ancho de Banda de 2048Kbps.
- TUNGURAHUA (SAN BARTOLOME):
  - PLANTA: 5 equipos =  $5 * 10\text{Kbps} = 50\text{Kbps}$ , a contratar 128Kbps
- PICHINCHA (QUITO):
  - SUCURSAL: 20 equipos =  $20 * 10\text{Kbps} = 200\text{Kbps}$ , a contratar 512Kbps

### 3.5.2 A) Servidores

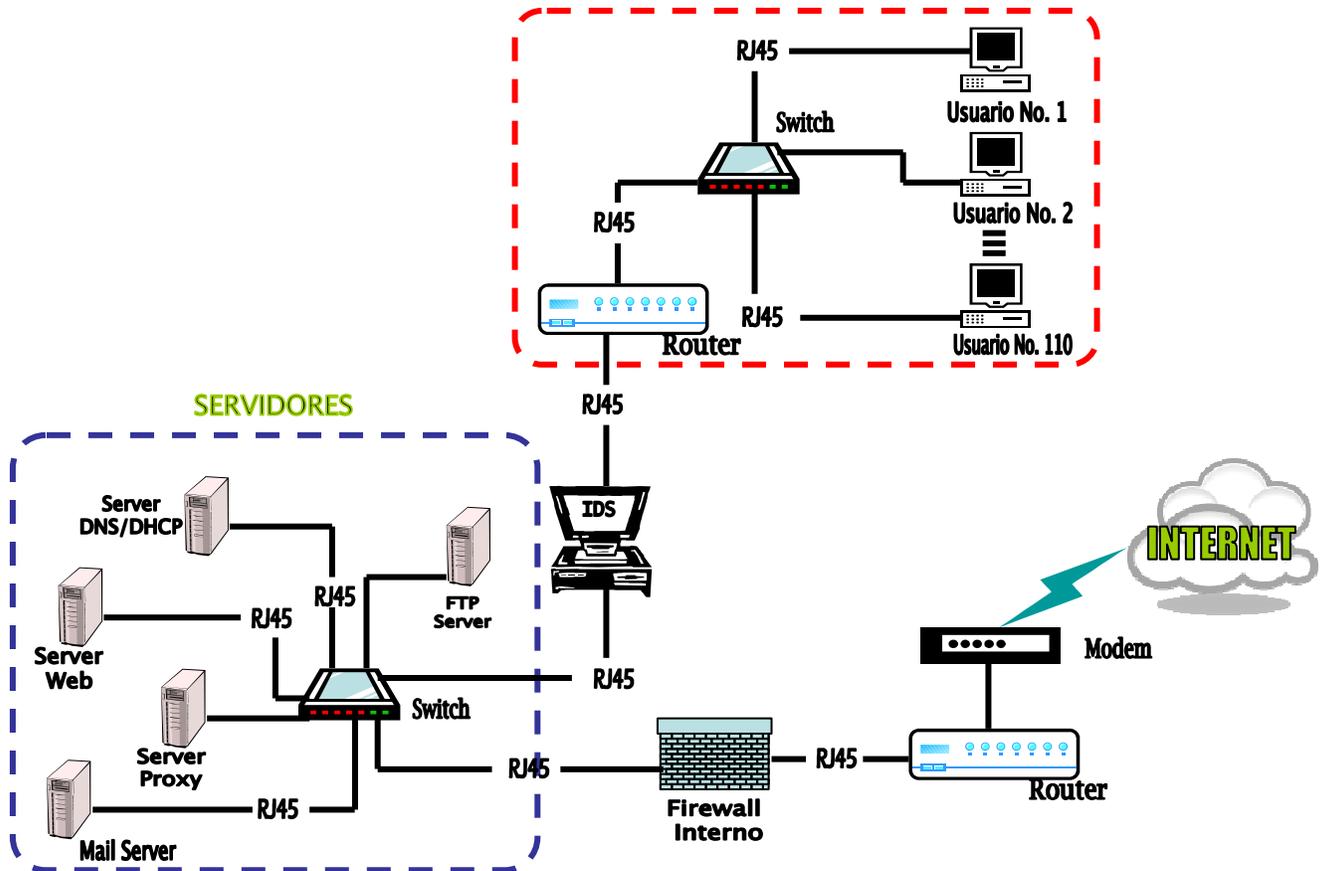


Figura. 3.3 Servidores

### 3.5.3. Protocolos Utilizados en el Nodo Central

**3.5.3. a) Servidor Web:** Tiene servidor de correo electrónico, servidor Proxy para dar servicio de Internet a los demás usuarios, servidor de DHCP para la asignación dinámica de direcciones IP del Modem para la parte local y a través de un esquema de ruteo.

### 3.5.3. b) TCP

- FTP: Para transferencia y copiado de archivos con autenticación
- SMTP: para la transmisión de correo simple

- POP3: para la recepción de correo simple

### 3.5.3. c) UDP

- SNMP: para la administración de la red
- DNS: Traduce la dirección IP a un nombre significativo de alto nivel.

**3.5.4. Servidores Internos:** Tienen servidor de DHCP para asignar direcciones IP dinámicas a la red interna de la Matriz, servidor de transferencia de correo electrónico, aplicaciones específicas de datos de Usuarios, aplicaciones específicas de Servicio de información en general.

Los cinco servidores estarán bajo el sistema operativo LINUX ya que este es más seguro y confiable que los sistemas operativos de Microsoft.

Además, para la organización del cableado estructurado se deberá contar con el siguiente equipo:

- 3 switchs Cisco Catalyst 2960-48TC de 48 puertos para la conectividad de los 110 equipos que se encuentran en la Matriz. No se utilizan 2 de 48 más 1 de 24 porque no se tendría puertos libres de respaldo.
- 1 switch Cisco Catalyst 2960-28TC de 24 puertos para la conectividad de los Firewall interno y externo, y para la conectividad de los cinco servidores internos
- 2 routers, Cisco SB 107 con un puerto ADSL y puertos LAN .

## **3.6 ALTERNATIVA 2.**

### **3.6.1 TOPOLOGIA DE RED 2**

En este caso, la conexión entre la Matriz, Planta y la Sucursal se realizará a través del espacio libre mediante la utilización de equipos de radio enlace digital que permiten transmitir datos a alta velocidad, para lo cual se requiere línea de vista entre los puntos del enlace. Para este último requerimiento es necesario un conocimiento del perfil del terreno a lo largo de todo el trayecto de los diferentes enlaces.

El estudio del radio enlace y la selección del mejor trayecto se lo efectuaran utilizando el Software Radio Mobile el cual utiliza datos topográficos globales obtenidos por satélite o por la US. Geological Survey (USGS). En este caso se utilizaron datos globales GTOPO30 bajados del sitio Web de la USGS y datos de coordenadas obtenidos del Google Earth.

El uso de esta tecnología permitirá conectar toda una red de computadoras en la Matriz, planta y Sucursal, con velocidades que estarán en el rango de 128Kbps y 2Mbps.

El acceso a Internet para todos los usuarios de la red se realizara alquilando una conexión de gran ancho de banda únicamente en la Matriz

Para la implementación del Sistema de Radio Enlace será indispensable la instalación de torres en la Matriz, planta, Sucursal y en los puntos de repetición que determine el estudio del trayecto, cuyas alturas y Ganancia de antenas a emplearse también son resultado del estudio como se indica a continuación.

## **3.7 CÁLCULO DEL RADIOENLACE DE MICROONDA DIGITAL**

Esta alternativa se basa en el diseño de un radio-enlace de telecomunicaciones digitales en la banda de microondas.

- Capacidad: Un SMT-1 (155Mbps) que tiene una capacidad de 1890 canales.
- Banda de microondas: 6.175GHz (5925MHz – 7110MHz)

### 3.7.1. Recopilación de Datos

Planos topográficos del Instituto Geográfico Militar de las distintas zonas en estudio con escala 1:50.000, datos de ubicación geográfica de Google Earth y datos digitales topográficos globales para la región de América de Sur GTOPO30.

### 3.7.2 Coordenadas Geográficas

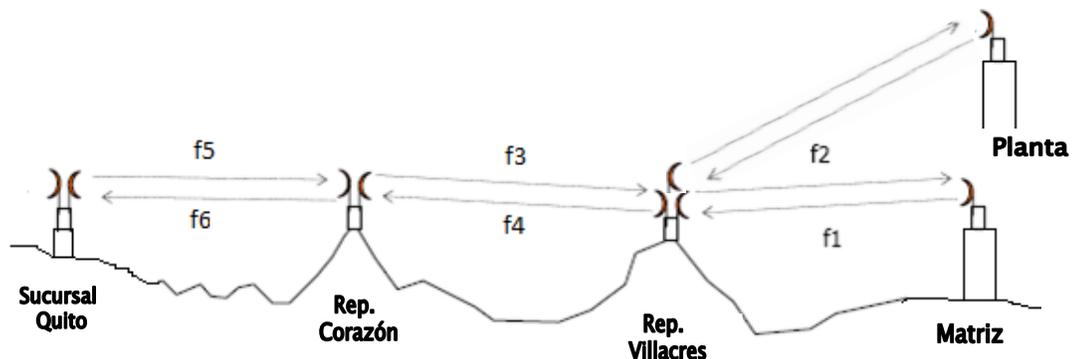
- Matriz (Ambato):
  - Latitud: 1° 14' 21" S
  - Longitud: 78° 36' 57" W
  - Altura: 2440.44 m

i

- Planta (San Bartolomé):
  - Latitud: 1° 7' 22" N
  - Longitud: 78° 35' 25" W
  - Altura: 2664.6 m
- Sucursal (Quito):
  - Latitud: 0° 10' 38" N
  - Longitud: 78° 29' 8" W
  - Altura: 2790.56 m

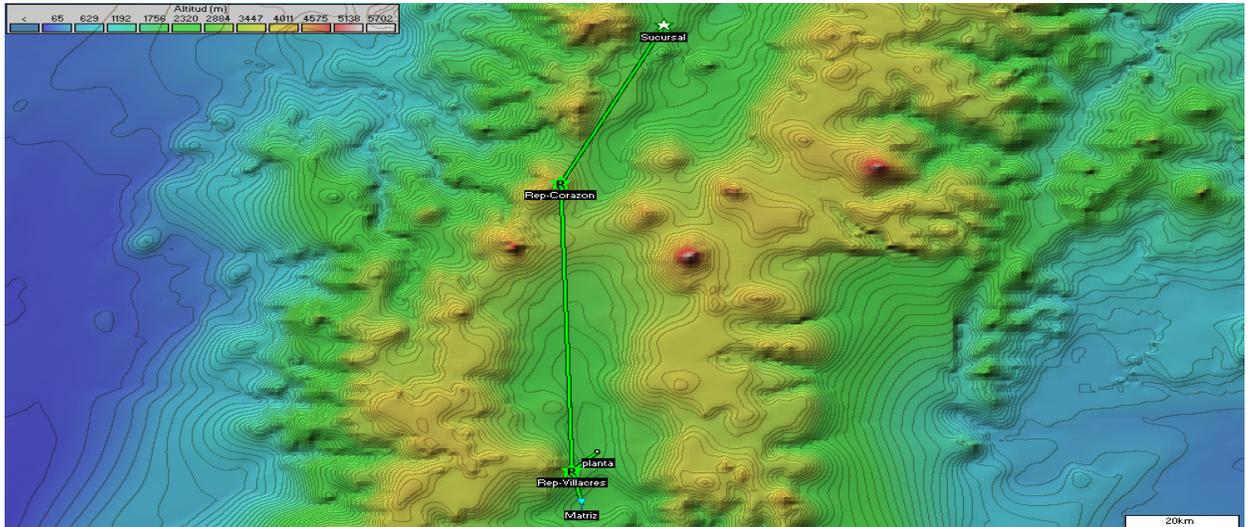
Ingresando estas coordenadas geográficas en el programa Radio Mobile, se obtiene rápidamente la distancia del radioenlace Matriz - Sucursal la cual es de

122.57 Km., observándose que no existe línea de vista por la topografía del trayecto, y la distancia del radioenlace Matriz - Planta de 14.94 Km. Debido a estos resultados, se realizan algunas pruebas sobre el programa y teniendo en cuenta las recomendaciones de la ITU-R para radioenlaces digitales respecto del despejamiento, potencias de Transmisión y recepción, difracción, indisponibilidad, desvanecimiento, etc., y las dificultades y restricciones debido a la topografía del terreno, se determina que se requiere un radioenlace con tres saltos (trayectos), para el enlace matriz – sucursal, y de dos saltos para el enlace Matriz – planta, como se indica más adelante. Es necesario indicar que el radioenlace entre la matriz y la planta, a través de la Repetidora Villacrés, ya se lo tiene implementado en la banda libre de 2.4 Ghz. (redes inalámbricas) a una velocidad máxima de de 25 Mbps, por lo que se utiliza las coordenadas ya establecidas para esa repetidora



**Figura 3.4 Topología de la red**

## Ubicación Geográfica del Radioenlace



**Figura 3.5 Topología del terreno**

Además, se establecen las ubicaciones óptimas de los repetidores para asegurar trayectos en línea de vista y un adecuado acceso a los sitios de las repetidoras que permitan fácil mantenimiento y fácil alimentación de energía. Las coordenadas geográficas de los puntos terminales y repetidoras se indica a continuación:

- Matriz (Ambato):
  - Latitud: 1° 14' 21" S
  - Longitud: 78° 36' 57" W
  - Altura: 2440.44 m
- Repetidora Villacrés:
  - Latitud: 1° 09' 59" S
  - Longitud: 78° 37' 51.5" W
  - Altura: 2948.17 m
- Planta (San Bartolomé):
  - Latitud: 1° 07' 22" S
  - Longitud: 78° 35' 25" W
  - Altura: 2664.6 m

- Repetidora Corazón:
  - Latitud: 0° 31' 41" S
  - Longitud: 78° 38' 58" W
  - Altura: 3981.14 m
- Sucursal (Quito):
  - Latitud: 0° 10' 38" S
  - Longitud: 78° 29' 8" W
  - Altura: 2790.56 m

### Longitud de Cada Trayecto

La distancia cubierta en cada trayecto se indica en el siguiente cuadro:

**Tabla. 3.1. Enlaces y Distancias**

Enlace	Distancia
1. Matriz – Rep. Villacrés	8.29 Km.
2. Rep. Villacrés - Rep. Corazón	71.13 Km.
3. Rep. Corazón - Sucursal	43.15 Km.
4. . Rep. Villacres - Planta	6.65 Km

### 3.7.3. Perfiles del Trayecto

A continuación se presentan los perfiles para cada uno de los trayectos de los cuatro enlaces del sistema de radiocomunicación digital conjuntamente con los datos de recepción y transmisión en cada estación, los cuales garantizan un margen de desvanecimiento mínimo de 47 dB y por consiguiente una confiabilidad del 99.99% con un BER  $\leq 10^{-6}$ . Como puede observarse, los

cálculos de pérdidas en el espacio libre, pérdidas en los alimentadores, potencia de recepción, zona de Fresnel etc. , se realizan automáticamente y en el proceso hasta obtener los resultados deseados se realizaron muchísimas pruebas en cada uno de los enlaces. La altura de las antenas para el caso de la Matriz, Planta y Sucursal debe ser de al menos 10m, mientras que para el caso de las estaciones repetidoras, esta debe ser de al menos 30m.

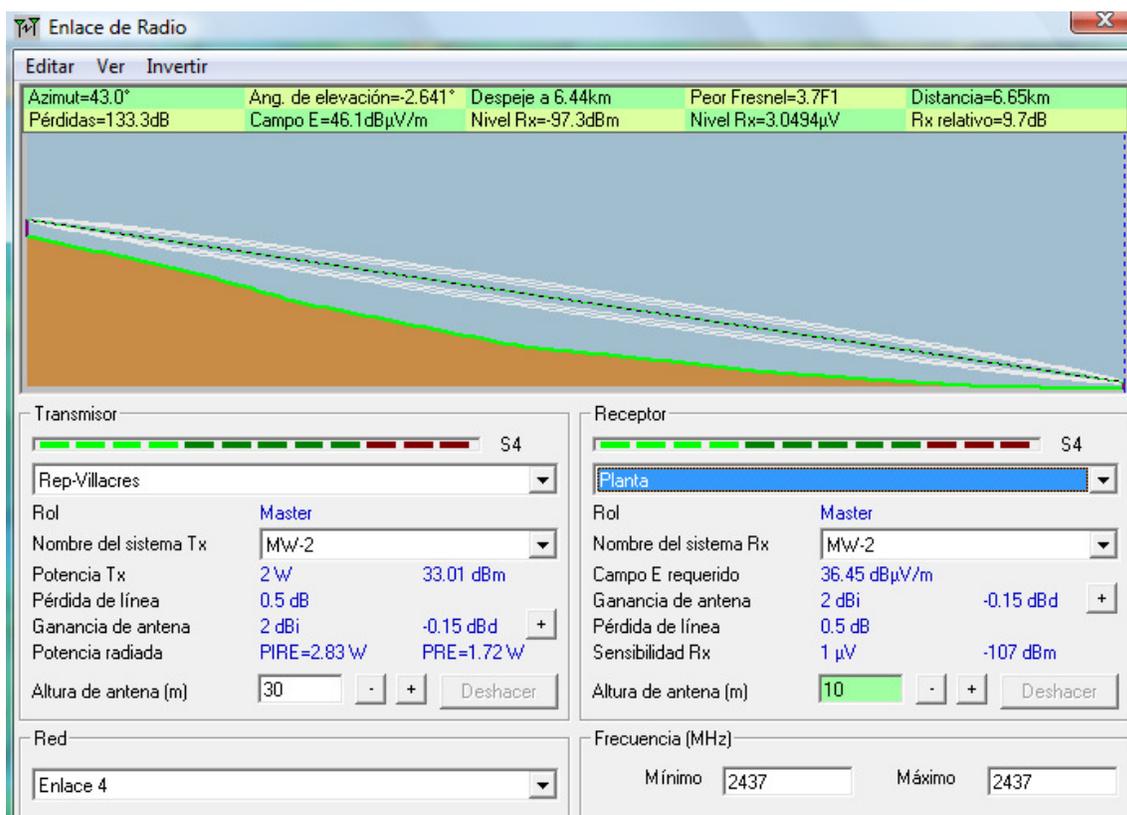


Figura.3.6 Perfil Rep. Villacrés – Planta

Este enlace es una parte de la red inalámbrica entre la Matriz, Rep Villacrés y la Planta el cual ya se encuentra implementado a una frecuencia de 2437 Ghz. Los siguientes enlaces son los propuestos dentro de la alternativa 2 los cuales están calculados para la banda de 6 Ghz.

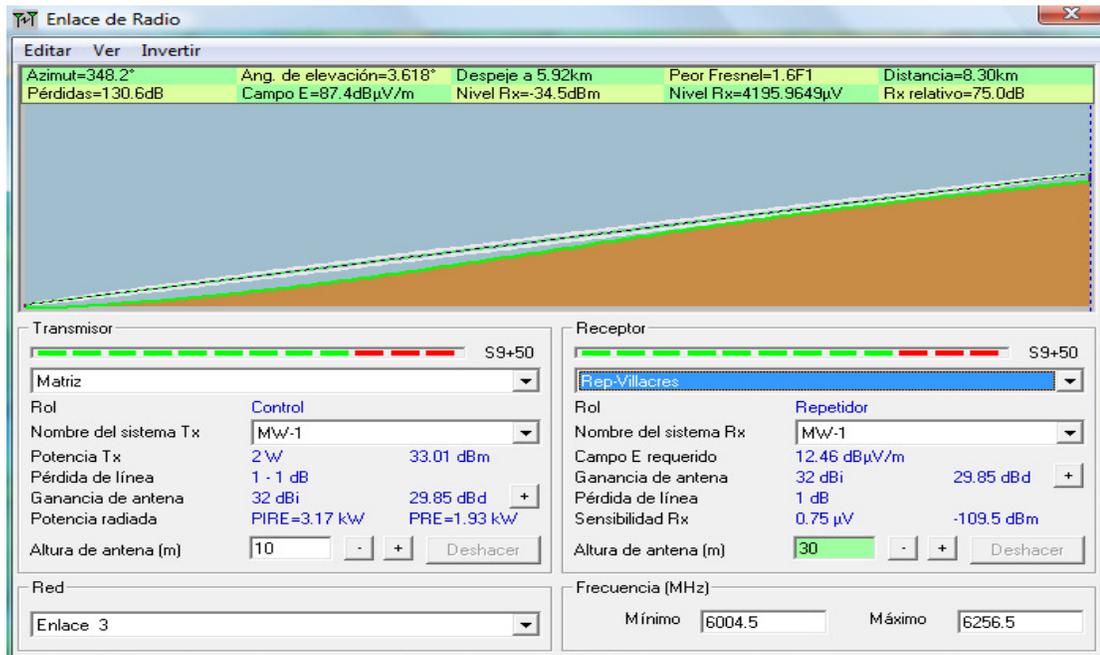


Figura. 3.7 Perfil Matriz - Rep. Villacrés



Figura. 3.8 Perfil Rep. Villacrés - Rep. Corazón

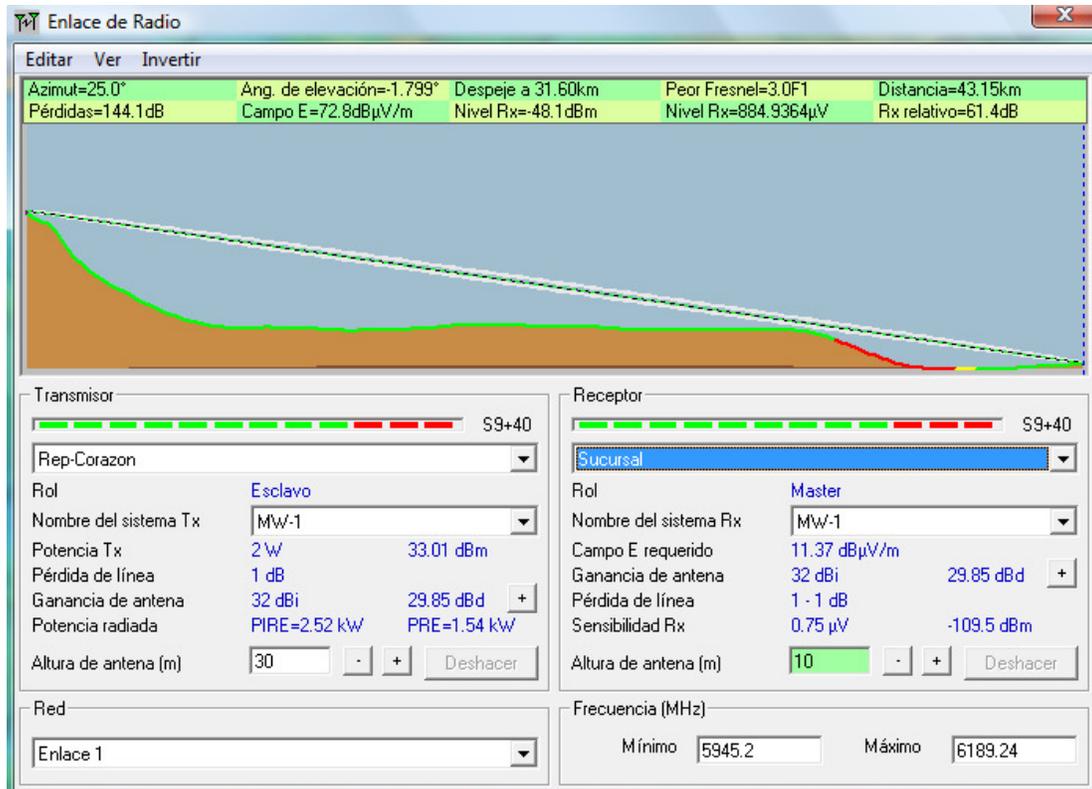


Figura. 3.9 Perfil Rep. Corazón – Sucursal

### 3.7.4 Plan de Frecuencias

Utilizando el plan de Distribución de canales en la banda de 6 GHz, cuyo rango va 5925-7110 MHz, que se utiliza en sistemas analógicos o digitales de gran capacidad (Rec. UIT-R F.386-6).

$$f_0 = 6175 \text{ MHz}$$

$$f_n = f_0 - 259.45 + 29.65n$$

$$f'_n = f_0 - 7.41 + 29.65n$$

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$$

**Tabla.3.2 Plan de Frecuencias**

<b>F<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>x</sub></b>
<b>f<sub>1</sub></b>	5945.20
<b>f<sub>2</sub></b>	5974.85
<b>F<sub>3</sub></b>	6004.50

<b>f 'n</b>	<b>R<sub>x</sub></b>
<b>f '1</b>	6197.24
<b>f '2</b>	6226.89
<b>f '3</b>	6256.54

Para el caso del radioenlace entre la matriz y la planta la frecuencia que ya se está utilizando es 2.437 Ghz., que corresponde a la banda libre para enlaces inalámbricos en spread spectrum.

Los valores de todos los parámetros de las estaciones del radioenlace en la banda de 6 Ghz , se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla. 3.3 Parámetros de Radioenlaces**

<b>Enlace</b>	<b>Distancia [Km.]</b>	<b>Frecuencias [Mhz]</b>	<b>Potencia Rad. PIRE[W]</b>	<b>Margen Desv [dB]</b>	<b>Ate Total [dB]</b>	<b>Prad [dBm]</b>	<b>Eo [dBuV/m]</b>	<b>Nivel de Rx [dBm]</b>
Matriz – Rep. Villacrés	8,29	6004.5 6256.5	2520	74	129,8	33,01	87,2	-34,8
Rep. Villacrés - Planta	6,65	2437	2,83	9,7	133,3	33,01	46,1	-97,3
Rep. Villacrés - Rep. Corazón	71,13	5974.85 6226.89	2520	55,6	148,9	33,01	68,1	-53,9
Rep. Corazón – Sucursal	43,15	5945,20 6197,24	2520	61.4	144,1	33,01	72,8	-48,1

**Tabla.3.4 . Distancias Enlaces  
Diagrama de la Red**

<b>Enlace</b>	<b>Distancia</b>
1. Matriz – Rep. Villacrés	8.29 Km.
2. Rep. Villacrés - Rep. Corazón	71.13 Km.
3. Rep. Corazón - Sucursal	43.15 Km.
4. . Rep. Villacrés - Planta	6.65 Km

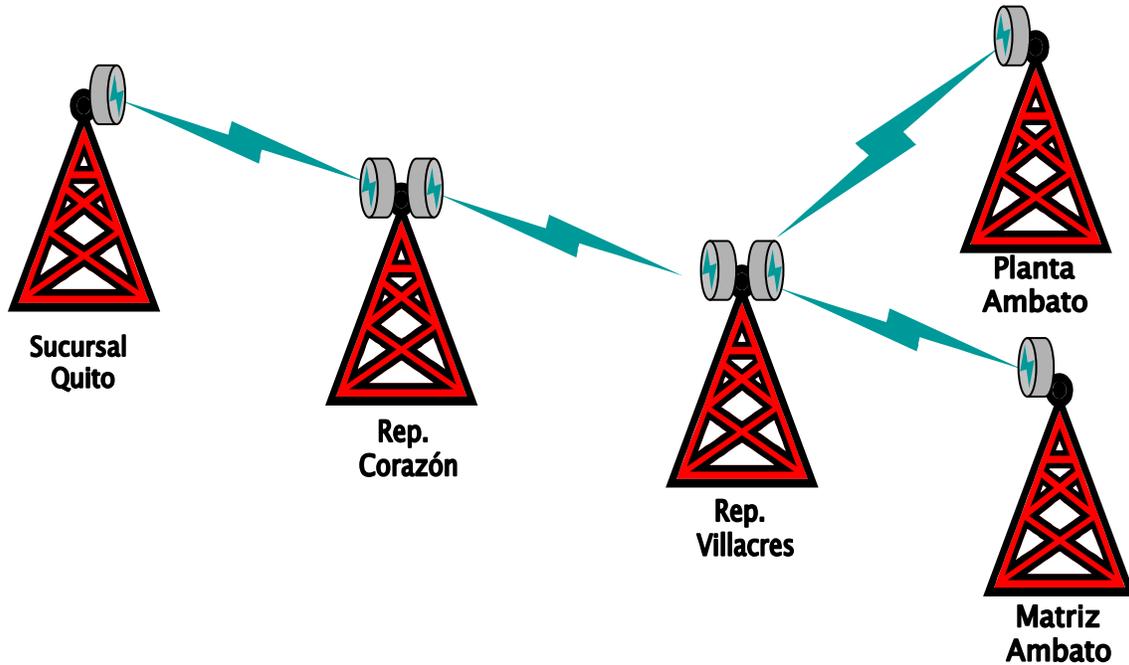


Figura.3.10 Diagrama de red

### 3.7.5. Diseño de las Torres

Las Torres en la Matriz, Planta y Sucursal serán de 10 m y tendrán las respectivas luces de control aéreo, soportes para guías de onda y sistema de tierras, lo cual puede ser determinado con el programa Power Tools de la siguiente manera:

➤ Altura:

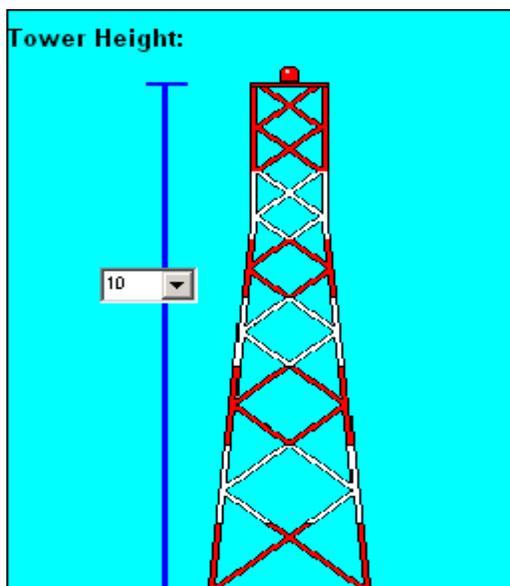


Figura. 3.11 Altura de Antena

- Accesorios:
  - Luces de Navegación

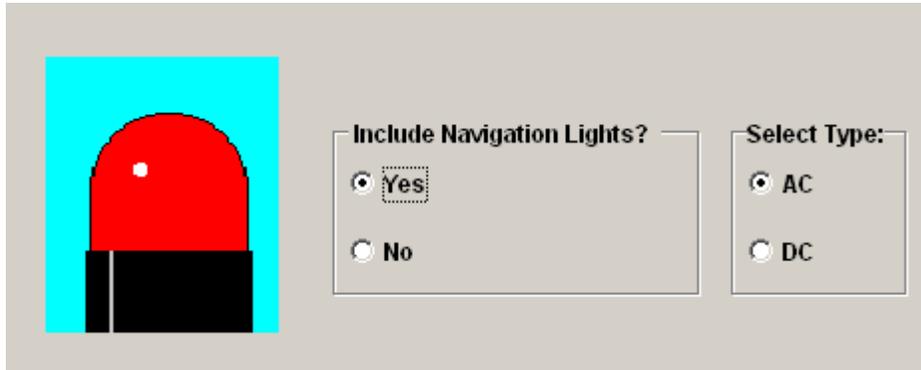


Figura. 3.12 Luces de Navegación

- Guías de Onda y Sistemas de tierra

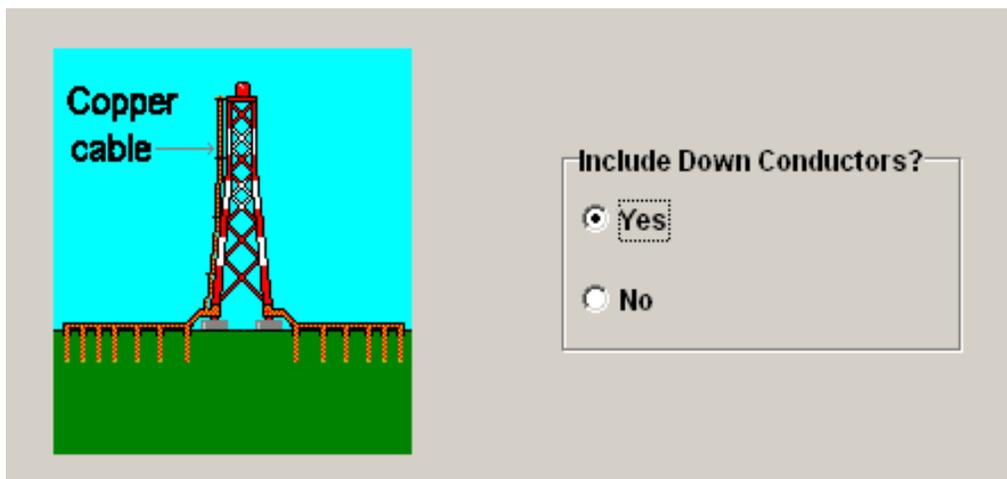


Figura. 3.13 Guías de Onda



Figura. 3.14 Sistema de Tierra

### 3.7.6 Elección de la Guía de Onda

La elección de la guía de onda se la realizará de acuerdo a la frecuencia ( $f_0$ ) que es igual a 6175 MHz.

**Cable Information:**

Frequencies:  
 Beginning Frequency (MHz): 5945  
 Ending Frequency (MHz): 6404

Size Information:  
 Horizontal Length: 10 Feet  
 Vertical Length: 8 Meters  
 Cable Diameter: Waveguid

Cable Type:  
 Air Coax  
 Foam Coax  
 Elliptical Waveguide

Select a specific cable: EW52

Part Number	Frequency Band (MHz)	Insertion Loss (dB)	Efficiency (%)	Peak Power (kW)	Average Power (kW)
<b>EW52</b>	4600 - 6425	0.95	80.44	92	6.06
EW63	5850 - 7125	1.10	77.69	10	4.61
EW64	5300 - 7750	1.24	75.23	60	3.77
EWP52-56W	5600 - 6425	0.95	80.44	92	6.06
EWP52-58	5725 - 6425	0.95	80.44	92	6.06
EWP52-59	5925 - 6425	0.95	80.44	92	6.06
EWP52S	5925 - 6425	0.95	80.44	92	6.06
EW63-59	5925 - 6575	1.10	77.69	10	4.61

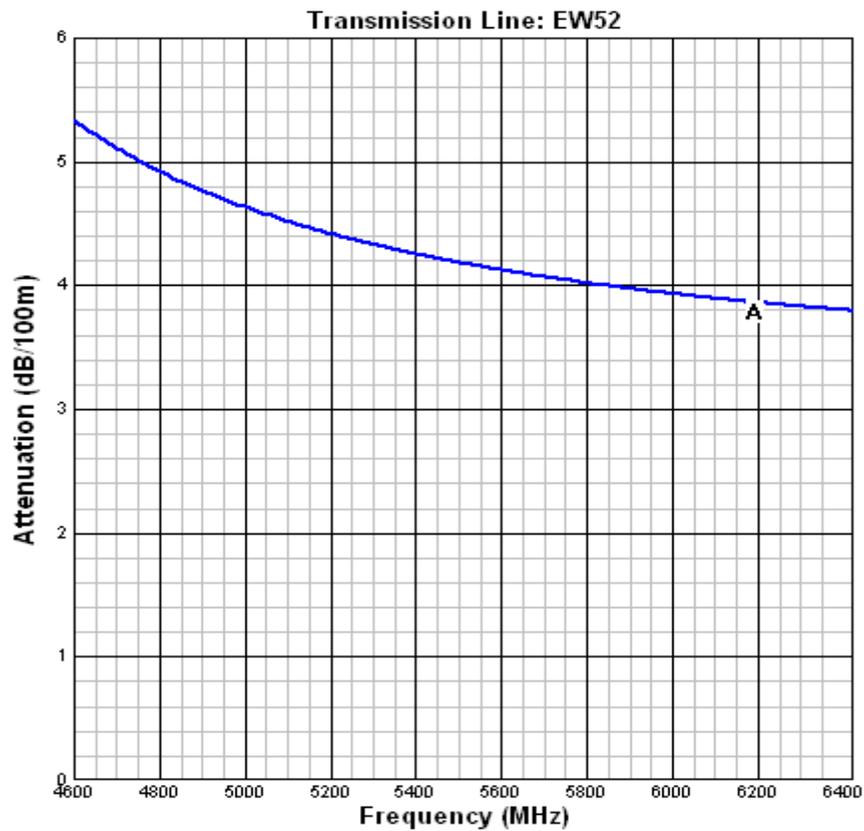
**EW52**

Number of runs: 3

Skip The Wizard

Figura. 3.15 Elección Guía de Onda

- Atenuación:



**Figura. 3.16 Atenuación Guía de Onda**

**Performance**

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)
4600	1.63	5.34
4800	1.5	4.92
5000	1.41	4.63
5200	1.35	4.42
5400	1.3	4.26
5600	1.26	4.13
5800	1.23	4.02
5850	1.22	4
5925	1.21	3.96
6000	1.2	3.93
6200	1.18	3.86
6400	1.16	3.8
6425	1.16	3.8

**Figura. 3.17 Atenuación Guía de Onda por cada cien metros**

### 3.8 Accesorios:

#### 3.8.1 Accesorios Verticales

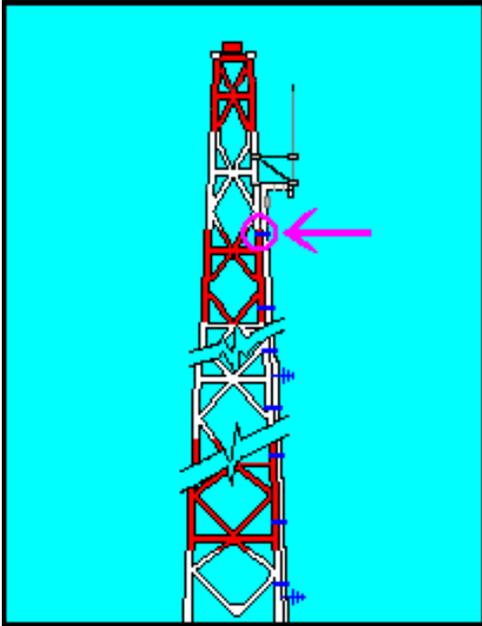


Figura. 3.18. Accesorios Verticales

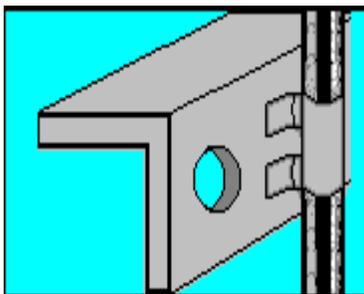
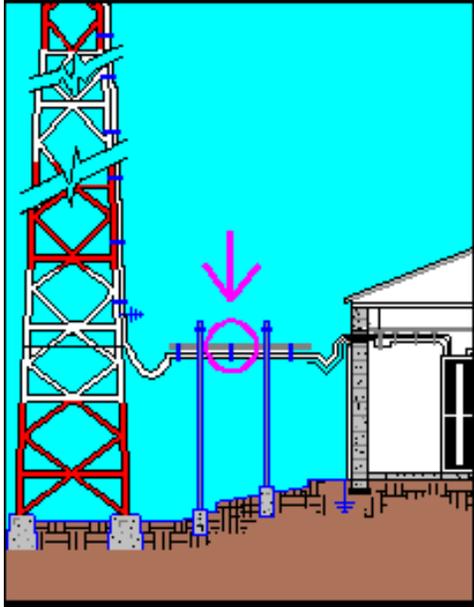


Figura.3.19 . Accesorios Verticales con acople horizontal

### 3.8.2 Accesorios Horizontales



**Figura. 3.20 Accesorios Horizontales**

Verificando tanto en la tabla como en la grafica de la Guía elíptica EW52 tiene una atenuación  $L_{WG} = 3.88 \text{ dB}/100 \text{ m}$  a 6.175 Ghz, por lo tanto:

$L$  = Longitud de la guía es 18 m en todas las estaciones.

$$L_{WG} = \frac{3.88 \text{ dB}}{100 \text{ m}} * 18 \text{ m}$$

$$L_{WG} = 0.70 \text{ dB}$$

### 3.9 Especificaciones de los Equipos a Utilizar

- **Datos:**
  - Nivel Rx = -70dBm
  - BER =  $10^{-6}$
  - Ganancia Tx = 33,01dBm

- Ganancia Antenas = 32dB
- Pérdidas cables = 2.7dB
- Ganancia del Repetidor = 115 dB



**Figura. 3.21** Ejemplo de Antena

**Tabla. 3.5** Antenas en Recepción y Transmisión

Enlace	Transmisión		Recepción	
	Tamaño	Ganancia	Tamaño	Ganancia
1. Matriz – Rep. Villacrés	1.8m	32.dB	1.8m	32dB
2. Rep. Villacrés - Rep. Corazón	1.8m	32dB	1.8m	32dB
3. Rep. Corazón - Sucursal	1.8m	32dB	1.8m	32dB
4. Rep. Villacrés - Planta	0,40m	2dB	0,40m	2dB

Se ha escogido la Antena de reflector parabólico UHX6-59W, la cual cumple con los requerimientos.

### **3.10 Análisis Legal**

Los requisitos, contratos, reglamentos y formularios, para la obtención del permiso de operación de redes privadas, se encuentran en el Anexo 1

### **3.11 Disponibilidad del Sistema**

#### **3.11.1 Método de Cálculo:**

- Se necesita conocer la densidad instantánea de lluvia ( $J$ ), y además el margen de desvanecimiento de cada enlace.
- Luego se procede a obtener el valor de atenuación específica ( $\delta_r$ ) de acuerdo a la densidad instantánea de lluvia.
- Se procede a encontrar las constantes de polarización ( $k, \alpha$ ), según la frecuencia de operación, según la norma ITU-R I.721-2.
- Luego se encuentra la relación lluvia-distancia, es decir la distancia efectiva de lluvia (DEF), relacionada con la distancia del enlace

## **CAPITULO #4**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO**

#### **4.1 INVERSIONES**

El monto total de las inversiones incluye todos los requerimientos de equipos y materiales necesarios para llevar a delante el proceso de transmisión de voz y datos a instalarse en la empresa en estudio.

El monto de las inversiones alcanza la suma de US \$ 136.400 dólares como consta en el detalle expuesto a continuación.

## 4.1 INVERSIÓN

Tabla 4.1 inversiones

ITEM	EQUIPAMIENTO	CANTIDAD	Unidad	Total
1	CENTRAL TELEFONICA SIEMENS HIPATH 3800 para oficina matriz. Incluye: 112 Extensiones analógicas 24 extensiones digitale 48 líneas troncales Sistema de tarificación Crecimiento garantizado Correo de voz con mensajería unificada 20 teléfonos digitales 10 teléfonos IP Funciones de Call Center integradas Servicios de instalación y configuración 4 canales de VoIP para integración con Central remota	1	40.000.00	40.000.00
2	CENTRAL TELEFONICA SIEMENS HIPATH 3800 para oficina matriz. Incluye: 40 Extensiones analógicas 8 Extensiones digitale 20 líneas troncales Sistema de tarificación Crecimiento garantizado Correo de voz con mensajería unificada	1	25.000.00	25.000.00

	8 teléfonos digitales Funciones de Call Center integradas 4 canales de VoIP para integración con Central remota Servicios de instalación y configuración			
3	SWITCH DE CORE CISCO Catalyst 3750 24 10/100+2SFP Standard Multilayer Image	2	3.500.00	7.000.00
4	SWITCH DE ACCESO Catalyst 2960 24 10/100+2 1000BT LAN Base Image	8	1.200.00	9.600.00
5	FIREWAL ASA 5510 Incluye Anti-X y Filtrado de Contenido con licencias para 2	1	12.000.00	12.000.00
6	Cableado estructurado categoría 6 (precio por punto)	200	130.00	26.000.00
7	Cableado telefónico categoría 3 (precio por punto)	200	60.00	12.000.00
8	Servidor de comunicaciones (Mail, Proxy, Antispam)	1	3.000.00	3.000.00
9	Servidores de Aplicación HP Proliant ML 110	2	900.00	1.800.00
			<b>TOTAL</b>	<b>136.400.00</b>



En el rubro de equipamiento cuenta las necesidades de acceso al Internet y el enlace entre matriz y sucursales

## 4.2 MENSUALIDADES

Tabla 4.2 Mensualidades

ITEM	EQUIPAMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Acceso a Internet para oficina Matriz (1024Kbps Full Duplex)	1	1.200.00	1.200.00
1	Enlace dedicado entre matriz y sucursal (128Kbbps Full Duplex)	1	800.00	800.00
			<b>TOTAL</b>	<b>2.000.00</b>

## 4.3 Ingresos y gastos

El cambio de los sistemas de comunicación incide directamente con los procesos de producción con entrega oportuna de los requerimientos de materia prima y de manera directa en la determinación del volumen de ventas, estimándose que se tendrá un incremento mensual de ingresos por ventas de 10.000.00 a nivel nacional lo que supone un ingreso adicional de 120.000.00 dólares al año.

En cuanto a gastos se considera exclusivamente una asignación mensual de US \$ 3.000 dólares para mantenimiento de equipos, lo cual alcanza una cifra de 36.000 dólares.

#### **4.4 Cashflow**

En las condiciones expuestas el flujo de caja se conformaría así para un periodo cero

Ingresos	0
Inversiones	136.400
Equipamiento	2.000

##### **4.4.1 Proyección del Cashflow**

Considerando un periodo de cinco años tendríamos

**Tabla 4.3 Cash Flow**

	<b>Año0</b>	<b>Año1</b>	<b>Año2</b>	<b>Año3</b>	<b>Año4</b>	<b>Año5</b>
Ingresos		120.000	120.000	120.000	120.000	120.000
Inversiones	136.400					
Equipamiento	2.000					
Costos	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000
Casflow	174.000	84.000	84.000	84.000	84.000	84.000
Acumulado	174.000	90400	10400	73600	157000	241600

De los datos expuestos se tiene que entre el segundo y el tercer año se cubre la inversión o se recupera la inversión

#### 4.5 Indicadores Económicos

Con los datos del flujo neto de acumulado se tiene:

**Tabla 4.4 Indicadores económicos**

<b>Año</b>	<b>Flujo neto</b>		<b>Tasa de descuento</b>		<b>Tasa de descuento</b>
			<b>15%</b>		<b>20%</b>
<b>0</b>	-174.000	1	-174.000	1	- 174.400
<b>1</b>	- 90.000	0.87	- 78.648	0.83	- 75.032
<b>2</b>	-10.000	0.76	- 7.904	0.70	- 7.280
<b>3</b>	73.600	0.66	48.576	0.58	42.688
<b>4</b>	157.600	0.58	91.400	0.48	91.400
<b>5</b>	241.600	0.50	120.800	0.40	120.800
			<b>- 260.000</b>		<b>- 256.312</b>
			<b>+ 260.784</b>		<b>+ 254.888</b>
			<b>+ 784</b>		<b>- 1424</b>

De los resultados obtenidos se tiene que la tasa de rentabilidad se encuentra entre el 15% y el 20%

$$\text{Tasa de rendimiento} = 15 + \frac{784}{784+1424} \times 5 = 16.78$$

El rendimiento de flujo es del 16.78%

#### **4.6 Análisis de costos**

De los resultados obtenidos se tiene que los costos y los gastos en que se incrementan para el cambio del sistema de comunicación es ventajoso tanto porque la inversión se recupera en un tiempo reducido de años y por cuanto la rentabilidad del 16.78% es superior a cualquier tipo de rendimiento del capital en el sistema financiero que en el mejor de los casos paga el 8% anual.

Con esto se demuestra la viabilidad de la propuesta

## **CAPITULO #5**

### **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Luego de exponer los procesos técnicos y económicos a lo largo de los capítulos anteriores se llega a las siguientes conclusiones

- Una Red Wan, es una red por la cual se puede transmitir información a larga distancia, independientemente de la tecnología que se utilice, pudiendo interconectar diferentes ciudades de un país.
- Unos de los grandes beneficios que presta una red Wan, es la de enlazar a las diferentes redes Lan que pueda tener una empresa, ya sea que estén ubicadas en distintas ciudades como es en nuestro caso, además existe una variedad de tecnologías, las cuales debemos ir adaptando según sean las necesidades de la empresa.
- En vista que las redes FDI tienen una topología física de anillo doble esta circunstancia se justifica para la transmisión , cuando se requiere de redundancia, ya sea por pérdidas en la información en algunos tramos de la red , o sino para conseguir balanceo y equilibrio de la carga de información dentro de la misma.

- Las redes por lo general se forman por un conjunto de enlaces, unidos de dos en dos, con esta posibilidad se pueden crear diferentes tipos de topologías, según la necesidad y criterios del diseñador. Y los enlaces a larga distancia son un punto fundamental para las comunicaciones punto a punto o para crear una red de área extensa, pudiendo abarcar el diseño distintas topologías que garanticen un correcto y eficaz traslado de la información de un extremo a otro. Existen ciertas ventajas en los enlaces microonda como por ejemplo: El volumen de inversión generalmente es más reducido comparada con otra tecnología, la instalación en ciertos casos es más rápida y sencilla, además se puede superar las irregularidades del terreno, la regulación solo debe aplicarse al equipo puesto que las características del medio de transmisión son prácticamente constantes en el ancho de banda, puede aumentarse la separación entre las repetidoras incrementando la altura de las torres.
- Las pérdidas de datos en la actualidad es insustituible y se convierte en un peligro real cuando la empresa conecta su red con el mundo exterior, y por lo general se debe recurrir a mecanismos de control y prevención para minimizar los riesgos que nuestra red pueda tener.
- Un firewall es un elemento importante dentro de las características de seguridad que una red debe tener ya que permite ejercer políticas de control de acceso entre las redes, además el firewall define los servicios a los que los usuarios pueden acceder, es decir que un firewall puede considerarse como un mecanismo para bloquear tráfico no permitido, y otro para dejar que tráfico seguro circule por nuestra red. Además permiten aplicar restricciones pudiéndose aplicar políticas de seguridad y auditorías, proporcionando al administrador de la red, información del tipo y cantidad de tráfico que fluye dentro de la red, además de informar

del número de veces que se ha intentado violar o infringir las seguridades de la red.

- Existe viabilidad técnica y económica del proyecto de acuerdo a lo expuesto a lo largo del presente trabajo
- Con cualquiera de las dos alternativas expuestas se logrará optimizar los procesos que se desarrollan en High Telecom, haciendo que la empresa sea más productiva y competitiva para beneficio propio. En general los procesos internos que se realizan en la empresa, deberán tener un control de todas las operaciones que se realicen especialmente en el acceso a la base de datos y transferencia de archivos.
- Dado el análisis de los datos y la destreza que se adquirió en la realización de los enlaces, se logró interpretar condiciones de potencia, atenuaciones y antenas, etc., que son parámetros que determinan que un enlace funcione correctamente.
- Hay múltiples marcas de equipos cuyo uso es exclusivo, para dar soluciones, a lo que networking corresponde como son 3com, Aruba , Cisco system, etc...En el Ecuador el mercado está saturado y dominado por Cisco Systems, aun cuando se sugiere en cualquier circunstancia la inducción y prueba de equipos Aruba . por la seguridad, confiabilidad. estabilidad, fortaleza, desempeño y garantía que estos equipos tienen. El único distribuidor de estos equipos en el país es Gigowireless Cia. Ltda..
- En lo que a networking corresponde hay múltiples herramientas que pueden ser implementadas en un servidor montado en plataforma linux como son IPS(intrusión prevention systems) herramienta que brinda estabilidad y seguridad a la red,.También se puede implementar controladores-administradores de ancho de

banda y de segmentación de ancho de banda; en caso que se desee particionar o dividir un determinado ancho de banda, dentro de un canal de transmisión para un determinado número de usuarios, tal y como segmentan los ISPs un ancho de banda entre sus usuarios y clientes.

- Algunos parámetros son indispensables al momento de decidir implementar un radio enlace, ya que no se puede correr el riesgo de perder capital y tiempo en el montaje de la infraestructura, parámetros como zonas de Fresnel y simplemente niveles de seguridad nos pueden evitar caer en un sin número de problemas.
- El uso del Google Earth hoy por hoy es indispensable para cualquier estudio geográfico en el que se requiera la implementación de un enlace
- Dependiendo de las circunstancias en las que un enlace se implemente, se ha determinado, que en la mayoría de los casos, luego que el técnico haya ya adquirido cierta destreza en las implementaciones, el desarrollarlas se va haciendo algo un poco rutinario, por lo que se ha determinado, que en el desarrollo de las implementaciones se irán omitiendo cálculos , y estos serán sustituidos, por pruebas y ensayos conocidas como ensayos denominados de “*PRUEBA Y ERROR*”, o sea conforme se va experimentando con la implementación del enlace, modificando variables y elementos ya sea de potencia o recepción (antenas), se podrá ir tomando mediciones conforme la implementación avance, y luego el técnico de todos los ensayos realizados seleccionara el que sus resultados mas coincida con los resultados deseados o previstos, de acuerdo con los requerimientos de ancho de banda de transmisión, atenuación, calidad de servicio, etc.

- Toda empresa que invierta montos de capital en implementación de redes teleinformáticas ,o sea en servidores , equipos de networking, y equipos de comunicaciones como de telefonía, o sistemas de comunicación de datos, deberá estar conciente que lo que en realidad esta adquiriendo son activos, pues no solo esta realizando gastos e inversiones , sino que por el contrario, esta generando ahorro, y mejorando la infraestructura comunicacional de la empresa, y con esto podrá mejorar en volúmenes de producción y de ventas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Para que los planteamientos expuestos a lo largo del estudio puedan tener aplicabilidad técnica y financiera es necesario hacer las siguientes recomendaciones.
- Es necesario nombrar ciertas normas o consejos de seguridad para una empresa como por ejemplo: exigir al personal que elijan contraseñas que no sean evidentes, cambiar contraseñas cada cierto tiempo, instruir al personal sobre riesgo de seguridad de archivos, implementar soluciones de seguridad que satisfagan los requerimientos de la empresa.
- Al realizar el estudio de un enlace se debe tomar en cuenta algunos factores como la visibilidad o línea de vista entre los sitios a enlazar, así como la distancia a la que se encuentran, para de esta manera escoger los equipos necesarios para garantizar un enlace confiable.

- Los trámites legales para la obtención del título habilitante para la implantación de un red privada, son estrictamente necesarios, teniendo en cuenta que una red privada tiene prohibido la prestación de servicios a otros usuarios, además cualquier incumplimiento del contrato producirá de manera automáticamente la anulación de dicho título.
- Es importante el análisis de la rentabilidad ya que determinada el porque de una inversión, partiendo de beneficios y pérdidas, es decir en el crecimiento y estabilidad de la empresa. Un proyecto requiere de una inversión y se la puede considerar como una actividad económica por lo tanto se debe entender variables fundamentales como rentabilidad y seguridad.
- Previo a la elección de las tecnologías se debe realizar estudios como por ejemplo: donde se encuentra ubicado cada centro, número de equipos, situación geográfica, costo de cada tecnología a implementar.
- Para la elección del medio de transmisión se debe tener en cuenta ciertos factores como los siguientes: la naturaleza de la información que debe soportar la red, la infraestructura que poseen nuestras instalaciones considerando distancias e interferencias.
- Para garantizar un buen nivel de seguridad, que una red requiere se deben tomar en cuenta preguntas muy sencillas, como por ejemplo: cuál es el valor de los datos que queremos proteger, cuál será el impacto en nuestra empresa si llegáramos a perder aquellos datos, y cuáles son los riesgos que nuestra empresa esta expuesta sino implementamos un sistema de seguridad.

- Los indicadores de rentabilidad son los mejores fundamentos para llevar adelante la propuesta; pues se cubre con ventaja los niveles de oportunidades financiera del mercado que no sobrepasa el 8% de rendimiento anual
- Para efectuar el estudio de un radioenlace sugerimos el uso de herramientas como el Google Earth; software de uso libre, sin necesidad de licencias o suscripciones. Software en el que están intrínsecas e implícitas todas las variables, que se requieren para montar un enlace, como son: situación geográfica, orográfica, coordenadas, relieves, irregularidades del terreno, construcciones y cualquier tipo de obstáculos que pudiesen existir, ya sean naturales o puestas por el ser humano.
- Luego de las experiencias tenidas a lo largo de este desarrollo, ha sido un evento palpable que la implementación de un enlace, aun cuando sea en frecuencias libres (2.4 o 5.8) no requieren tan sólo de un técnico especialista en telecomunicaciones, sino que también se deba hacer uso de abogados, para desarrollar los trámites de legalización de los enlaces en las entidades de control como el Senatel, y la Suptel y de aquí se concluye y recomienda, que el conocimiento técnico se complementa con un conocimiento Global, ya sea de leyes, ordenanzas y trámites.