

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se hace una breve descripción de las tecnologías de banda ancha tradicionalmente utilizadas tales como XDSL, ATM y FRAME RELAY. A continuación, se realiza una descripción de la estructura de la red MAN a diseñar utilizando la tecnología LRE. También se realiza la comparación de la tecnología LRE con las tecnologías de banda ancha tradicionales.

1.1 REDES DE ALTA VELOCIDAD EXISTENTES (XDSL, ATM, FRAME RELAY)

Con el transcurrir de los días la nueva era en la evolución de las telecomunicaciones ha sido vertiginosa; con el aporte de nuevas soluciones a las necesidades que demandan las grandes empresas operadoras de telecomunicaciones, proveedores de servicios y usuarios finales.

No hace mucho tiempo, las líneas telefónicas eran utilizadas por los usuarios para realizar llamadas de voz convencionales y con la utilización de un módem se podía acceder al Internet; esto dio la pauta a los usuarios de realizar las dos cosas simultáneamente, esto es, conectarse a Internet y hablar por teléfono al mismo tiempo, conllevando a que los organismos de estandarización y fabricantes de equipos tengan la necesidad de especificar nuevas tecnologías a fin de proveer el servicio solicitado por los usuarios llegando de este modo a tener lo que se conoce como tecnologías para servicio de banda ancha.

1.1.1 XDSL: XDIGITAL SUBSCRIBER LINE

El grupo de tecnologías de comunicación utilizadas para transportar información multimedia a grandes velocidades, como las obtenidas utilizando las líneas telefónicas convencionales con un módem son conocidas como tecnologías xDSL, teniéndose en cuenta que en la red telefónica el ancho de banda solo llega a los 4KHz y existe la necesidad de transportar aplicaciones que requieren un gran ancho de banda, entonces, surge una nueva tecnología conocida como tecnología DSL (Digital Subscriber Line), la misma que trabaja sobre la red telefónica existente, los costos de inversión son relativamente bajos y soporta un gran ancho de banda, es decir, esta tecnología convierte la línea analógica convencional en una línea digital de alta velocidad.

Una de las características de estas tecnologías (XDSL) es que son utilizadas para acceso punto a punto, puesto que a través de la red telefónica pública no utilizan amplificadores ni repetidores de señal, pero para ello estas tecnologías necesitan un módem XDSL en cada extremo del circuito de cobre, que acepte el flujo de datos en formato digital y lo superponga a una señal analógica de alta velocidad.

Dependiendo de características como distancia, velocidad, calidad de las líneas, tipo de modulación y calibre del cobre, estas tecnologías ofrecen servicios de banda ancha sobre conexiones que no superen los 6 Km. de distancia entre la central telefónica y el lugar de conexión del usuario de este servicio; la ventaja consiste en soportar varios canales sobre un único par de cables de cobre.

El envío y transmisión de datos se realiza a través de un módem XDSL, donde los datos pasan por un dispositivo, conocido como "splitter", el mismo que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico y del servicio XDSL.

De acuerdo a la velocidad de transmisión y a la distancia a transmitirse, los tipos de tecnología XDSL se muestran en la tabla 1.1

Tipos de XDSL	Dist. Máx.	Upstream	Downstream
IDSL	1 Km	56,64,128,144 Kbps	56,64,128,144 Kbps
HDSL	2 Km	2 Mbps	2 Mbps
SDSL	3 Km	160 Kbps-1,1Mbps	160 Kbps-1,1 Mbps
ADSL	3 Km	64-800 Kbps	1,5 Mbps-8 Mbps
R-ADSL	2 Km	64-800 Kbps	1,5 Mbps-8 Mbps
VDSL	1Km	1,5 Mbps-3 Mbps	13 Mbps-52 Mbps

Tabla 1.1 Tipos de Tecnología XDSL ^[1]

1.1.2 ATM: MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA

En los últimos tiempos, ha existido mucha demanda de aplicaciones de banda ancha relacionadas con la transmisión de información multimedia como la videoconferencia, audioconferencia, sistemas colaborativos (pizarras compartidas, teletrabajo, telemedicina, etc.) y las aplicaciones más comunes (bases de datos, transferencias de ficheros, WWW, etc.), las mismas que requieren de tecnologías de comunicaciones capaces de ofrecer altos beneficios debiendo estar directamente relacionados con la calidad de servicio (QoS) y con conceptos claros como el ancho de banda, la velocidad de transmisión, la demora en las transferencias, la fiabilidad en las transmisiones, etc.

Para que las nuevas tecnologías en comunicaciones puedan ofrecer las características mencionadas es necesario revisar, fortalecer y ampliar las actuales arquitecturas, servicios y protocolos de comunicaciones; las últimas investigaciones indican que ATM está dando lugar a interesantes propuestas cuyo principal objetivo es ofrecer a las aplicaciones demandadas actualmente todas las características citadas anteriormente.

ATM es todavía una tecnología emergente diseñada para ser utilizada para aplicaciones de datos, audio y video. ATM define conexiones punto a punto, punto a multipunto y conexiones multipunto a multipunto.

La ventaja de la tecnología ATM es la de asegurar que el tráfico de grandes volúmenes sea flexiblemente conmutado al destino correcto evitando la demora en la llegada de los datos y las pantallas a sus computadores; de tal manera que se puede obtener aplicaciones para los servicios de salud, requerimientos de videoconferencias médicas, redes financieras interconectadas con los entes de intermediación y validación, o con vídeo en demanda para nuestros hogares, con alta definición de imágenes y calidad de sonido, etc.

Otra ventaja de ATM es que solamente se paga por la carga de celdas que es efectivamente transportada y conmutada para el usuario, por tanto, se debe tener en cuenta que la demanda por acceder a Internet es bastante grande, puesto que se tiene que hoy en día los accesos conmutados a Internet están creando los denominados "Cuellos de Botella" en la infraestructura; por lo que los fabricantes a mas de desarrollar sistemas de acceso también han desarrollado aplicaciones para soluciones de "fin a fin" con conmutadores ATM con solventes sistemas de administración de la red (Network Management).

ATM puede realizar el transporte del servicio de voz, vídeo y datos de manera eficiente usando una simple tecnología de conmutación y multiplexación, combinando la simplicidad de la multiplexación por división de tiempo, encontrada en la conmutación de circuitos y con la eficiencia de las redes de conmutación de paquetes con multiplexación estadística.

1.1.3 FRAME RELAY

Con el propósito de superar la lentitud de X.25, ANSI definió las especificaciones de Frame Relay, eliminando la función de los conmutadores en cada "salto" de la red. Frame Relay no es mas que una tecnología de conmutación rápida de tramas que puede utilizarse como un protocolo de acceso a redes públicas o privadas, o como un protocolo de transporte para proporcionar servicios de comunicaciones.

En la actualidad, una de las demandas del mercado es el ahorro en los costos de comunicaciones por lo que se hace necesaria y emergente la integración de tráfico de voz y datos. Esta tecnología ofrece la integración en una sola línea de los distintos tipos de tráfico de datos y voz y su transporte por una única red, brindando muchas características deseables para una buena comunicación tales como flexibilidad, eficiencia, conectividad entre todos, alta velocidad, etc.

Frame Relay, se define como un servicio portador RDSI de banda estrecha en modo de paquetes y ha sido especialmente adaptada para velocidades de hasta 2,048 Mbps e incluso podrían superarlas, aprovechando las modernas infraestructuras de mayor calidad con bajos índices de error permitiendo mayores flujos de información. Proporciona de esta manera conexiones entre usuarios a través de una red pública del mismo modo que lo haría una red privada con circuitos punto a punto.

Una ventaja de Frame Relay es la facilidad de la tecnología para ser incorporada a equipos ya existentes como routers, computadores, switches, multiplexores, etc., y que estos puedan realizar sus funciones de un modo más eficiente; ésta es la razón fundamental para que Frame Relay haya sido aceptada con facilidad. Por tanto, es utilizada especialmente para evitar la necesidad de construir mallas de redes entre routers y en su lugar multiplexar muchas conexiones a lugares remotos a través de un solo enlace de acceso a la red Frame Relay.

Una de sus desventajas, es que sólo ha sido definida para velocidades de hasta 1,544/2,048 Mbps (T1/E1), no soporta aplicaciones sensibles al tiempo al menos de forma estándar. Otra desventaja es que al ser una tecnología "antigua" se limita a eliminar parte de la carga de protocolo y funciones de X.25, logrando mejorar su velocidad, el resultado es una red más rápida, pero no una red integrada. Finalmente, debido a que Frame Relay está orientada a conexión, todas las tramas siguen la misma ruta a través de la red por lo que son susceptibles de perderla si el enlace entre el nodo conmutador de dos redes falla, aún cuando la red intente recuperar la conexión, deberá de ser a través de una

ruta diferente, provocando un cambio en la demora extremo a extremo, y puede no ser lo suficientemente rápida como para ser transparente a las aplicaciones.

Entre otras, las principales características técnicas de Frame Relay son:

- Mayor velocidad de acceso: desde 64 Kbps a 2 Mbps.
- Acceso alternativo RDSI: en velocidades de hasta 256 Kbps.
- Frame Relay provee de un caudal bidireccional.
- Esta tecnología Provee una interfaz física.
- Frame Relay mantiene un informe del tráfico cursado.
- Facilidades de Gestión de Cliente.
- Permanente Gestión de Red.
- Permanente Soporte del Servicio.
- Encaminamiento alternativo en caso de fallar la entrega de paquetes.

Al utilizar esta tecnología se obtendría, entre otras las siguientes ventajas:

- Según las necesidades del cliente Frame Relay provee una solución compacta de red, es decir, luego de un estudio personalizado de las características se puede realizar el diseño de la red de comunicaciones Frame Relay.
- Frame Relay proporciona alta capacidad de transmisión de datos y bajos retardos como resultado de la construcción de red (backbone).
- Compartiendo los mismos recursos de red la tecnología permite el ahorro en los costos de telecomunicaciones, puesto que los usuarios podrán transportar el tráfico perteneciente a varias comunicaciones y aplicaciones a la vez.
- Frame Relay provee flexibilidad del servicio ya que es adaptable a las necesidades de los usuarios.

Existe varias aplicaciones de esta tecnología, sin embargo, las más representativas son:

- Se puede realizar transferencias de imágenes y ficheros.
- Mediante Frame Relay podemos utilizar el correo electrónico.
- Frame Relay permite imprimir remotamente.
- Dentro de una misma empresa, puede realizarse el intercambio de información en tiempo real.
- Se puede realizar aplicaciones cliente-servidor.
- Esta tecnología permite construir bases de datos distribuidas.
- Con Frame Relay podemos acceder de una forma remota a bases de datos.

1.2 TECNOLOGÍA LRE

A fin de ofrecer el servicio de banda ancha con mayor flexibilidad, escalabilidad y a bajo costo para usuarios de oficinas, hoteles, hospitales y edificios de departamentos, los proveedores de servicios de comunicaciones de banda ancha se actualizan con las últimas tecnologías de telecomunicaciones, lo que les permite ofrecer el servicio demandado por cientos de potenciales clientes. A pesar de esto, los proveedores de servicios de telecomunicaciones deben decidir la mejor manera de ofrecerlo puesto que existen muchas alternativas para hacerlo; sin embargo, las bondades, facilidades, beneficios, etc., que ofrece la tecnología de Cisco llamada Ethernet de Largo Alcance, LRE (Long Reach Ethernet), hace que en varios países los proveedores de servicio busquen a esta tecnología como una alternativa para proveer los servicios demandados por los usuarios.

El mercado para proveer el servicio de banda ancha a varios usuarios que se encuentren en edificios de unidades múltiples es muy amplio en países avanzados como Estados Unidos así como en varios países desarrollados de Europa y Asia; lo que hace prever que en un futuro no muy lejano, en Ecuador como en los países de los continentes mencionados, el número de usuarios de acceso a banda ancha crecerá rápidamente en los años venideros demandando

conexiones más rápidas para impulsar aplicaciones de gran ancho de banda basadas en Internet como transmisión de video, gráficos, audio, etc.

Por lo expuesto anteriormente, varios de los proveedores de servicios de telecomunicaciones tendrán muchas y valiosas razones y oportunidades para ofrecer el acceso a los beneficios que provee la red de redes (Internet), con alta velocidad que brinda la tecnología Ethernet y sobre todo su bajo costo, que es en beneficio de los usuarios finales.

1.2.1 CONCEPTO DE LA TECNOLOGÍA LRE

LRE (Long Reach Ethernet) por sus siglas es conocida como Ethernet de largo alcance, es una tecnología de Cisco, que permite disponer de una red de alta velocidad con un ancho de banda grande y con un bajo costo para los usuarios.

La característica de esta tecnología es la de encapsular los paquetes Ethernet para una transmisión a alta frecuencia y muy robusta por medio de cable de cobre como el que se utiliza en las líneas telefónicas, permitiendo extender su alcance de los 100 metros tradicionales para enlaces Ethernet sobre cables de cobre hasta 1500 metros, aumentando su velocidad hasta 16 Mbps; por lo tanto, es una opción para ofrecer un gran ancho de banda a edificios de múltiples unidades y a bajo costo accesible para el usuario final.

La tecnología LRE de Cisco emplea modulación en cuadratura (QAM); éste tipo de modulación utiliza dos señales en amplitud y fase LRE emplea varias modulaciones QAM (QAM-256, QAM-128, QAM-64, QAM-32, QAM-16, QAM-8 y QAM-4).

El administrador puede escoger varios perfiles que utilizan diferentes modulaciones y planes de frecuencias según las especificaciones y tarifas. LRE está diseñada para alcanzar mayor rendimiento, manteniendo bajo costo.

La tecnología LRE de Cisco facilita el transporte simétrico y bidireccional de datos sobre un par de alambre de cobre como el que se utiliza para las líneas telefónicas, en la banda de frecuencia de 300 Hz y 3.4 KHz. El sistema emplea Duplexión de División de Frecuencia (FDD) para separar los canales de bajada y subida, y servicios de señales de POTS, ISDN o PBX en dominio de frecuencia. Esto habilita a LRE los servicios de los proveedores de Internet existentes: POTS, ISDN, o PBX proveyendo los servicios sin interrupción. Tanto LRE como los servicios POTS/ISDN/PBX pueden ser transmitidos sobre la misma línea sin interferir el uno con el otro.

Con la tecnología Ethernet LRE, se amplía su dominio de tecnología de acceso corporativo de las redes LAN a una tecnología de acceso universal, obteniendo sobre un cable de cobre los servicios de Internet que necesitan amplio ancho de banda a costos reducidos para el usuario; es decir, LRE abre las posibilidades de nuevos servicios que antes sólo eran accesibles utilizando las tecnologías XDSL.

1.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA LRE ^[2]

Esta nueva tecnología aplicada en muchos países desarrollados y en algunos países de América del Sur, tiene muchas características que proveen de grandes ventajas para la implementación en diferentes sitios de múltiples unidades, utilizando como acceso de última milla el cable de cobre; las características de esta tecnología son las siguientes:

- La tecnología (LRE) es muy flexible, ya que según la distancia de acceso se alcanza velocidades desde 64 Kbps hasta 16 Mbps.
- Es de conocimiento general que la tecnología Ethernet es conocida como la tecnología de redes disponible más eficiente en costos, por lo que con LRE se obtendrá un bajo costo en su implementación debido a que se utiliza el par de cobre como acceso de última milla para proveer el servicio de banda ancha.

- Con la utilización de la tecnología LRE se puede tener transmisión simultánea y en tiempo real de video, voz y datos permitiendo aplicaciones integradas como: multicasting, streaming de video y telefonía IP (voz sobre IP).
- Con la tecnología LRE, se puede atender a bajos costos y de una manera segura a edificios de múltiples unidades tales como: unidades multi-habitacionales, hoteles, hospitales, etc.

Una vez analizadas las características y facilidades expuestas anteriormente, nos hace especular que esta nueva tecnología podría reemplazar sin ningún inconveniente a los servicios que brinda las tecnologías XDSL, ATM o Frame Relay; además esta tecnología utilizaremos en el diseño de nuestra red MAN presentada en este proyecto de titulación.

1.2.3 ESTRUCTURA DE LA RED MAN A DISEÑAR UTILIZANDO TECNOLOGÍA LRE

La estructura del diseño de la red MAN, está formada por cuatro parámetros que se deben tener en cuenta y son: físicos, enlace, red, transporte y las aplicaciones a implementar. A continuación se analizará en una forma general cada uno de estos parámetros:

1.2.3.1 Física

Los parámetros físicos para la red MAN a tener en cuenta son el Backbone de alta velocidad y los equipos a utilizarse para llegar hasta el usuario final.

1.2.3.1.1 Backbone

Un backbone en forma general sirve para interconectar varias LAN'S, lo que nos permitirá proveer el acceso a una red metropolitana, en otras palabras, un

backbone no es más que un canal principal por donde viajan los datos de los nodos de una red. Por lo tanto, un backbone es la infraestructura de conexión central de una red mediante el cual se puede integrar varias redes de área local en una única red, éste canal se construye con enlaces de alta velocidad.

Para obtener un backbone de alta velocidad, se debe conectar los switches, el enlace entre ellos proporcionará un ancho de banda adecuado.

Si se desea mejorar el rendimiento de la red se debe aumentar la capacidad del backbone realizando una actualización a los switches que soporten enlaces ascendentes Gigabit, lo que evitará la formación de los llamados cuellos de botella.

Finalmente a fin de que un backbone sea de alta velocidad, el enlace o la comunicación entre switches tiene que ser de fibra óptica o mediante la comunicación vía satélite, requisito para garantizar canales de alta velocidad.

1.2.3.1.2 Medios de transmisión

Para el diseño de la red es necesario seleccionar los medios de transmisión adecuados, los mismos que deben cumplir con las características establecidas para obtener un backbone de alta velocidad, el acceso a los clientes debe proveer un gran ancho de banda y el costo no debe ser alto.

A continuación analizaremos en forma general las opciones de los medios de transmisión existentes tanto para el backbone como para el acceso hasta los clientes que se utilizarán para nuestro diseño:

- Fibra óptica.
- Satélite.
- Acceso a clientes (Última milla y/o local loop): Cobre, Enlaces Radioeléctricos, Fibra Óptica, UTP.

➤ Fibra Óptica ^[3]

La Fibra Óptica no es mas que una guía de luz en la cual su atenuación es pequeña en relación al cobre ya que impide la pérdida de información por refracción o dispersión de luz consiguiéndose gran rendimiento; sin embargo, las señales se ven atenuadas por la resistencia del material a la propagación de las ondas electromagnéticas de forma mayor. Además, simultáneamente se pueden emitir por el cable varias señales diferentes con distintas frecuencias para distinguirlas (multiplexación).

En la tabla 1.2, se analiza en forma general tres tipos de fibra óptica existentes:

Fibra Monomodo	Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual	Fibra Multimodo de índice escalonado
Su modo de propagación es único y ofrece mayor capacidad de transporte de información pues posee una banda de paso del orden de los 100 GHz/Km. consiguiéndose elevados flujos, pero es la más compleja de implantar ya que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo".	Este tipo tiene una banda de paso que llega hasta los 500 MHz/Km., su principio es que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra; estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.	Fabricada a base de vidrio o plástico, su atenuación es de 30 dB/Km., o de 100 dB/Km.; su banda de paso llega hasta los 40 MHz/Km. y su núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea; el paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

Tabla 1.2 Tipos de Fibra Óptica

En la tabla 1.3, se presenta la mayoría de ventajas y desventajas que nos ayudarán a escoger el tipo de fibra óptica para realizar nuestro diseño son las siguientes:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Se puede tener Video y sonido en tiempo real. - La transmisión por fibra es segura porque esta no pierden luz. - Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros. - Es inmune al ruido y las interferencias. - Existe abundante materia prima en la naturaleza para fabricarla. - Compatibilidad con la tecnología digital. - El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos. - Capaz de llevar un gran número de señales. - Sus dimensiones son pequeñas comparadas con los otros medios. - Altas velocidades de transmisión. 	<ul style="list-style-type: none"> - El costo es alto en la conexión de fibra óptica. - Las empresas no cobran por tiempo de utilización sino por cantidad de información transferida al computador, que se mide en megabytes. - Disponibilidad limitada de conectores. - Tiene un alto costo de instalación. - Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica. - Fragilidad de las fibras. - Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.

Tabla 1.3 Ventajas y Desventajas de Fibra Óptica

➤ **Comunicación por Satélite** ^[4]

Un satélite es un objeto que gira en una órbita cerrada alrededor de un planeta. Existen dos tipos de satélites:

- Los satélites naturales, que son aquellos que generalmente el movimiento es alrededor y en la misma dirección que giran sus planetas, de oeste a este.
- Los satélites artificiales son creados por el hombre y puestos en órbita alrededor de la Tierra, con diferente objetivo, sean estos: científicos, tecnológicos y militares; sirven para observar y controlar nuestro planeta y mirar al cosmos sin la interposición de la atmósfera.

Los componentes necesarios para obtener un Enlace Satelital son los siguientes:

- Estación Terrena transmisora.

- Transpondedor satelital [Satélite].
- Estación terrena receptora.
- Espacio (atmósfera).

La mayoría de las aplicaciones de comunicaciones por satélite involucran un número grande de estaciones terrenas comunicándose una con la otra a través de un canal satelital (de voz, datos o video). Existen muchas implementaciones específicas de sistemas de múltiple acceso, pero existen solo tres tipos de sistemas fundamentales: Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y Acceso múltiple por división de código (CDMA).

Una desventaja de los enlaces satelitales es el que son afectados por factores atmosféricos ya que es aquí donde se generan las mayores pérdidas, ocasionadas por el largo trayecto de la señal propagada desde un satélite en el caso más extremo 36000 Km. de distancia. Los principales factores que ocasionan la degradación de la señal se encuentran la lluvia, la nieve, la absorción atmosférica, las pérdidas por el espacio libre, entre otras. Para medir o cuantificar un buen enlace satelital se debe tomar muy en cuenta la relación Portadora a ruido (C/N, Carrier to Noise) que se genera al hacer unos cálculos con los parámetros del enlace.

Otra desventaja en la utilización de un enlace satelital es el costo que este representa para la transmisión de datos, sean voz, video, etc.

Por las ventajas y desventajas anotadas anteriormente entre la fibra óptica y el satélite, se tiene que:

- La calidad de la señal por cable (mejores tiempos de respuesta), es más alta que por satélite.
- Es más económica la Fibra Óptica para distancias cortas y altos volúmenes de tráfico.
- El satélite se adapta a la tecnología digital.

➤ Acceso a clientes

Desde el backbone hacia el acceso a clientes (última milla), se analizarán las posibilidades existentes y se escogerá adecuadamente de acuerdo a la tecnología que se implementará en el diseño de la red.

➤ Última milla (local loop)

Última Milla es conocida como el espacio o tramo de conexión entre un usuario sea este establecimiento, local, etc., con el backbone del proveedor de un determinado servicio. Los medios de transmisión para la última milla son los siguientes:

- Línea Telefónica Conmutada.
- Línea RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).
- Fibra Óptica.
- Radio Enlace.

Con el propósito de proveer banda ancha utilizando nuevas tecnologías, garantizar una red segura, así como una mayor velocidad de transmisión de datos es necesario utilizar Fibra Óptica y Radio Enlace; sin embargo, en el diseño para brindar servicio de banda ancha utilizando la tecnología LRE se utilizará el cable de cobre que se utiliza para dar el servicio de telefonía fija, el mismo que proveerá de iguales características que ofrece la fibra óptica y el radio enlace, además se tendrá un bajo costo.

➤ Cobre

Es el mejor conductor de las señales eléctricas ya que soporta los problemas de corrosión causados por la exposición directa a la intemperie, actualmente los cables vienen protegidos con material aislante.

El cable par trenzado fue adoptado para evitar que las condiciones climáticas varíen grandemente la resistencia al flujo de corriente eléctrica de los alambres abiertos.

El diámetro del cable de cobre se lo mide en AWG (American Wire Gauge), de donde se tiene que a mayor diámetro del conductor mayor será la resistencia del mismo. Estos conductores pueden ser de tipo Sólidos e Hilados, los primeros están compuestos por un conductor único de un mismo material, mientras que los segundos están compuestos de varios conductores trenzados. A continuación se tiene en la tabla 1.4, un cuadro resumen de las aplicaciones de los cables de acuerdo al grosor del cable de cobre:

Grosor	Aplicación
10-14 AWG	Cables eléctricos para uso residencial
17, 22, 24 y 26 AWG	Conductores utilizados en cables telefónicos
24 y 26 AWG	Conductores utilizados en cables para aplicaciones de REDES

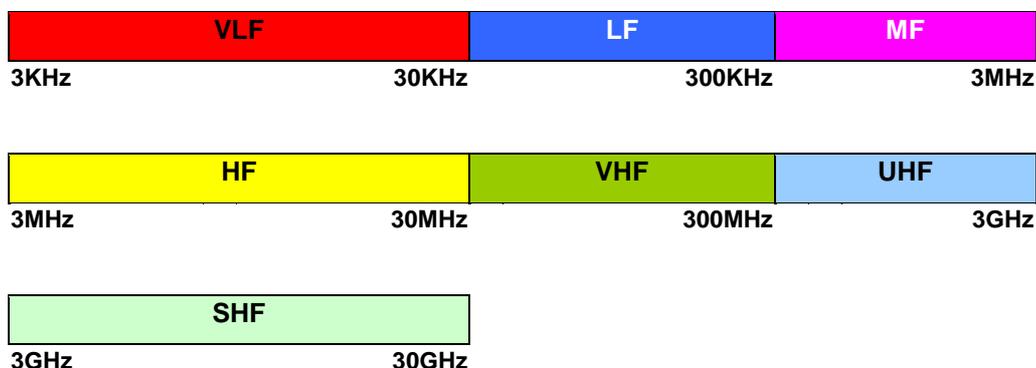
Tabla 1.4 Aplicaciones de acuerdo al tipo de cable

➤ Enlaces Radioeléctricos

Los Enlaces Radioeléctricos es un opción de conexión de última milla, donde se utiliza un enlace de radio entre de dos antenas ubicadas punto a punto en donde se unirá la red interna de una determinada empresa (usuario) con la empresa proveedora del servicio. Esta solución de última milla utilizando un Enlace Radioeléctrico, garantizará una red segura (con menos probabilidad de robo y alteraciones de información), así como una mayor y veloz transmisión de datos.

Los enlaces radioeléctricos son aquellos que ocupan el espectro como medio de transmisión y dependiendo de los servicios específicos sean móviles (aeronáutico, marítimo y terrestre), radiodifusión, radio amateur, comunicaciones

espaciales y radio astronomía, organismos internacionales han asignado las siguientes bandas de frecuencias:



➤ Fibra Óptica

En el ítem 1.2.3.1.2, se realizó un estudio de fibra óptica de donde se considera que éste es un medio de transmisión que puede ser utilizado como acceso de última milla ya que nos permitiría transmitir a grandes velocidades y con un gran ancho de banda, su limitante principal para que no sea tomado como acceso de última milla diseño es el costo de instalación.

➤ UTP ^[5]

UTP (Unshielded Twisted Pair Cabling), es un cable de cobre que no tiene revestimiento entre la cubierta exterior y los cables, es utilizado comúnmente para aplicaciones de redes Ethernet. El término UTP por lo general se refiere a los cables categoría 3, 4 y 5 especificados por el estándar TIA/EIA 568-A standard. Las categorías 5e, 6, y 7 también han sido propuestos para soportar velocidades más altas; el cable UTP comúnmente incluye 4 pares de conductores.

10BaseT, 10Base-T, 100Base-TX, y 100Base-T2 sólo utilizan 2 pares de conductores, mientras que 100Base-T4 y 1000Base-T requieren de todos los 4 pares.

En la tabla 1.5, se muestran las aplicaciones según la categoría de cable UTP:

Tipo	Uso
Categoría 1	Voz solamente (cable telefónico)
Categoría 2	Datos hasta 4 Mbps (LocalTalk [Apple])
Categoría 3	Datos hasta 10 Mbps (Ethernet)
Categoría 4	Datos hasta 20 Mbps (16 Mbps Token Ring)
Categoría 5	Datos hasta 100 Mbps (Fast Ethernet)

Tabla 1.5 Categoría y Aplicaciones de cable UTP

En la tabla 1.6, se puede apreciar la distribución de la tecnología Ethernet; donde consta su tipo de cable, especificación y su longitud máxima que puede alcanzar:

Tipo de Cable	Especificación	Longitud Máxima
UTP	10BaseT	100 metros
UTP	100BaseT	100 metros
UTP	100BaseTX	220 metros
Thin Coaxial	10Base2	185 metros
Thick Coaxial	10Base5	500 metros
Fibra Óptica	10BaseF	2000 metros

Tabla 1.6 Tecnología Ethernet

Una vez analizado cada uno de los medios de transmisión factibles para proveer el servicio de banda ancha utilizando tecnología LRE, en el diseño tanto para el backbone de alta velocidad como para los accesos de última milla, los materiales a utilizarse serán fibra óptica para el backbone y cable de cobre hasta los usuarios finales.

Se debe mencionar además, que en el diseño de la red MAN podrían existir usuarios a los cuales no se puede llegar por línea física, por lo que para acceder hacia aquellos lugares donde no es posible llegar con cable de cobre se consideraría utilizar enlaces radioeléctricos.

1.2.3.2 Enlace

A continuación se realizará un breve resumen de la conectividad que se podría utilizar en el diseño de la red. Las características principales de los protocolos ARP, RARP y el Protocolo Spanning Tree terminando con un estudio general de las VLAN's.

1.2.3.2.1 Conectividad

Lo que puede hacer una red está generalmente determinado por los protocolos que dicha red soporta, más que por la tecnología concreta de red usada, como Ethernet, Token Ring, etc.

Para conectar las distintas redes, y poder formar una única red de forma coherente, y también conectar las redes al mundo exterior, o sea Internet, se debe determinar la manera en que se asignan las direcciones y la forma de enrutamiento.

1.2.3.2.2 Protocolo ARP

Para poder inicializar una comunicación entre una computadora y otra primero se tiene que descubrir cual es la dirección física del nodo del destino.

El Protocolo de resolución de direcciones (ARP - Address Resolution Protocol) ^[6] ofrece un método de difusión para realizar la traducción automática entre la dirección IP y la dirección física.

Cuando el host quiere empezar a comunicarse con una computadora local, busca la dirección IP en su tabla de ARP, que normalmente se mantiene en memoria. Si no existe una entrada para esa dirección IP, el host difunde una solicitud de ARP que contiene la dirección IP de destino.

1.2.3.2.3 Protocolo RARP

Para ayudar a un nodo a descubrir su propia dirección de IP existe una variante del ARP llamado ARP inverso (RARP - reverse ARP). Es utilizado en las estaciones de trabajo y otros dispositivos que necesiten obtener la configuración de red de un servidor de red.

La estación que usa el protocolo ARP inverso difunde una petición en la que indica su dirección física y solicita su dirección de IP. Un servidor de la red, configurado con una tabla de direcciones físicas y las correspondientes direcciones de IP responde a la petición enviando la IP solicitada.

1.2.3.2.4 Protocolo Spanning Tree

Proporciona una topología de red sin bucles redundante, colocando ciertos puertos en estado de bloqueo.

Tan pronto como cada dispositivo ha aprendido la configuración de la red, un bucle presenta la información de conflictos en el segmento en que una dirección específica se localiza y obliga al dispositivo a remitir todo el tráfico ^[7].

El algoritmo Spanning Tree Protocol es una norma del software (especificaciones IEEE 802.1d) y sirve para describir cómo los bridges y switches pueden comunicarse para evitar bucles en la red. Intercambiando paquetes denominados BPDU, los bridges y switches establecen un único camino para alcanzar cada segmento de la red; en algunos casos, un puerto de un switch o bridge puede ser desconectado si existe otro camino al mismo segmento. El proceso de transmitir los paquetes BPDU es continuo, por lo que si un bridge o switch falla repentinamente, el resto de los dispositivos reconfiguran sus rutas para permitir que cada segmento sea alcanzado.

En algunos casos, los administradores de la red diseñan bucles en redes con bridges, de forma que si un bridge o switch falla, el algoritmo Spanning Tree

calculará la ruta alternativa en la configuración de la red; para que esto funcione correctamente, todos los switches y bridges de la red deben de soportar este protocolo.

Los actuales equipos Cisco soportan los protocolos IEEE 802.1d Spanning Tree, el 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), y IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP) estos dos últimos proporcionan una mas rápida convergencia que el Spanning Tree (menos de 2 segundos, comparado con 15 a 30 segundos con el protocolo 802.1d.) en caso de falla del enlace en enlaces redundantes.

1.2.3.2.5 VLAN ^[8]

Las VLAN (Virtual LAN o red virtual), nos proporcionan los medios adecuados para solucionar el problema que se presenta cuando grupos de trabajo comparten el ancho de banda disponible y se dificulta la gestión al producirse algún cambio en estos grupos.

Las VLAN además, hacen factible superar la limitación geográfica al permitir tener grupos de trabajo que no se encuentren juntos físicamente, por ejemplo un grupo que se encuentre ubicado en otro sitio de una red WAN, puesto que el agrupamiento se realiza de una forma lógica en lugar de física.

Sin embargo, las redes virtuales siguen compartiendo las características de los grupos de trabajo físicos, en el sentido de que todos los usuarios tienen conectividad entre ellos y comparten sus dominios de broadcast. De esta manera se mejora la escalabilidad, especialmente en ambientes en los cuales se utilizan intensivamente protocolos de broadcast o de multicast.

Se puede tener VLAN entre usuarios que compartan criterios comunes tales como el trabajo en la misma área, que tengan un protocolo común, o que tengan una misma dirección de subred.

Los usuarios de las redes virtuales pueden ser distribuidos a través de una red LAN, incluso situándose en diferentes hubs de la misma, de esta manera se incrementa el ancho de banda en dicho grupo de usuarios.

Otra ventaja de las VLAN, es que se puede tener bridges y routers entre ellos con segmentos de diferentes topologías y protocolos. Además, se puede mantener las seguridades de las redes al permitir o no el tráfico desde o hacia la VLAN.

Las VLAN permiten utilizar el mismo número de red en varios segmentos, lo que supone una manera práctica para incrementar el ancho de banda de nuevos segmentos de la red sin preocuparse de colisiones de direcciones.

Mediante las VLAN, podemos crear un nuevo grupo de trabajo, con tan solo una reconfiguración del software del switch; ello evita el recableado de la red o el cambio en direcciones de subredes, permitiéndonos así asignar el ancho de banda requerido por el nuevo grupo de trabajo sin afectar a las aplicaciones de red existentes.

En las VLAN con funciones de routing, la comunicación con el resto de la red se puede realizar de dos modos diferentes: permitiendo que algunos segmentos sean miembros de varios grupos de trabajo, o mediante las funciones de routing multiprotocolo integradas, que facilitan el tráfico incluso entre varias VLAN.

1.2.3.2.6 Estandarización de VLAN con el protocolo IEEE 802.10^[9]

Los beneficios de la adopción a gran escala de las soluciones distribuidas de VLAN se encuentran disminuidos por la falta de un estándar con soporte multivendedor.

En ausencia de un protocolo interoperable de VLAN, las empresas fabricantes han implementado soluciones propietarias.

La empresa Cisco en vista de la importancia de la interoperabilidad de estas redes grandes, ha desarrollado varios protocolos abiertos para comunicaciones de VLAN, incluida la estandarización 802.10.

El protocolo 802.10 incorpora un mecanismo mediante el cual el tráfico en las LAN utiliza un identificador de VLAN, permitiendo la conmutación selectiva de paquetes con este identificador. Este protocolo es el estándar de seguridades LAN/MAN (SILS) 802.10, ratificado en 1992; en un principio fue concebido para satisfacer la creciente necesidad de seguridad en ambientes de MANs o LANs compartidas, puesto que incorpora técnicas de encriptación y autenticación para garantizar la integridad y confidencialidad en la red. Este estándar además trabaja en la capa 2 del modelo OSI, lo que lo hace adecuado para ambientes de conmutación de alto desempeño y baja latencia.

El estándar 802.10 define una sola unidad de datos de protocolo (Protocol Data Unit o PDU), conocida como Secure data Exchange (SDE) PDU, está compuesta por una trama de capa MAC con una cabecera 802.10 insertada entre la cabecera MAC y los datos de la trama. La integridad de la información se asegura mediante un valor denominado "Integrity Check value"(ICV), que utiliza un algoritmo de seguridad que no permite la modificación de los datos.

Cuando el protocolo IEEE 802.10 se utiliza en una topología de VLAN, el valor VLAN ID es una parte importante de la información de la cabecera, este permite identificar el tráfico como perteneciente a una VLAN en particular. Los dispositivos de interconexión con estas capacidades de implementación de VLAN, pueden tomar decisiones basados en que puertos están configuradas las VLAN; por lo tanto, la meta es establecer topologías lógicas de VLAN a través de una red física, en lugar de encriptar los datos y reducir de esa manera el desempeño al aplicar algoritmos de encriptación.

Cuando una cantidad arbitraria de subredes LAN se configuran como VLAN, los paquetes nativos originados en las estaciones, adquieren una cabecera 802.10 que contiene el valor apropiado de VLAN ID que se utilizara al ingresar al

backbone. La propagación de dichos paquetes es controlada solo por otras redes LAN con la misma topología virtual; esto es realizado por los otros dispositivos de interconexión en el backbone, que acepten el valor de VLAN ID.

Las tramas 802.10 que se reciban y que no tengan el ID que esté configurado en el puerto del dispositivo, son filtradas, puesto que los paquetes de VLAN 802.10 son tramas MAC válidas, son tratadas en forma transparente por los dispositivos que no son compatibles con el estándar 802.10.

Cisco actualmente emplea el estándar 802.10 en productos de conmutación y de ruteo, de manera que se puedan juntar usuarios dispersos geográficamente en una red WAN, sin importar si la red utiliza Asynchronous Transfer Mode (ATM), Fiber Distributed Data Interface (FDDI), Ethernet/Fast Ethernet, o Token Ring.

1.2.3.3 Red y Transporte

En el desarrollo de este ítem, veremos en forma general las características de la pila de protocolos TCP/IP, así como los protocolos de ruteo existentes junto con sus características.

1.2.3.3.1 TCP/IP ^[10]

Como es de conocimiento general, el protocolo IP es parte integral de la pila de protocolos TCP/IP. Las tareas principales de este protocolo son el direccionamiento de los datagramas de información y la administración del proceso de fragmentación de dichos datagramas.

El datagrama es la unidad de transferencia que el protocolo IP utiliza, algunas veces identificada en forma más específica como datagrama Internet o datagrama IP.

Las características principales de este protocolo son:

- No orientado a conexión.
- Transmisión en unidades denominadas datagramas.
- Sin corrección de errores, ni control de congestión.
- No garantiza la entrega en secuencia.

1.2.3.3.2 *Protocolos de Ruteo*

Para tomar las decisiones que se necesitan para configurar una red IP se debe de tener en cuenta el enrutamiento. Un datagrama IP puede pasar a través de numerosas redes al desplazarse entre el origen y el destino.

Todos las computadoras que usan la pila de protocolos TCP/IP necesitan que se les suministre la información y algoritmos apropiados para que puedan saber cuándo un datagrama debe ser enviado a través de un gateway, y elegir el gateway apropiado. En cuanto a los tipos de ruteo, se tiene el ruteo dinámico y el estático.

➤ Ruteo Estático

La forma más fácil de configurar el enrutamiento es usar comandos que lo fijan, los archivos de inicialización contienen comandos que configuran el enrutamiento; si es necesario algún cambio, deberá hacerse normalmente usando comandos que añaden y borran entradas de la tabla de enrutamiento. Este método es práctico para redes relativamente pequeñas, especialmente cuando los cambios no son muy frecuentes. Su principal desventaja es que tiene un alto costo de mantenimiento.

➤ Ruteo Dinámico

Dentro de lo que es el ruteo dinámico, para la aplicación del diseño se analizará en forma general los siguientes tipos de ruteos dinámicos:

- RIP (Routing Information Protocol).
 - OSPF (Open Shortest Path First).
 - Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP).
-
- RIP (Routing Information Protocol)

RIP es un protocolo diseñado para manejar rutas en redes pequeñas o medianas, donde la velocidad de las líneas no difieren demasiado, sus principales limitaciones son:

- No puede usarse con redes donde los caminos pasan por más de 15 gateways, reduciéndose incluso este número en el caso de que utilicemos una opción de dar un paso mayor de uno a una línea lenta.
 - No puede compartir el tráfico entre líneas paralelas (algunas implementaciones permiten hacer esto si dichas líneas se encuentran entre el mismo par de gateways).
 - No puede adaptarse a la sobrecarga de redes.
 - No es adecuada para situaciones en las que hay rutas alternativas a través de líneas con muy distinta velocidad.
 - No es estable en redes donde las líneas o los gateways cambian con frecuencia.
-
- OSPF (Open Shortest Path First) ^[11]

OSPF (Open Shortest Path First, abrir primero la trayectoria más corta), se convirtió en estándar en 1990. El OSPF funciona haciendo una abstracción del conjunto de redes, routers y líneas en un grafo dirigido en el que a cada arco se le asigna un costo (distancia, retardo, etc.); entonces se calcula la trayectoria más corta con base en los pesos de los arcos.

La manera en que el OSPF maneja el enrutamiento de tipo de servicio es teniendo varios grafos, uno etiquetado con los costos cuando la métrica es el retardo, otro etiquetado con los costos cuando la métrica es el rendimiento, y uno más etiquetado con los costos cuando la métrica es la confiabilidad, aunque esto triplica el cálculo, permite rutas separadas para optimizar el retardo, el rendimiento y la confiabilidad.

- Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)

Es un protocolo híbrido, que utiliza la métrica para determinar los caminos de la red; este es un protocolo interior, es utilizado dentro de un sistema autónomo.

EIGRP es un protocolo propietario desarrollado por Cisco, y presenta varias ventajas, tales como:

- Tiempo de convergencia más rápido, pues mantiene una lista de rutas alternativas que pueden ser usadas si fallan los caminos preferidos. Al fallar los caminos, la nueva ruta es inmediatamente instalada en la tabla de ruteo IP, y no se realiza un nuevo cálculo de la ruta.
- Este protocolo además permite actualizaciones parciales de ruteo y utiliza poco ancho de banda.
- EIGRP además permite el uso de múltiples protocolos tales como AppleTalk, IPX e IP. Además balancea eficientemente la carga de tráfico sobre múltiples caminos.

Este protocolo puede aprender dinámicamente sobre otros ruteadores en redes cercanas.

Al igual que OSPF, utiliza un timer para eliminar de su lista los ruteadores vecinos inactivos, este timer indica la cantidad de tiempo que el dispositivo continuará considerando activo sin recibir un paquete de señalización del ruteador vecino.

En la tabla 1.8, se realiza la comparación de las características de los distintos tipos de protocolos de enrutamiento:

Característica	RIP versión 1	RIP versión 2	OSPF	IGRP	EIGRP
Algoritmo de ruteo	Vector distancia	Vector distancia	Estado del enlace	Vector distancia	Híbrido
Tiempo de convergencia	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
Consumo de CPU	Bajo	Bajo	Alto	Mediano	Alto
Consumo de ancho de banda	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Soporte de Subneting	NO	SI	SI	SI	SI

Tabla 1.7 Comparación de los tipos de protocolos de enrutamiento

1.2.3.4 Aplicaciones de la Tecnología LRE

La utilización de la tecnología LRE, nos permitirá proveer servicios de banda ancha, actualmente pueden ser implementadas utilizando otras tecnologías tales como Frame Relay, ATM, XDSL. A continuación presentamos en resumen cada una de las aplicaciones que indicaremos en el diseño de la red MAN.

1.2.3.4.1 Internet ^[m]

En razón de que el Internet está formada por muchas redes locales de ordenadores, sean de la misma o diferente empresa y debido a que es la mas grande de las redes en el mundo, es definida por varios autores como "La Red de Redes" en esta red circula constantemente grandes cantidades de información. Mediante el Internet se puede conectar con todo tipo de ordenadores, desde los personales, hasta los más grandes que ocupan habitaciones enteras, incluso actualmente podemos ver conectados a la red cámaras de vídeo, robots, etc.

La red de redes (Internet) funciona con la estrategia "Cliente/Servidor", es decir, que en la red existen servidores que dan información adecuada en el momento que sea solicitada desde otro lado donde están los ordenadores (Clientes) que piden dicha información. La comunicación entre cliente y servidor es por los protocolos y se ha establecido que en Internet toda la información ha de ser transmitida mediante la utilización de los Protocolos TCP/IP.

1.2.3.4.2 Transmisión de Datos

La Transmisión de Datos fue creada por la necesidad de disponer de datos desde un punto central hacia uno remoto, por lo que según la distancia y la geografía, puede ser necesario o no el uso de redes de comunicaciones.

La Transmisión de Datos, es el movimiento de información codificada, de un punto a uno o más puntos, mediante señales eléctricas, ópticas, electro ópticas o electromagnéticas. Se tiene dos formas de transmisión de datos, local o en planta y remota o fuera de la planta, para ambos casos se puede realizar la transmisión de datos por una misma red creada para una determinada empresa o con la utilización de los servicios de Internet, es decir, se enviará mediante la utilización de correo electrónico, FTP, IRC (chat), etc.

La transmisión de datos será uno de las aplicaciones que se implementarán en el diseño de nuestra red MAN y que será de alta eficiencia, pues se podrá enviar datos sobre esta red a gran velocidad.

1.2.3.4.3 Voz sobre IP ^[n]

En la actualidad, el avance y desarrollo apresurado de los sistemas de comunicación electrónica nos permite pensar en un posible sustituto de la telefonía tradicional, el mismo que utilizando el protocolo de Internet, se ha denominado como Voz sobre IP (VoIP). Este nuevo servicio conocido como Voz sobre IP (VoIP, Voice over IP) es una tecnología, con la cual se puede realizar la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos; una

aplicación inmediata de esta tecnología es la Telefonía IP, la cual nos permite realizar llamadas telefónicas ordinarias sobre cualquier red de paquetes utilizando un PC, gateways y teléfonos estándares, con esta tecnología podemos obtener servicios de comunicación de voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz, transportadas vía Internet, en lugar de la vía la red telefónica convencional.

El funcionamiento de Telefonía IP es convirtiendo la señal de voz analógica a formato digital y luego comprimiendo la señal a protocolo de Internet (IP) para su transmisión a través de Internet, en recepción se realiza el proceso inverso para poder recuperar de nuevo la señal de voz analógica. Existe tres tipos de llamadas: de PC a PC, PC a Teléfono y Teléfono a Teléfono.

La diferencia con una llamada telefónica normal, es que la central telefónica establece una conexión permanente entre ambos interlocutores para llevar las señales de voz, mientras que en una llamada telefónica por IP, los paquetes de datos, que contienen la señal de voz digitalizada y comprimida, se envían a través de Internet a la dirección IP del destinatario y cada paquete puede utilizar un camino para llegar; cuando llegan a su destino son ordenados y convertidos de nuevo en señal de voz.

La Telefonía IP, es mas económica que una normal ya que esta requiere una gran red de centrales telefónicas conectadas entre si mediante fibra óptica y satélites de telecomunicación, además de los cables que unen los teléfonos con las centrales; a fin de mantener esta gran infraestructura debemos pagar cuando realizamos llamadas, especialmente llamadas de larga distancia, además, al establecerse una llamada tenemos un circuito dedicado, con un exceso de capacidad que realmente no estamos utilizando. Mientras que en una llamada telefónica IP comprimimos la señal de voz y utilizamos una red de paquetes sólo cuando es necesario, los paquetes de datos de diferentes llamadas e incluso de diferentes tipos de datos pueden viajar por la misma línea al mismo tiempo; además el acceso a Internet cada vez es más barato.

1.2.3.4.4 *Videoconferencia* ^[o]

Mediante la Videoconferencia podemos comunicarnos con otras personas que se encuentran en lugares distantes en tiempo real permitiéndonos interactuar de una forma visual, auditiva y verbal con personas de cualquier parte del mundo. Básicamente, la videoconferencia interactiva es un simple intercambio de voces e imágenes procedentes, donde el video es capturado en una cámara y presentada en el computador, el audio se captura en un micrófono y se reproduce en una bocina, así los participantes pueden escucharse entre sí y compartir las imágenes de video con movimientos, unos de otros.

Generalmente los sistemas de videoconferencia se subdividen en tres elementos básicos: la red de comunicaciones, la sala de videoconferencia, y el codec. La sala de videoconferencia se subdivide en cuatro componentes esenciales: el ambiente físico, el sistema de video, el sistema de audio y el sistema de control.

Con la videoconferencia podemos tener aplicaciones en: educación continua, Diplomado, Capacitación Técnica, Telemedicina, Negocios, Cursos especializados, Reuniones Ejecutivas, Seminarios, Asesorías, Conferencias etc.

Otra ventaja es que por medio de la videoconferencia podemos reducir los gastos en viaje con personal capacitado para tratar un determinado asunto optimizando además tiempo y desgaste humano por cambios de horario al realizar viajes.

1.2.3.4.5 *Otros Servicios*

Los servicios presentados anteriormente, son los más utilizados con banda ancha, sin embargo, a continuación presentamos otros servicios que de acuerdo a la necesidad del cliente se podría implementar en nuestra red:

- World Wide Web (WWW), se la compara como una revista por la cual hay una distribución de información; en la Red se almacenan las páginas web, las mismas que son páginas de texto con gráficos, que pueden ser

accedidas al ingresar al Internet, apareciendo éstas en la pantalla del computador. La evolución del desarrollo del Internet y la invención de la WWW, fue significativa con este sistema de visualización de la información, puesto que gran cantidad de usuarios comenzaron a conectarse a la Red ya sea como entretenimiento o en la búsqueda de nueva información, desde cualquier lugar que tenga acceso al Internet.

- Con la utilización de FTP (File Transfer Protocol), se puede enviar ficheros de datos por Internet, evitándonos guardar la información en disquetes para usarla en otro computador, este servicio es muy utilizado por muchas personas particulares para dar a conocer sus creaciones informáticas a nivel mundial, ahorrando el gasto de dinero en disquetes y dispositivos de almacenamiento para el envío de archivos a personas de todo el mundo.
- El servicio de Internet Relay Chat (IRC), se utiliza para poder establecer en tiempo real una conversación de texto escrito o el envío de imágenes u otro tipo de ficheros al mismo tiempo de la charla con una o varias personas desde nuestro computador, en el cual aparece en las pantallas los participantes de la charla.
- Otro servicio es el de Correo Electrónico, con el cual se puede enviar documentos o cartas escritas desde nuestro computador hacia cualquier persona del Mundo que disponga de conexión a Internet, estos documentos se acumulan en Internet hasta el momento en que son solicitadas y es cuando son enviadas al computador del destinatario para que pueda leerlas; a diferencia del correo normal este servicio es casi instantáneo y muy barato.
- Un servicio basado en el Correo Electrónico y que sirve para entablar debate sobre temas técnicos son los Grupos de Noticias ya que los mensajes enviados a estos Grupos de Noticias se hacen públicos y cualquier persona puede enviarnos una contestación; por lo general este servicio es utilizado para resolver dudas difíciles, cuya respuesta sólo la conocen pocas personas en el mundo.

1.3 COMPARACION DE LAS TECNOLOGÍAS EXISTENTES CON LA TECNOLOGÍA LRE DE CISCO

De los items analizados anteriormente, relacionado con las tecnologías para proveer el servicio de banda ancha con la tecnología LRE de Cisco, tenemos a continuación en la tabla 1.8 un cuadro resumen de sus características principales:

XDSL	ATM	FRAME RELAY	LRE
Proveen servicio de banda ancha utilizando las líneas telefónicas y modems, el envío y transmisión de datos es a través de un módem XDSL, los datos pasan por un "splitter", donde se utiliza simultáneamente el servicio telefónico básico y del servicio XDSL	ATM tiene importantes propuestas para ofrecer las aplicaciones de banda ancha, que son demandadas en la actualidad. Esta tecnología es utilizada para transmitir aplicaciones de texto audio y video.	Tecnología de conmutación rápida de tramas, para utilizarse como un protocolo de acceso a redes públicas o privadas o como un protocolo de transporte, para proporcionar servicios de comunicaciones.	Long Reach Ethernet, se la conoce como Ethernet de largo alcance, es una tecnología de Cisco, con la cual se puede obtener una red de alta velocidad con un gran ancho de banda.
Soporta varios canales sobre un único par de cables de cobre.	Provee mejor calidad de servicio (QoS), ancho de banda, velocidad de transmisión, menor demora en las transferencias, etc. Pero se necesita potenciar y ampliar las actuales arquitecturas, servicios y protocolos de comunicaciones.	Ofrece la integración en solo una línea todos los tipos de tráfico de datos y voz y su transporte por una única red, brindando mayor flexibilidad, eficiencia, buena relación costo- prestaciones, alta velocidad, bajo retardo, etc.	LRE encapsula los paquetes Ethernet para una transmisión a alta frecuencia y muy robusta por medio de cable de cobre, ampliando su alcance de 100 m. tradicionales para enlaces Ethernet de hasta 1500 m. Y a una velocidad de hasta 15 Mbps, dependiendo de la distancia.

Continúa en la siguiente página

XDSL	ATM	FRAME RELAY	LRE
Utiliza conexiones punto a punto, por la línea telefónica convencional.	Requiere un buen comportamiento de las transferencias unicast y multicast; y define conexiones punto a multipunto, y conexiones multipunto a multipunto.	Aprovecha las modernas infraestructuras de mayor calidad y con bajos índices de error, permitiendo mayores flujos de información; brindando conexiones entre usuarios a través de una red pública, al igual que lo haría una red privada con circuitos punto a punto.	LRE emplea modulación en cuadratura (QAM), la misma que utiliza dos señales en amplitud y fase; donde el administrador escogería perfiles que utilizan varias modulaciones y planes de frecuencias, según las especificaciones y tarifas.
El costo de instalación y operación de estas tecnologías es relativamente bajo, pues se pagaría por el consumo de la línea telefónica y el valor del acceso a Internet.	Su característica principal es que solamente se paga por la carga de celdas que es efectivamente transportada y conmutada evitando que los accesos conmutados a Internet formen los "Cuellos de Botella".	Frame Relay esta orientado a conexión, y como las WAN's; puede empaquetar tramas de datos de cualquier protocolo de longitud variable.	LRE facilita el transporte simétrico y bidireccional de datos sobre un par de alambre de cobre para llegar hasta el usuario, por lo que el costo de este servicio de banda ancha es bajo.
Dependiendo del tipo de tecnología XDSL, se tiene tanto la distancia como sus velocidades que puede alcanzar.	Asegura que el tráfico de grandes volúmenes es flexiblemente conmutado al destino correcto, proveyendo el servicio de videoconferencias, redes financieras interconectadas con los entes de intermediación y validación, etc.	Frame Relay sólo ha sido definido para velocidades de hasta 1,544/2,048 Mbps. (T1/E1), no soporta aplicaciones sensibles al tiempo, al menos de forma estándar; es una red más rápida, pero no una red integrada.	LRE emplea Duplexión por División de Frecuencia y separa los canales de subida y bajada, con los servicios de señales de POTS, ISDN o PBX en dominio de frecuencia, proveyendo los servicios sin interrupción.

Tabla 1.8 Tecnologías para proveer el servicio de Banda Ancha

Una vez analizada en forma general cada una de las tecnologías que se utilizan en la actualidad para proveer el servicio de banda ancha, a diferencia de la tecnología LRE de Cisco, ninguna de estas tecnologías (XDSL, ATM, Frame Relay) cumplen debidamente con todas las necesidades que requieren los proveedores de servicios de telecomunicaciones; puesto que estas tecnologías padecen de varias limitaciones, que las impiden ser utilizadas en aplicaciones a las que si puede ofrecer la tecnología LRE y lo más importante, es que ninguna de estas tecnologías ofrece los tres componentes esenciales como son: escalabilidad, velocidad y bajos costos, necesarios para habilitar los servicios de banda ancha de nueva generación que ofrece la red de redes.

Por lo tanto utilizando la tecnología LRE de Cisco y aprovechando de las ventajas que esta proporciona, nos hace suponer que esta nueva tecnología podría reemplazar sin ningún inconveniente los servicios que brindan actualmente las tecnologías XDSL, ATM y Frame Relay.

CAPITULO II

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

En este capítulo se tratará el tema de las factibilidades para la elaboración de este proyecto, es decir, se analiza la factibilidad comercial, técnica, financiera y legal.

En lo relacionado a la factibilidad comercial, se reseñará una visión del mercado actual para el servicio de banda ancha, y sus perspectivas para el futuro.

En el análisis de la factibilidad técnica, se revisarán las tecnologías y equipos disponibles en el mercado actual del Ecuador, con énfasis en la tecnología Cisco, pues esta empresa es la que fabrica los equipos con tecnología LRE.

Para el análisis de la factibilidad financiera, se ha tomado en cuenta el estudio de mercado, para lograr establecer las perspectivas de ingresos y egresos para cuatro años. Se realizará el cálculo del punto de equilibrio, el rendimiento sobre los activos, y el valor actual neto.

Finalmente, en el análisis de la factibilidad legal, se revisarán los permisos legales, y los convenios necesarios para la implementación de este proyecto.

2.1 FACTIBILIDAD COMERCIAL

A fin de que este proyecto sea analizado y llegue a brindar el servicio para el cual se diseñará, es muy importante realizar un estudio de la factibilidad comercial a la cual debe estar sujeto.

Para su estudio y análisis fue necesario realizar un estudio de mercado con el cual se determinaría los clientes potenciales que serían los usuarios de la red MAN. En tal virtud, a continuación se presenta un análisis del estudio de mercado realizado y de los clientes potenciales que accederán a nuestro servicio.

2.1.1 ESTUDIO DE MERCADO

La factibilidad de mercado es uno de los elementos más determinantes y críticos en la elaboración de un proyecto; puesto que es en este estudio donde se define la cantidad de la demanda de potenciales usuarios, los ingresos de operación y los costos e inversiones del proyecto.

Existen varias metodologías para la elaboración de un estudio de mercado, una de ellas considera los siguientes aspectos:

- El mercado actual y su proyección.
- La competencia y ofertas del mercado.
- Comercialización de servicios.

2.1.2 EL MERCADO ACTUAL Y SU PROYECCIÓN

En los últimos años en el Ecuador el mercado para proveer el servicio de banda ancha, para el uso de Internet, Voz sobre Ip, Transmisión de Datos, etc., lo conforman empresas comerciales que desean ofrecer sus productos, otras que ofrecen servicios de comunicaciones, hoteles, hospitales, en menor proporción están los usuarios comunes que trabajan con redes de área local en organismos e instituciones como por ejemplo: agencias de publicidad, empresas importadoras, exportadoras, empresas o negocios que giran alrededor de alta tecnología, bibliotecas, escuelas, universidades, agencias de viaje, etc., a mas de ello existe en poco porcentaje el mercado residencial, el mismo que se encuentra en crecimiento con intereses de negocios y entretenimiento.

Inicialmente el mercado para la implementación de la red MAN está estructurado considerando los clientes potenciales que utilizarían los servicios ofertados con el diseño de nuestra red; de acuerdo a su importancia se tiene:

- El primer gran usuario de la red son aquellas empresas cercanas al backbone.
- Otro de los clientes potenciales para ser usuarios de la red son las clínicas y hospitales que están ubicadas en las cercanías del backbone.
- En tercer lugar se encuentran aquellas personas que desean utilizar los servicios desde su residencia.
- Un mercado potencial, que debemos considerar son las diferentes empresas y negocios que se encuentran en los alrededores de los nodos de nuestro backbone, por ejemplo en Quito se tiene: Agencias de Bancos, estaciones de radio, escuelas, colegios, cybercafes, etc.
- A fin de abastecer a todo el mercado, por último se deberá incluir a los clientes de la competencia que están insatisfechos con la calidad de servicio y/o el precio.

2.1.2.1 Análisis del mercado potencial

Con el propósito de realizar un análisis completo del mercado potencial, para la red, se realizó en dos etapas que son las siguientes:

- Fijación de los requerimientos del mercado en base a encuestas.
- Análisis general de mercado.

2.1.2.2 Requerimientos del mercado

Fue necesario establecer el estado actual de mercado y sus requerimientos, por tanto se realizó encuestas a varias empresas y personas interesadas en los

servicios, siendo los dueños de pequeñas empresas y comercios, personas particulares y empresas que tenían el servicio pero estaban inconformes con el mismo. La plantilla de la encuesta realizada se encuentra en el ANEXO 1. Una vez analizadas las encuestas, se han obtenido los siguientes resultados:

Personas que tienen o no el servicio de transmisión de datos (Redes privadas e Internet), son 148 (78,72 %) y 40 personas (21,28 %) respectivamente, de un total de 188 personas encuestadas.

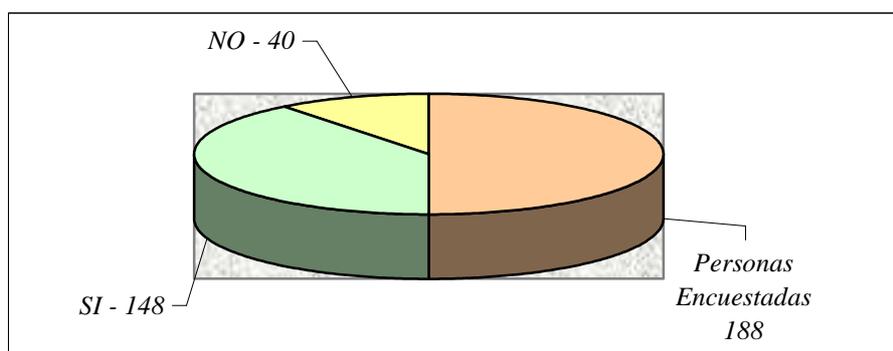


Figura 2.1 Personas que disponen del servicio de Transmisión de Datos

En el resultado de la encuesta se presentan varias razones por la que no disponen del servicio de comunicaciones, en orden de mayor a menor se tiene: precios altos del servicio, por no disponer de línea telefónica y por no tener equipos de comunicaciones.

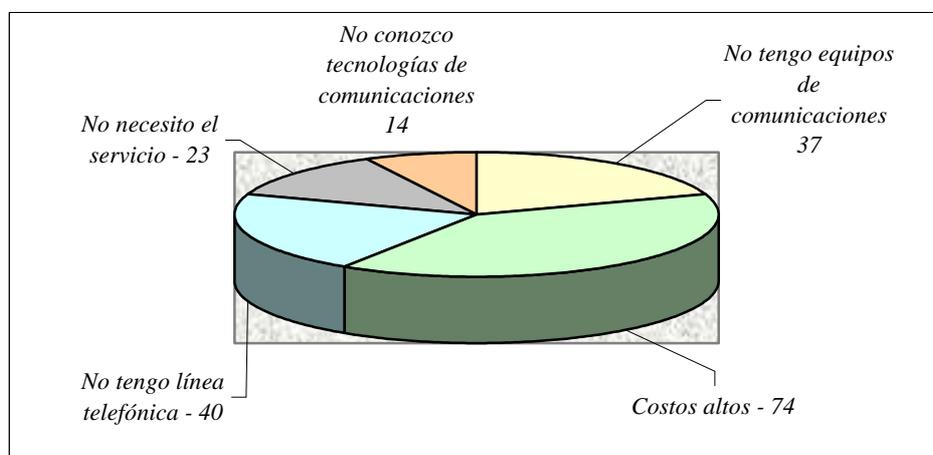


Figura 2.2 Razones por que no tiene el servicio de Transmisión de Datos

Las personas al ser consultadas sobre que tipo de acceso a canales de comunicaciones utilizan, en su mayoría utilizan conexiones dial-up y corporativos y en menor proporción se están los usuarios que no tienen conocimiento sobre el tema.

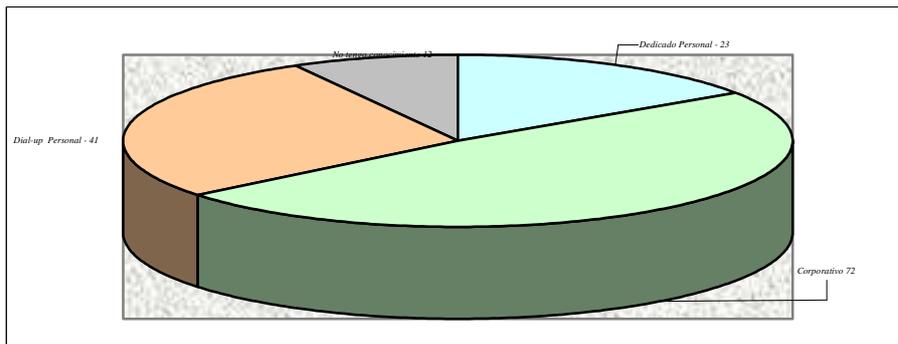


Figura 2.3 Tipo de acceso que utilizan

Según el resultado de la encuesta, en relación al lugar utilizado para acceder a los servicios de Internet, se puede ver que debido a que varias personas encuestadas trabajan en el área de Informática y dependiendo de la necesidad, el acceso a los servicios de comunicaciones, lo realizan desde su lugar de trabajo, un café Net y desde su casa, especialmente en lo que se refiere el acceso a Internet.

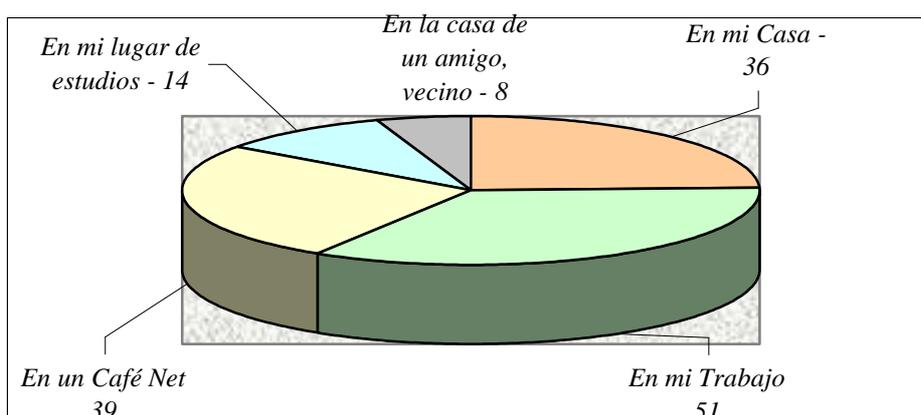


Figura 2.4 Lugar que acuden para el uso de Internet

Del resultado de la encuesta se desprende que según los intereses personales, necesidades del servicio posibilidades económicas, el promedio de horas que

utilizan los servicios de canales de comunicación al mes, se muestra a continuación.

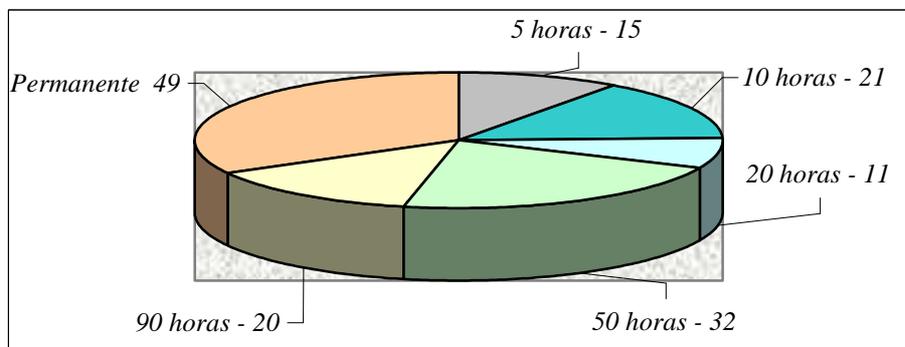


Figura 2.5 Horas promedio de utilización al mes

De los servicios que provee el Internet, en la encuesta realizada; la mayoría de personas utilizan para: navegación, correo electrónico, llamadas por Internet, videoconferencia, redes empresariales, chatear y VPN's.

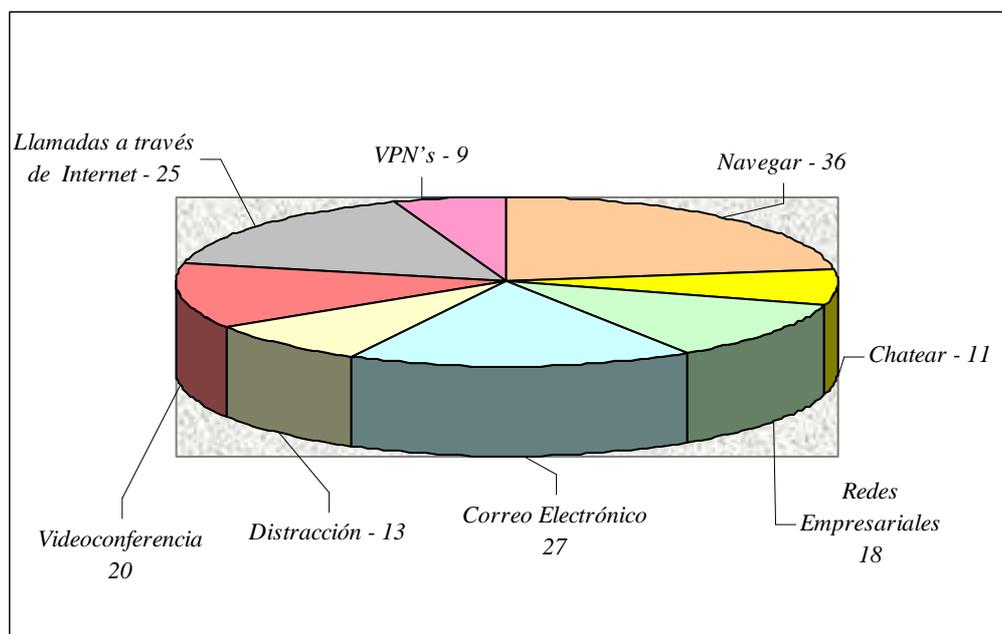


Figura 2.6 Servicios de Internet utilizados

Consultados sobre si se encuentran satisfechos con los proveedores de servicios de comunicaciones que utilizan, un 58,78 % de las personas encuestadas están

satisfechas con el proveedor de servicios que usan actualmente y un 41,22 % están insatisfechas.

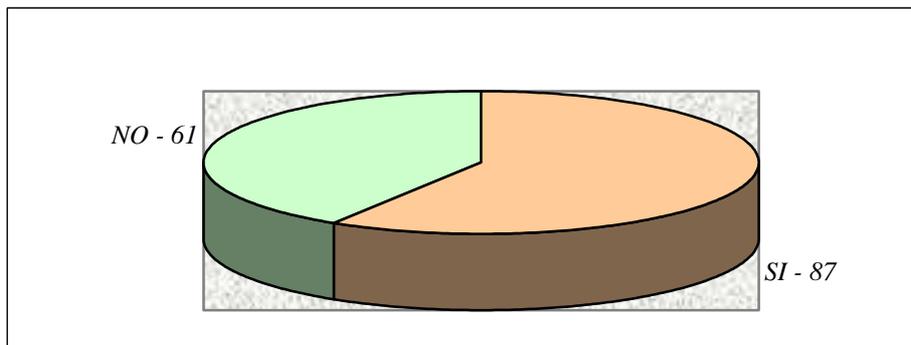


Figura 2.7 Personas que están satisfechas o no con su proveedor actual

En relación a la exigencia de servicios, de las personas consultadas; a su proveedor de servicios, solicitan: precios bajos, mayor rapidez de respuesta y en menor proporción seguridad.

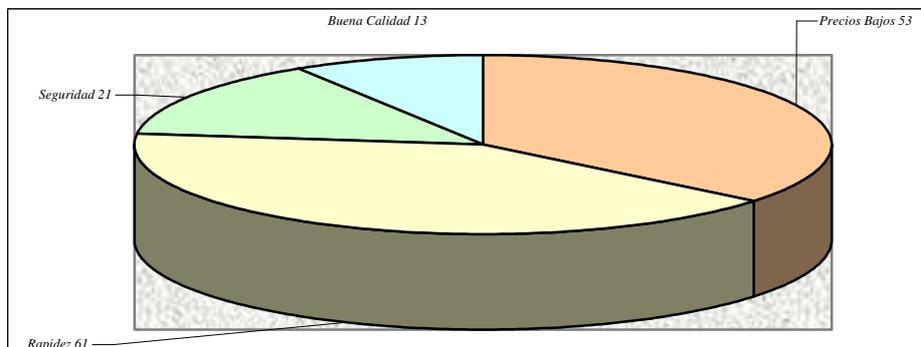


Figura 2.8 Solicitud de las personas a su proveedor actual

Se debe tener en cuenta que la encuesta realizada, a más de usuarios personales, fue a funcionarios de diferentes empresas, por lo que al ser consultados sobre el ancho de banda que necesita para tener un buen servicio, de la encuesta se obtuvo lo siguiente:

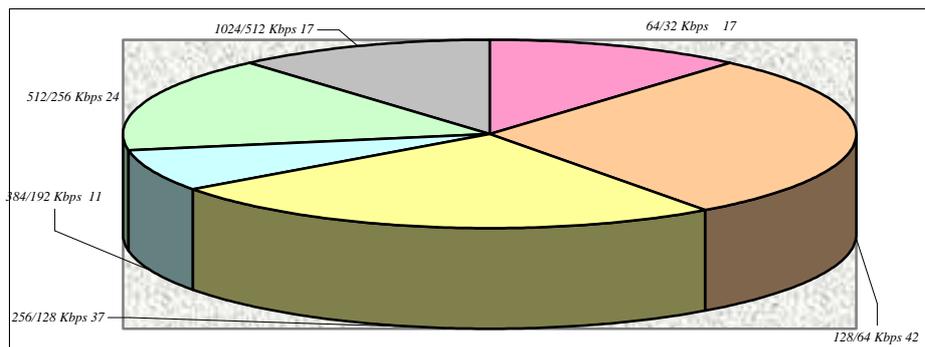


Figura 2.9 Ancho de banda solicitado

Varias son las razones, por las cuales cambiarían de proveedor, pero en el orden de importancia se tiene si ofrece mayor velocidad, precios bajos y mejor calidad.

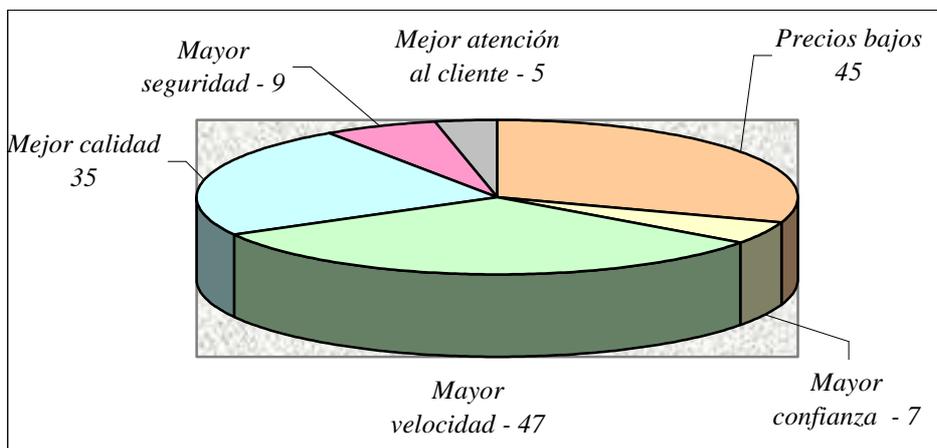


Figura 2.10 Razones para cambiar de proveedor

Para obtener las estadísticas presentadas anteriormente, se han realizado un total de 188 personas encuestadas, en diferentes sectores de la ciudad de Quito y principalmente se concentró la encuesta en un 70% por los alrededores del sector de La Carolina, ya que esta zona constituye el sector comercial mas activo de Quito, de acuerdo con lo indicado en la Ubicación Geográfica de Empresas de la Superintendencia de Compañías.

Los datos obtenidos, nos permiten concluir lo siguiente:

- De un total de 188 encuestados, existe del total un 21,28% de personas que no tienen los servicios que provee la red de comunicaciones, indicando en mayor parte que se debe a la situación económica, puesto que el uso de este servicio representa un costo adicional a los servicios básicos, además se necesita uno o más computadores y no están al tanto de las tecnologías que existen y las facilidades que ellas brindan.

- Se puede ver que los usuarios encuestados, en mayor proporción utilizan este servicio de Internet y sus recursos disponibles.

- Existe un 41,22% de usuarios insatisfechos con su proveedor actual de servicios de Internet.

- Un gran porcentaje de usuarios consultados requieren de un gran ancho de banda para los canales de comunicación, de la encuesta se desprende que solicitan en mayor proporción anchos de banda que sean de 128 Kbps, siguiendo de 256 Kbps y hasta 512 Kbps.

- De los encuestados, la mayoría requieren de su proveedor actual o de su proveedor para el futuro que exista mayor rapidez en la conexión y que se reduzcan los costos, a fin de poder acceder a estos servicios.

Una vez analizado los resultados obtenidos y por las características que brinda la tecnología LRE, el carrier que implemente este diseño, tiene la ventaja de ofrecer lo solicitado por los usuarios en la encuesta realizada, además debe brindar los servicios de calidad que esta tecnología lo permite a costos asequibles y convenientes de tal forma que pueda ingresar rápidamente en el mercado local; esto redundará en beneficio, tanto para los dueños del carrier como para los usuarios finales.

2.1.2.3 Análisis General del Mercado

Una vez que se ha realizado un análisis general del mercado, se pudo determinar el número de posibles usuarios que tendría acceso a los servicios que brinda el proveedor de servicios de comunicaciones; esto se realizó utilizando los datos estadísticos entre otras instituciones de la SUPTEL, INEC, etc.

La siguiente fórmula, es aplicada para realizar el cálculo del tamaño de mercado por competidor:

$$\text{Tamaño del Mercado} = \frac{(\text{Número de Usuarios} \times \text{Penetración de Acceso de Servicio de Comunicaciones})}{\text{Número Total de Competidores}}$$

Fórmula 2.1 Cálculo del Tamaño del mercado ^[1]

Utilizando las estadísticas de la Superintendencia de Telecomunicaciones, el número de usuarios corporativos que poseen las empresas Portadoras a nivel Nacional en el año 2003 fueron de 5577 usuarios corporativos, a finales de 2004 este número creció a 19444 usuarios, finalmente en febrero de 2005 el número de usuarios se incrementó a 21994.

De los datos obtenidos por la empresa encuestadora CEDATOS, se estima que en la Provincia de Pichincha existen alrededor de 9000 empresas y que el 85% de estas empresas cuentan con computadores, de tal forma que para el cálculo del tamaño del mercado tendremos:

Empresas que tienen computador:

$$9000 \text{ empresas} \times 85\% = 7650 \text{ empresas.}$$

En lo que tiene que ver con el número de usuarios que tienen los ISPs locales, de acuerdo con los datos estadísticos proporcionados por la SUPTEL, se puede ver que Andinatel, Punto Net, Satnet, Accessram, Impsat, Suratel, Ecutel y Conecel, tiene el mayor número de usuarios, cubriendo prácticamente el 100% del mercado

local en la ciudad de Quito. Sin embargo se debe tener en cuenta que según los datos estadísticos de la SUPTEL, a nivel Nacional existen 15 empresas Portadoras autorizadas para brindar el servicio ^[2].

Por lo tanto en la ciudad de Quito existen 15 competidores en el mercado local, este criterio es debido a que no se pueden comparar tecnológicamente los proveedores de servicios de comunicaciones y tampoco se podría igualar la cartera de clientes que maneja cada uno.

Además se tiene que el porcentaje de penetración a los servicios de comunicaciones es del 30%, por lo que se deduce que:

$$\text{Tamaño del Mercado} = \frac{(21994 \text{ Usuarios} \times 30\% \text{ de Penetración a Servicio de Comunicaciones})}{16 \text{ Competidores}}$$

Hay que tener en cuenta que el número de usuarios por el porcentaje de penetración, da como resultado el número de usuarios corporativos.

$$\text{Tamaño del Mercado} = \frac{(21994 \times 30\%)}{16} = 412 \text{ usuarios por competidor}$$

Este resultado obtenido, nos permite deducir que existe aproximadamente una demanda de 440 usuarios corporativos que requieren de los servicios de banda ancha; las ventajas que ofrece la implementación de esta nueva tecnología y considerando que existen usuarios que cambiarían de proveedor de servicios de comunicaciones (del estudio de mercado un 41,22% usuarios insatisfechos), se puede concluir que la implementación del diseño de la red MAN de acuerdo al mercado potencial existente, es factible.

2.1.2.3.1 Proyección del Mercado

La Proyección del Mercado, nos permitirá conocer si el Diseño de la Red MAN que se plantea en el futuro, tendrá mayor acogida, es decir, tendrá mas cantidad de usuarios, sean estos individuales o corporativos.

2.1.2.3.2 Mercado en Crecimiento

Un carrier al brindar el servicio de banda ancha a los usuarios que necesiten de este servicio, le resultará un negocio de crecimiento rápido que lógicamente va a demandar de inversión de recursos; razón por la cual se debe tener una cartera de usuarios que generen ingresos superiores a la inversión realizada, puesto que dicha inversión debe ser recuperada en un corto plazo. Lo mencionado anteriormente nos indica que el carrier que implemente este diseño, requiere una cierta combinación de patrimonio y financiamiento, lo que permitirá crecer a un ritmo continuo dentro del mercado local.

En la actualidad, para cientos de usuario de todo el mundo, los servicios que provee las redes de comunicaciones y especialmente de Internet constituye uno de los avances de la tecnología informática más utilizados en la última década, puesto que el crecimiento del Internet ha sido en tan solo 5 años igual al desarrollo alcanzado en 40 años por la radio y en 15 años por la televisión. En virtud de lo expuesto, el número de usuarios del Internet en 1998 alcanzó 150 millones y para el futuro su pronóstico para fines del año 2005 la cantidad de usuarios de Internet alcanzaría 720 millones de usuarios ^[3].

En nuestro país, los servicios de comunicaciones que provee el Internet a crecido rápidamente, en especial en el campo del turismo, educación, negocios de la banca etc. En la actualidad se tienen las siguientes ventajas y facilidades de esta evolución tecnológica:

2.1.2.4 Proyección de Mercado de la red MAN

La proyección del mercado permitirá al carrier que implemente este diseño, planificar la estrategia comercial a utilizar en la venta de servicios.

2.1.2.4.1 Proyección de usuarios para la red MAN

Independientemente del servicio que vaya a ser utilizado, sea por usuarios individuales o corporativos; el carrier local que implemente y brinde los servicios diseñados e implementados en esta red MAN, deberá diseñar y mantener un sistema de venta de los servicios, para realizar esto, del estudio de mercado realizado a través de encuestas se obtiene lo siguiente:

En la actualidad existen 412 clientes potenciales por cada proveedor que desean obtener el servicio propuesto, de 188 encuestados, existen un 41,22% de los usuarios que indican que desearían cambiarse de proveedor para obtener un mejor servicio.

Por lo expuesto, si se analiza el número de las personas encuestadas que podrían acceder a ser usuarios de la red y teniendo en cuenta que la encuesta fue realizada en un sector de la ciudad de Quito, con los 9 nodos que corresponden al diseño de la red MAN se cubriría la mayor parte de la ciudad, tendremos aproximadamente 473 usuarios.

2.1.2.5 La Competencia y Ofertas del Mercado

La competencia del mercado, generalmente es una de las principales fuentes de información que permitirá el desarrollo de nuevos proyectos.

De su análisis nos permitirá conocer: las condiciones de operación, los servicios disponibles, los precios que cobran, las formas de llegar al usuario, los planes, promociones, publicidad a enfrentar, etc.

Los indicadores de la competencia anotados, permitirán al departamento de ventas de esta red, elaborar la mejor estrategia de comercialización, con la que se podrá captar la mayor parte del mercado disponible, a fin de brindar servicios de calidad, a bajos precios y competitivos en el mercado local, de acuerdo a la realidad económica del país.

En virtud de lo indicado, se realizó el análisis de servicios y tarifas que brindan los actuales proveedores de banda ancha, del mismo se obtuvo el siguiente resultado:

Proveedor	Planes	Ancho de Banda	Tarifas (USD)
Ecutel	TOP1 BAI 64	64/32 Kbps	380
	BAI 128	128/64 Kbps	700
	BAI 256	256/128 Kbps	1300
	BAI 384	384/192 Kbps	2100
	BAI 512	512/256 Kbps	2800
	BAI 1024	1024/512 Kbps	5000
Telconet	Varios Planes	64 Kbps	350
		128 Kbps	600
		256 Kbps	1000
		512 Kbps	1900
		1.0 Mbps	3600
Trans – telco	Transtelco DSL Plus	64 Kbps	375
	Transtelco DSL Avanzado	128 Kbps	680
	Transtelco DSL Óptimo	256 Kbps	1200

Tabla 2.3 Planes tarifarios

De lo indicado, se puede observar que la tendencia común de los proveedores de servicios de banda ancha, es manejar planes corporativos o empresariales. Estos planes son los servicios que oferta el mercado en la actualidad y el carrier que implemente el diseño presentado de la red MAN con esta nueva tecnología, tendrá que considerarlos en sus planes tarifarios.

Una vez que se ha establecido el precio de un servicio, el departamento de ventas de la red MAN, tendrá que tomar como referencia los valores máximos y mínimos, lo que nos permitirá determinar los valores de comercialización de un determinado servicio. Un ejemplo es en los planes empresariales con un canal de 128 Kbps, se tiene que su valor máximo es 700 USD y su valor mínimo es 600 USD, con estos valores sabremos que 700 USD es el valor máximo que el actual mercado acepta y también implementar la tarifa mas baja del mercado en función de los 600 USD, existente en el mercado.

Se debe mencionar que los departamentos comerciales de los proveedores de servicios de banda ancha locales, debido a la gran competencia existente manejan con reserva y confidencialidad los precios de los servicios corporativos, razón por la cual no se tuvo el acceso total a costos específicos de los servicios, en todas las empresas que brindan los servicios portadores, sin embargo, los productos ofertados son un referente importante que el carrier dueño de este diseño deberá tomar en cuenta en su implementación.

2.1.3 COMERCIALIZACIÓN DE SERVICIOS

A fin de obtener resultados positivos en la venta de un producto, en la estrategia comercial deberán estudiarse las variables principales: servicios a ofertar y su precio.

2.1.3.1 Productos y Servicios

El carrier dueño de este diseño por estar dentro del mercado de comunicaciones, debe brindar a los usuarios los servicios y productos predominantes del medio, para que los clientes consideren a este proveedor como una alternativa adecuada para sus necesidades.

Teniendo como punto de vista que el proveedor de servicios de Telecomunicaciones dueño de este diseño, ofrecerá los servicios, que fueron estudiados en el Capítulo 1, como son: Voz sobre IP, Videoconferencia, acceso a Internet junto con los servicios que este brinda, además proveerá de accesos corporativos, gestión en la compra de dominios, manejo de zonas, y en un futuro implementará servicios de Internet como VPNs, E-commerce, etc, los mismos que tendrán un progreso de desarrollo de acuerdo a la demanda del mercado.

2.1.3.2 Precios y tarifas

Se define al precio como el valor comercial de fabricación, implementación u operación que cuesta un bien o servicio, está formado por el costo de adquisición del bien y la utilidad de la venta.

Para establecer los precios y tarifas se realizó de acuerdo a los productos tangibles que se ofrece al cliente, quienes deben ser fáciles de identificar y asociar con el valor real para el usuario. Sin embargo, los productos tienen una designación correlacionada con su costo, existen cinco parámetros que se pueden tomar en cuenta para el establecer los precios y tarifas, estos son:

2.1.3.2.1 Por la Calidad de Servicio (QoS).

Utilizando este parámetro el carrier dueño del diseño debe tarifar de acuerdo a la calidad de servicio que ofrece, este costo dependerá del tráfico que el cliente quiere que sea prioritario cuyos paquetes se marcarán con una indicación de prioridad normal, media o elevada.

2.1.3.2.2 Por Tiempo

Dependiendo de las horas al día en las cuales el usuario usa el servicio este parámetro nos permite establecer sus precios, sin embargo, se diferencia el precio en horas picos y horas bajas, por lo que de acuerdo a las horas consumidas se realiza el cobro.

2.1.3.2.3 Por Distancia

Cuando se realiza una llamada telefónica, el usuario sabe que el costo de la misma depende de la distancia de conexión entre las dos partes, haciendo una analogía, en Internet se establece los estados de enrutamiento y el tráfico puede tomar caminos más largos que perjudicarían al cliente. En tal virtud, a fin de manejar una tarifa adecuada se debe diferenciar entre el tráfico local e internacional.

2.1.3.2.4 Por acceso

Este parámetro nos permite establecer sus tarifas, pero se debe tener en cuenta el ancho de banda adquirido por el usuario, que incluye el máximo volumen de datos que se pueden transmitir en cualquier periodo de tiempo a un costo fijo y la velocidad pico del flujo de datos.

2.1.3.2.5 Por Volumen

Según la cantidad de datos transmitidos por el cliente, con este parámetro se tiene las tarifas reflejando un aumento de ingresos al aumentar el cliente el volumen de datos transferidos. Puesto que el cliente genera más tráfico de entrada que de salida, la tarifación es considerada por la cantidad de datos recibidos por el cliente y no por la cantidad de datos transmitidos por él.

2.1.3.3 Planes y tarifas

Los siguientes aspectos, deben ser tomados en cuenta, para establecer los planes y tarifas:

- Precios más bajos que la competencia.
- Productos que ofrecen los competidores.
- Promociones de los competidores.

Para Conexiones dedicadas debemos tener en cuenta los siguientes criterios:

- Consideramos que el precio del canal de acceso a Internet, no incluye el valor de última milla que es tarifa establecida por el carrier.
- Estimamos una utilidad del 50 % en circuito sobre el costo operativo que representa un 128 Kbps (400 USD).

Se calculó las tarifas referenciales de canales de comunicación con compresión 1:1.

Canal de Acceso (Kbps)	Compresión 1:1	Precio USD
64	450	300
128	900	400
256	1800	900
512	3600	1800

Tabla 2.4 Tabla de precios referenciales para los servicios dedicados, los precios no incluyen IVA. A estos precios se debe sumar el costo de la última milla del carrier.

El costo de instalación para todos los planes es de 200 USD que incluye la movilización del técnico y dos horas técnicas empleadas en la configuración de los equipos.

2.2 FACTIBILIDAD TÉCNICA

El objetivo específico de esta factibilidad es el que nos permitirá establecer los diferentes recursos técnicos, materiales y operativos necesarios para la implementación del diseño de una red metropolitana.

2.2.1 EQUIPAMIENTO

Una vez que se ha elaborado un análisis y un estudio de las tecnologías y equipos disponibles en el mercado actual, conforme a lo que se utilizará en el diseño de nuestra red MAN que se realizará en el capítulo III y en razón de que la tecnología a implementar en nuestro diseño está basada en los equipos de Cisco; se estableció una lista de equipos y dispositivos con sus respectivos costos, que serán necesarios para la operación y correcto funcionamiento de nuestra red metropolitana de alta velocidad.

Es importante mencionar que la lista de equipos que se muestran a continuación, serán presentadas de acuerdo al uso que se les va a dar en nuestro diseño.

Por lo indicado, los equipos requeridos para nuestro proyecto son los siguientes:

Cantidad	Descripción	Costo USD. (Incluye IVA)
1	Enrutador de Border 2500	2000
1	Switch – Router 6500	5000
1	Switch – Router 3500	1500
1	Switch – Router 2950	1000
1	Controlador de Ancho de Banda Allot	18000
1	FIREWALL	2000
	TOTAL	29500

Tabla 2.5 Costos de Equipamiento en el Nodo Principal

Redes de Acceso de Cobre				
Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario USD (Incluye IVA)	Precio Total USD (Incluye IVA)
1	Switch – Router 3500	8	1500	12000
2	Switch – Router 2950	8	1000	8000
SUBTOTAL				22500

Tabla 2.6 Costos de las Redes de Acceso

Fibra Óptica que se utilizará para el Backbone				
Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario / Km. USD (Incluye IVA)	Precio Total USD (Incluye IVA)
1	Cable de Fibra Óptica Instalación Conectorización Pruebas de Conectividad OTDR Diagramas de red	35 Km.	8000	280000
SUBTOTAL				280000

Tabla 2.7 Precios de instalación de Fibra Óptica

Cable de Cobre a utilizarse en los accesos a los Nodos Secundarios				
Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario USD (Incluye IVA)	Precio Total USD (Incluye IVA)
1	Cable Multipar 50 pares Regletas telefónicas Cajas de dispersión Accesorios Certificación de Cobre	9 Km.	2000	18000
SUBTOTAL				18000

Tabla 2.8 Costos de Cobre

Cantidad	Descripción	Precio Unitario USD (Incluye IVA)	Costo USD. (Incluye IVA)
9	UPS 2 KWA	1200	10800
9	Banco de batería para UPS con soporte de 8 horas de respaldo.	800	7200
9	Aire Acondicionado	400	3600
9	Sistema de seguridad (Alarma)	300	2700
9	Rack de comunicaciones	800	7200
9	Instalaciones Eléctricas	200	1800
TOTAL			33300

Tabla 2.9 Precios de Equipos Complementarios

Cantidad	Descripción	Costo mensual USD. (Incluye IVA)
1	Acceso a Internet de 1 Mbps 1:1	3000
TOTAL		3000

Tabla 2.10 Precio Estimado de Acceso a Internet de 1Mbps

Costos de Convenios Institucionales			
Item	Institución	Descripción	Precio Total (Incluye IVA)
1	EEQ	Arrendamiento de postes. La EEQ cobra por poste y/ò por convenio que Incluye el uso de todos los postes de la ciudad. El pago se realiza anualmente y se renueva el contrato.	20000
2	SENATEL	La declaración se realiza por todo el backbone por una sola vez. El costo de declaración es de 200 USD por todos los enlaces, pero si se realiza modificaciones el costo es de 200 USD.	200
SUBTOTAL			20200

Tabla 2.11 Convenios Institucionales

Es importante mencionar que los costos de los equipos indicados anteriormente están basados en cotizaciones emitidas por carriers y los diferentes proveedores de dispositivos y equipos de telecomunicaciones.

2.2.2 RECURSOS HUMANOS

Se debe tener en cuenta que este proyecto se diseñará para ser utilizado en un carrier local, por lo tanto el personal que se encargará de proveer el servicio y el mantenimiento será propio del carrier.

2.3 FACTIBILIDAD FINANCIERA

Para la realización del proyecto de implementación de una red metropolitana para la ciudad de Quito, se ha realizado un modelo financiero mediante el cual se puede conocer el costo, ganancias, punto de equilibrio, etc. que nos permitirán la planificación del proyecto. Este análisis financiero se ha realizado para valores de ingresos y egresos de un período de 4 años.

2.3.1 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto es un plan financiero para asignar recursos a actividades específicas, de manera que se realice una optimización de hacer mejoras en tiempo, espacio, y uso de los recursos materiales.

Para la realización del presupuesto se ha tomado en cuenta los costos de la infraestructura, costo de los convenios, y el costo del acceso a Internet. El costo de acceso a Internet es de 3000 USD mensuales para un ancho de banda de 1 Mbps, mientras que el costo del acuerdo anual para el arrendamiento de postes de la EEQ es de 20000 USD.

Una vez que en el ítem 2.2.1 se realizó un estudio relacionado con el equipamiento que se necesita para el diseño de la red MAN, se tiene que el costo total para la implementación de la red metropolitana para un carrier local sería:

Cantidad	Descripción	Costo USD. (Incluye IVA)
1 Nodos	Equipamiento Nodo principal	29500
8 Nodos	Equipamiento Nodos secundarios	22500
35 Km. fibra	Instalación de fibra óptica	280000
9	Redes de Acceso de Cobre	18000
9	Conjunto de Equipos y Dispositivos Complementarios	33300
1	Acceso a Internet	3000
2	Acuerdos Institucionales EEQ, SENATEL	20200
216 CPE	Considerando que se tendrá en un inicio 24 clientes por Nodo. Cada CPE cuesta 60 USD.	12960
TOTAL		419460

Tabla 2.12 Presupuesto Total del Proyecto

Por lo tanto, el costo de implementación de la red metropolitana será de 419460 dólares americanos.

IMPORTANTE: El proyecto está encaminado para una empresa Proveedora de Servicios y/o Carrier, por lo que se entiende que cuenta con el personal calificado para la ejecución del proyecto y por tanto no genera aumento de recursos económicos, relacionados con los sueldos y por tanto no justifica su consideración en el presupuesto del proyecto.

2.3.2 FLUJO DE CAJA

Es la relación entre ingresos y egresos. Se ha tomado en cuenta un período de amortización de la inversión de 4 años (48 meses), por lo que el valor anual de la amortización será de:

Valor del equipamiento / 4 años = 419460 USD / 4 = 104865 USD

Se ha considerado un crecimiento anual del número de clientes de un 20 %.

Mientras que para los costos de acceso a Internet, convenio de arrendamiento con la EEQ, costos de marketing y de operación se ha considerado un crecimiento del 5 % anual.

En la tabla 2.13 se han realizado los cálculos anuales para cuatro años, con un porcentaje de depreciación del valor de los equipos de un 10 % anual.

FLUJO DE CAJA				
	2005	2006	2007	2008
INGRESOS				
Cantidad de usuarios corporativos	200	240	280	320
Ingresos anuales por usuarios corporativos (USD)	960000	1152000	1344000	1536000
TOTAL DE INGRESOS (USD)	960000	1152000	1344000	1536000
EGRESOS (USD)				
Costo de acceso a Internet	36000	37800	39690	41674,5
Costo del convenio por arrendamiento de postes con EEQ	20000	21000	22050	23152,5
Costos de marketing	6000	6300	6615	6945,75
Costos de operación	30000	31500	33075	34728,75
Depreciación de equipos	10486,5	10486,5	10486,5	10486,5
Costo de amortización	104865	104865	104865	104865
TOTAL DE EGRESOS	196865	201465	206295	211366,5
FLUJO TOTAL (USD)				
TOTAL INGRESOS	960000	1152000	1344000	1536000
TOTAL EGRESOS	196865	201465	206295	211366,5
SALDO EFECTIVO	763135	950535	1137705	1324633,5
SOBRANTE (FALTANTE) DE CAJA	763135	950535	1137705	1324633,5

Tabla 2.13 Cálculo de ingresos y egresos en un período de 4 años

2.3.3 PUNTO DE EQUILIBRIO ^[4]

Se dice que una Empresa está en su Punto de Equilibrio cuando no genera ni Ganancias, ni Pérdidas. Es decir cuando el Beneficio es igual a cero. Para lo cual se ha utilizado la siguiente fórmula:

Utilidad neta = ingresos por los servicios prestados - gastos fijos - gastos variables. Tomado en cuenta que el ingreso mensual por cada usuario corporativo es de 400 USD, anualmente ingresarán 4800 USD. Los gastos variables serán el total de egresos, con lo cual tenemos lo siguiente:

$$\text{Utilidad neta} = 4800 X - 0 - 196865$$

Siendo X la cantidad de usuarios en el punto de equilibrio.

Por lo que para un valor de utilidad neta de cero, que es el caso del punto de equilibrio tenemos que:

$$4800 X = 196865$$

$$X = 41$$

De esta manera se observa que con 41 usuarios se alcanzará el punto de equilibrio y a partir de esta cantidad, se comenzará a tener ganancias.

En la figura 2.11, se presenta la relación de ingresos con los egresos en relación a la cantidad de clientes, en el punto de intersección se obtiene punto de equilibrio. Este punto de equilibrio es de 41 clientes, que es el mismo valor calculado anteriormente mediante la fórmula.

Gráfico de Ingresos y egresos en relación a la cantidad de clientes

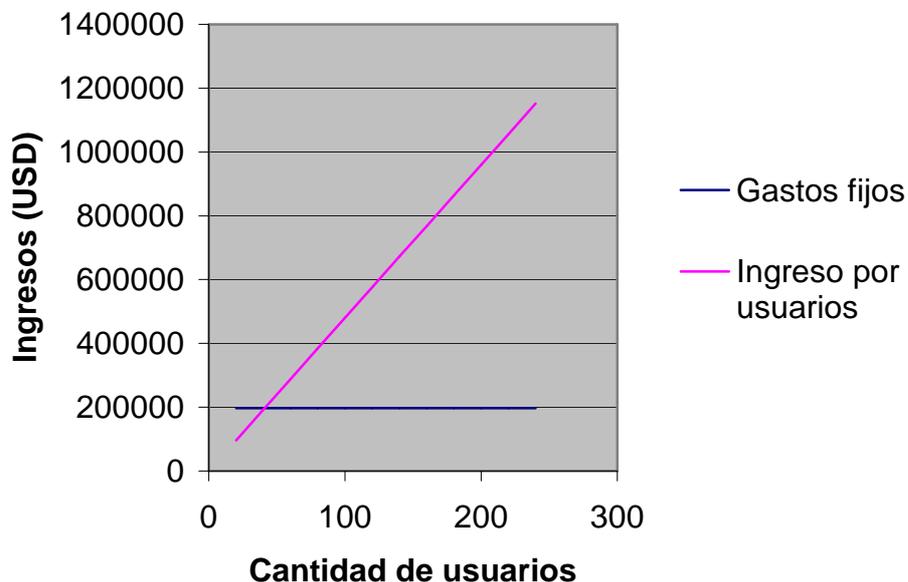


Figura 2.11 Cálculo de ingresos y egresos en relación a la cantidad de clientes

2.3.4 RENDIMIENTO SOBRE LOS ACTIVOS

Resulta de la relación entre la utilidad neta dividida para el total de activos como se indica en la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento sobre activo} = \text{utilidad neta} / \text{Total de activos} * 100$$

$$\text{Rendimiento sobre activos} = (763135 \text{ USD} / 419460 \text{ USD}) * 100 = 181 \%$$

Este valor nos indica que para el primer año se tendrá una utilidad neta de 181 % del valor de la inversión realizada al inicio.

2.3.5 VALOR ACTUAL NETO

Este valor nos indica la utilidad neta actual que resulta de la diferencia entre el total de ingresos y de egresos en un año. Para el primer año de funcionamiento del de la red metropolitana proyectada tendremos lo siguiente:

Valor actual neto = ingresos - egresos

Valor actual neto = 960000 USD – 196865 USD

Valor actual neto = 763135 USD

2.4 FACTIBILIDAD LEGAL

2.4.1 PERMISOS DE LA SENATEL ^[5]

La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), es la entidad gubernamental encargada de extender los permisos para brindar el servicio de valor agregado. La red metropolitana del proyecto proporciona también un servicio de valor agregado, pues se soporta sobre un servicio final de telecomunicaciones que permite acceder a la red de Internet.

Ante la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) es necesario declarar los enlaces de backbone de la red metropolitana, los cuales tienen un costo de 200 USD por cada uno, y una declaración por cada cliente instalado, el cual tiene un costo de 10 USD cada uno.

La legislación actual, que permite que la SENATEL sea la entidad en la cual solicitemos el permiso para brindar el servicio de valor agregado y la declaración de los enlaces del backbone, se halla basada en las siguientes leyes y reglamentos:

- Ley Especial de Telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial No. 996 del 10 de agosto de 1992 y sus reformas.
- Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, publicado en el Registro Oficial No. 404 del 4 de septiembre del 2001.
- Reglamento para la Prestación de los Servicios de Valor Agregado, publicado en el Registro Oficial No. 545 del 1 de abril del 2002 (Anexo 2).
- Reglamento de Control de los Servicios de Telecomunicaciones, publicado en el Registro oficial 274 del 10 de septiembre de 1999.
- Reglamento para Otorgar Concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones que se brindan en Régimen de Libre Competencia, publicado en el Registro Oficial No. 168 del 21 de septiembre del 2000.
- Reglamento para otorgar concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones, publicado en el Registro Oficial No. 480 del 24 de diciembre del 2001.
- Plan Nacional de Frecuencias, publicado en el Registro Oficial No. 192 del 26 de octubre del 2000.

2.4.2 CONVENIOS INSTITUCIONALES

Para el tendido aéreo de la fibra óptica, que será utilizado para la infraestructura de nuestro proyecto, es necesaria la utilización de los postes de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), para lo cual previamente se deben realizar convenios de utilización de postes de alumbrado eléctrico con la EEQ. Dicho convenio puede ser renovado de forma anual, de manera que se incluya el uso de todos los postes de la ciudad.

Institución	Descripción
EEQ	Arrendamiento de postes. La EEQ cobra por poste y/o por convenio que Incluye el uso de todos los postes de la ciudad. El pago se realiza anualmente y se renueva el contrato
SENATEL	La declaración se realiza por todo el backbone por una sola vez El costo de declaración es de 200 USD por enlace. Total son 18 Enlaces de la red metropolitana.

Tabla 2.14 Convenios Institucionales

CAPITULO III

DISEÑO DE LA RED MAN

En el presente capítulo, se realiza el diseño de la red Metropolitana de alta velocidad utilizando la tecnología LRE de Cisco. Para llegar a este objetivo es necesario tener claro la infraestructura que tendrá la red, es decir, se tiene que establecer su estructura general, las características, los medios de transmisión que se utilizarán para su diseño, la topología a utilizar, servicios que brindará la red, sistemas de seguridades, sistemas de administración, etc. Además en este capítulo, se realizará un análisis del presupuesto del presente proyecto.

3.1 INFRAESTRUCTURA FÍSICA Y LÓGICA DE LA RED

3.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

Las comunicaciones en la actualidad han adquirido vital importancia en la vida económica, cultural y social de las naciones y constituyen un aporte permanente en el desarrollo de los mismos. El avance de la tecnología es apresurado y el Ecuador debe tratar de contar con tecnología actual, que satisfaga las necesidades tecnológicas internas de sus habitantes.

La tendencia de las tecnologías de comunicaciones es brindar canales de transmisión de alta velocidad con equipos estructuralmente pequeños y a costos de implantación accesibles, tanto para el proveedor de servicios como para sus posibles usuarios.

En la ciudad de Quito, no se tiene una red metropolitana de alta velocidad ^[1] que cubra toda la ciudad; existen pequeñas redes que cubren un cierto sector comercial pero dejan de lado a sitios comercialmente activos como fábricas, colegios, hospitales, etc.

El diseño de una red de alta velocidad, implica disponer de un backbone de alta velocidad cuyo medio de transmisión tenga la capacidad de transferir información rápidamente, con tiempos de respuesta mínimos y que presenten estabilidad funcional, se habla entonces de la fibra óptica. Por otro lado, los medios de acceso de los clientes hacia el backbone, pueden ser alámbricos o inalámbricos, que permitan conexiones de alta velocidad, y es lo que se conoce comercialmente como banda ancha.

Para el diseño de la red metropolitana, tratada en el presente proyecto de titulación, no se pudo establecer criterios de diseño estándares, pues cada técnico o ingeniero de proyecto tiene su propio criterio, basado principalmente en las experiencias profesionales. Sin embargo, se pudo observar que en la mayoría de los casos, de alguna manera en su proceso de diseño siguen el orden ascendente de las capas de los Modelos OSI y TCP/IP.

Así mismo, existen una serie de fabricantes y marcas, que permiten implementar redes metropolitanas; sin embargo, dada la fuerte penetración tecnológica, su comprobada funcionalidad, estabilidad, calidad de servicio, y su mayor grado de conocimiento en los niveles profesionales de los ingenieros y técnicos del país se ha optado por utilizar la tecnología CISCO.

Es importante indicar que el presente diseño, puede ser utilizado como referencia para la implantación de redes metropolitanas de alta velocidad, que utilicen cualquier otra marca o fabricante de equipos y dispositivos de comunicación.

3.1.2 ESTRUCTURA GENERAL DE LA RED

El diseño de la red metropolitana, se realiza considerando dos etapas fundamentales que son: la red backbone y la red de acceso de clientes. Adicionalmente, se tomará como criterio de diseño el orden ascendente de las capas del modelo OSI, complementándose según las circunstancias con el modelo TCP/IP.

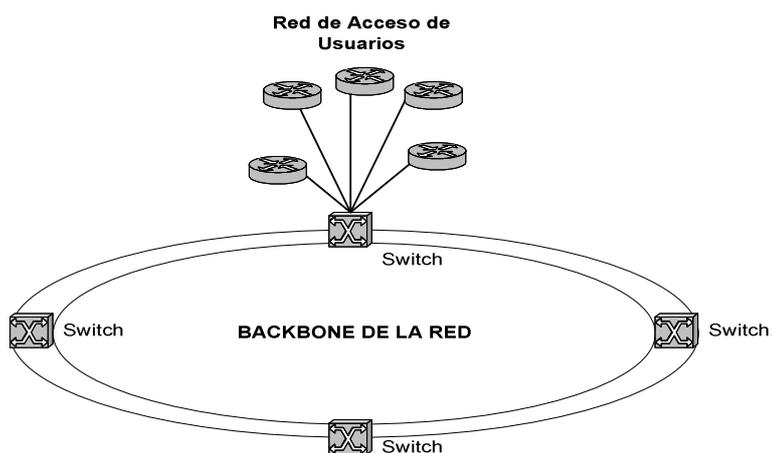


Figura 3.1 Estructura General de la red

3.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA RED METROPOLITANA ^[2]

Nuestra red metropolitana, debe brindar las características técnicas que garantice un adecuado servicio a sus usuarios. Para ello, la implementación de la red implica evaluar la infraestructura adecuada, que cumpla con los requerimientos básicos de servicio.

La red debe cumplir las siguientes características técnicas:

- Seguridad de la información.
- Disponibilidad de servicios.
- Escalabilidad.
- Respaldo de información y Back up.

3.1.3.1 Seguridad de la información

En la actualidad, aproximadamente el 80 % de las empresas en la ciudad de Quito ^[3] requieren servicios de comunicaciones, y necesariamente deberán permitir el acceso a Internet. De ahí que, al ser el Internet una red mundial de acceso libre, es posible que se pueda introducir en la red elementos dañinos como virus, hackers, crackers, entre otros, y provoquen fallas en la operación de la red. Por ello, es indispensable que la red metropolitana disponga de sistemas de seguridades de la información. La seguridad de la información se basa en cuatro principios importantes:

3.1.3.1.1 *Confidencialidad*

Este parámetro nos indica que la información es privada y no debe de ser expuesta a personas o entidades extrañas al propietario de la información, para proteger la confidencialidad de la información, se pueden utilizar algunas técnicas tales como la encriptación.

3.1.3.1.2 *Integridad*

Al momento de transmitir la información, puede ser expuesta a alteraciones que modifiquen su contenido, la integridad de la información debe ser mantenida para que esta llegue en forma exacta a como fue enviada.

3.1.3.1.3 *Disponibilidad de la Información*

Para que la información sea útil ésta debe estar disponible todo el tiempo, para ello se debe tener distintos tipos de respaldos, tales como servidores, energía eléctrica, etc.

3.1.3.1.4 Autenticación

Para acceder a la información de la red, se deben implementar distintos mecanismos de control y de esa manera verificar la autenticidad de la persona que desea tener ese acceso, para lo cual se pueden implementar varios mecanismos tales como el uso de passwords suficientemente fuertes, el uso de firmas y certificados digitales, etc.

3.1.3.1.5 Disponibilidad de servicios

La red metropolitana debe garantizar que su infraestructura de comunicaciones, la red, el sistema, el hardware y el software sean confiables, y puedan recuperarse rápida y completamente cuando sucede una interrupción; de esta manera se garantiza que un usuario, en cualquier momento pueda acceder a los servicios de la red disponibles, es decir “los servicios siempre deberían estar disponibles y no fallar nunca”.

3.1.3.1.6 Escalabilidad

La infraestructura de la red metropolitana, debe soportar cambios tecnológicos a nivel de hardware y software sin afectar el funcionamiento del sistema. Es decir, el diseño de la red metropolitana debe estar proyectado para adaptar su funcionamiento al desarrollo de nuevas tecnologías sin realizar mayor inversión técnica ni económica.

3.1.3.2 Respaldo de información

En la infraestructura de la red metropolitana, no se podría tener un solo dispositivo o equipo concentrado con todos los servicios que se ofrece a los usuarios, ya que si fallase el equipo principal, toda la red quedaría fuera de operación.

Para enfrentar este problema se establecen respaldos, y se realiza la distribución de información. El respaldo consiste en mantener un dispositivo principal, y uno secundario (Back up) trabajando en línea o en diferido y que mantienen la misma información; de tal forma, que si el uno falla el otro entra en funcionamiento. La distribución, en cambio se refiere a la distribución de servicios en varios equipos, de tal modo que si un equipo fallase, solo queda inservible el servicio afectado y no todo el conjunto de servicios. También considera sistemas de back up de enlaces, equipos y personal técnico de soporte.

3.1.4 TECNOLOGÍA DE LA RED METROPOLITANA

El objeto de implementar una red metropolitana, es disponer una red de alta velocidad, que permita gran flujo de información. El medio de transmisión capaz de cumplir este objetivo es la fibra óptica.

La fibra óptica tiene varias técnicas de acceso al medio para la transmisión óptica de la información, los mismos que a través de la historia han aparecido como son: Arquitectura ATM, SONET, SDH, CSMA/CD etc.

El protocolo IP domina todas las aplicaciones actualmente existentes, y aparece la necesidad de buscar alternativas de solución IP sobre fibra óptica.

El transporte de IP sobre tecnologías tradicionales como ATM, SONET, SDH, CSMA/CD, etc., implica mecanismos de conversión óptica - eléctrica que disminuyen la velocidad de transmisión de la información; se empieza entonces a hablar de redes metropolitanas Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Terabit Ethernet, cuya tecnología de acceso al medio es WDM: CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing o DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

La introducción de las tecnologías CWDM y DWDM en las redes ópticas metropolitanas, producen grandes beneficios en cuanto a costo, flexibilidad y eficiencia.

Las primeras generaciones de sistemas WDM, dependían de subsistemas eléctricos, que se encargaban de realizar funciones de conmutación, gestión de conexiones, protección y gestión de prestaciones; pero los procesos eléctrico/ópticos generaban “lentitud” en la transmisión.

Es importante entonces, mencionar el apareamiento de las redes ópticas transparentes a nivel de redes regionales y metropolitanas. Una red óptica transparente, hace referencia a una red que mantiene el tráfico en el dominio óptico, es decir, sin ningún tipo de conversión OEO (óptica-eléctrica-óptica) en ninguno de sus nodos. Estas redes, también se conocen habitualmente por el nombre de redes todo ópticas (all-optical networks), y sus elementos básicos son OADMs (optical add-drop multiplexers) y OXCs (optical cross-connects), que trabajan directamente sobre los canales ópticos, sin realizar ningún tipo de conversión al dominio eléctrico.

La tecnología CWDM es especialmente atractiva, debido a su bajo costo en comparación con DWDM; los sistemas CWDM proporcionan ahorros del orden de un 35% a 65%. Por ejemplo, en la figura 3.2 se muestran los costos relativos de ambas tecnologías, calculados para un sistema consistente en un anillo protegido de 16 canales, con un hub y cuatro nodos, cada uno de los cuales maneja 4 longitudes de onda.

El ahorro proporcionado por CWDM (hasta un 40% en este caso), se debe a la reducción de costos de los láseres sin necesidad de control de temperatura, y al menor precio de los multiplexores y demultiplexores pasivos.

Básicamente, la mayor separación entre canales de los sistemas CWDM, permite que las longitudes de onda de los láseres DFB puedan sufrir derivas con los cambios de temperatura, evitando de este modo la necesidad de emplear controladores de temperatura. Esto trae consigo un ahorro de espacio, simplifica el empaquetamiento del láser y reduce además el consumo de potencia (un valor medio de 0,5 W para un láser CWDM en comparación con más de 2 W para un transmisor láser DWDM conforme a la rejilla de la UIT).

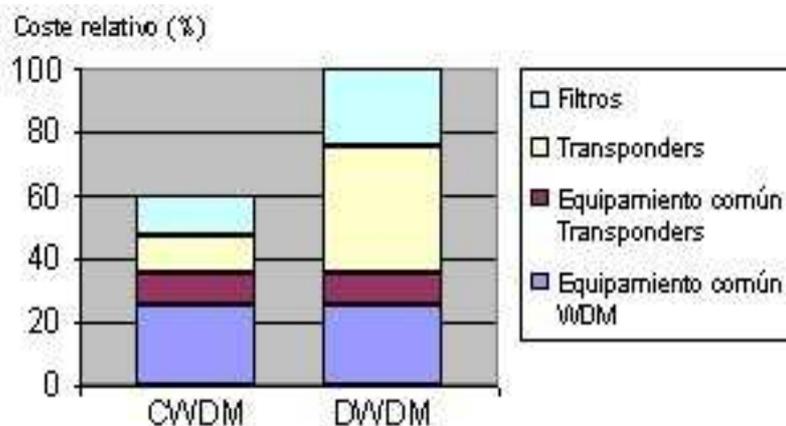


Figura 3.2 Costos relativos CWDM vs. DWDM

Al mismo tiempo, el diseño de los filtros de película delgada (thin-film filter, TFF) es más simple puesto que se necesita depositar menos capas en comparación con aquellos para DWDM, los cuales deben cumplir unos requisitos estrictos para las bandas de paso y de guarda. Adicionalmente, se produce también un ahorro de costos en el empaquetamiento de los TFFs como consecuencia de unos requisitos de alineamiento menos severos, lo cual permite una mayor automatización de los procesos de fabricación.

Recientemente, la norma UIT-T G.694.2 ha estandarizado una rejilla de longitudes de onda para CWDM con un espaciado entre canales de 20 nm. La elección de este valor no es algo accidental, sino que es el resultado de un minucioso estudio económico que asegura una reducción significativa en los costos de los transmisores y de los filtros ópticos, así como un número razonable de canales por fibra óptica. Sin embargo, las fibras monomodo G.652 convencionales presentan una atenuación significativa de 1350 nm a 1450 nm debido al pico de absorción del agua.

Las nuevas fibras G.652.C, por ejemplo la fibra AllWave, eliminan este pico de atenuación y conducen a un aumento de un 33% de capacidad extra. Considerando un espaciado entre canales de 20 nm, se pueden transmitir hasta 16 canales CWDM cubriendo la banda de 1310 nm a 1610 nm sobre una fibra ZWPF (zero water peak fiber). En cambio, una fibra SMF puede transportar 12

canales o incluso menos dependiendo de la posición e intensidad del pico de absorción. Por debajo de 1310 nm, no obstante, predominan las pérdidas causadas por dispersión de Rayleigh y no se puede transmitir en entornos metropolitanos, quedando su uso limitado al bucle de abonado o aplicaciones de corto alcance como aquellas definidas en IEEE 802.3ae.

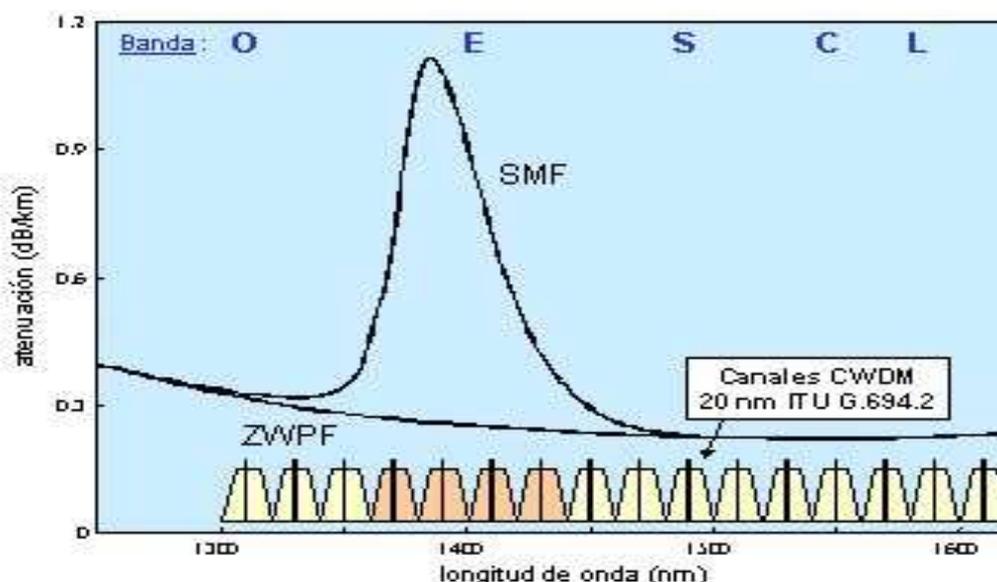


Figura 3.3 Planificación de canales en sistemas CWDM

Existen diversos escenarios, además de las ya comentadas redes metropolitanas, donde CWDM constituye una opción atractiva. Por ejemplo, los sistemas de acceso de banda ancha sobre redes HFC requieren a menudo la transmisión de tráfico de retorno desde los nodos HFC hacia la cabecera situada a unos 75 Km. de distancia de éstos, siendo CWDM un candidato ideal para esta aplicación.

El alcance de las transmisiones digitales banda base sobre CWDM es de hasta 75 Km., si bien en el caso de retorno analógico se tiene un alcance más reducido debido a los requisitos de relación señal a ruido.

La estandarización de esta aplicación, está llevándola a cabo en USA la SCTE (Society of Cable Television Engineers). Los sistemas de acceso de bucle de abonado FTTC (fiber to the curb), FTTB (fiber to the building) o FTTH (fiber to the

home), caracterizados por alcances de hasta 20 Km., constituyen otro campo de aplicación donde CWDM puede ser beneficioso.

Además del requisito de acomodar un amplio margen de alcances del sistema, los proveedores de servicio deben ser capaces también de proporcionar múltiples servicios (voz, vídeo y datos) a los usuarios finales a distintas longitudes de onda usando una variedad de protocolos y tasas de bit: SONET/SDH, ATM, QAM, ESCON, FICON, DV-6000, OC-3 hasta OC-48, Gigabit Ethernet, etc. En este caso, CWDM se ajusta perfectamente a este paradigma, ya que ofrece ancho de banda escalable de una forma económica.

Si en un futuro se necesitara aumentar la capacidad por encima de los 16 canales, entonces podrían colocarse varios canales DWDM en sustitución de uno o dos canales CWDM de la banda C. Esta técnica se conoce como DWDM-over-CWDM y permite hacer crecer el sistema de una forma flexible con un costo inicial reducido.

La mayoría de sistemas CWDM que ya se encuentran implantados en la actualidad transportan tráfico de almacenamiento (SAN, storage area networking) de las redes de grandes empresas.

Esta aplicación se encuentra en auge últimamente y los sistemas CWDM son un candidato ideal debido a su bajo costo, por lo que nadie se preocupa de desperdiciar un canal CWDM completo para transportar un flujo ESCON de 200 Mbps.

Los fabricantes de routers y conmutadores Ethernet están añadiendo capacidades CWDM en sus equipos por medio de GBICs (gigabit interface converters). Por ejemplo, Cisco Systems ha incorporado GBICs en siete de sus productos. De hecho, más de veinte vendedores de sistemas están ofreciendo soluciones CWDM en sus catálogos de productos.

Según los analistas, el mercado mundial de sistemas CWDM durante el año pasado se situó en torno a los 100 millones de dólares y se espera que en el futuro esta tecnología se convierta en un importante nicho de mercado.

Para finalizar, en la tabla 3.1 se resumen a modo comparativo las características de las diferentes tecnologías WDM existentes.

Aplicación / parámetro	CWDM acceso / MAN	DWDM MAN / WAN	DWDM largo alcance
Canales por fibra	4-16	32-80	80-160
Espectro utilizado	O, E, S, C, L	C, L	C, L, S
Espaciado entre canales	20 nm (2500 GHz)	0,8 nm (100 GHz)	0,4 nm (50 GHz)
Capacidad por canal	2,5 Gbits	10 Gbits	10-40 Gbits
Capacidad de la fibra	20-40 Gbits	100-1000 Gbits	>1 Tbits
Tipo de láser	uncooled DFB	cooled DFB	cooled DFB
Tecnología de filtros	TFF	TFF, AWG, FBG	TFF, AWG, FBG
Distancia	hasta 80 Km.	cientos de Km.	Miles de Km.
Coste	Bajo	medio	Alto
Amplificación óptica	Ninguna	EDFA	EDFA, Raman

Tabla 3.1 Comparación entre tecnologías WDM según el tipo de aplicación

RECOMENDACIONES: La tecnología de acceso de la fibra óptica a ser utilizada en la red metropolitana, estará en función de las aplicaciones a utilizar, la forma más simple y segura de la encapsulación de la información, la reducción mínima de las conversiones óptica - eléctrica, y el costo de implementación. Idealmente se debería utilizar la última tecnología denominada DWDM.

Sin embargo, de los costos consultados con los proveedores de transmisores de fibra con tecnología Cisco ^[4] existentes en el país, las técnicas de acceso CWDM y DWDM están en relación 4 a 1 con respecto a las tecnologías tradicionales en lo referente a costos.

La sugerencia realizada por proveedores de servicios de fibra en la ciudad de Quito ^[5], denotan la posibilidad de utilizar IP con protocolo 802.3z con tecnología de acceso CSMA/CD como alternativa que cumple con mejor eficiencia las condiciones indicadas anteriormente, además la alternativa se ajusta a las características de mercado y presupuesto accesible para la red metropolitana en diseño.

Por tanto la capacidad de transmisión de la red metropolitana a diseñar, será en función de la norma IEEE 802.3z FDDI, cuyo estándar indica una velocidad máxima de transmisión de datos de 1 Gbps.

3.1.5 COBERTURA DE LA RED METROPOLITANA

La red metropolitana, tendrá su radio de acción en la ciudad de Quito. Se dispondrá de nodos ubicados de acuerdo a la concentración potencial de clientes, y desde cada uno de dichos nodos se tendrá una red de acceso formada por última milla de cobre, cuyo radio de cobertura es 1,5 Km. y/o última milla de radio enlace (wireless) cuyo radio de acción será 10 Km. ^[6].

En base al estudio de factibilidad de mercado y factibilidad técnica, realizada en el capítulo dos del presente proyecto de titulación, se han establecido los siguientes puntos de concentración de clientes potenciales y su posible ubicación, así se tiene:

- Calderón, Comité del Pueblo, Cotocollao, Aeropuerto, El Inca, Mariana de Jesús, Carolina, Mariscal, El Ejido, Centro Histórico, Villaflora, Cumandá, Guamaní, Guajaló.

- El prototipo del proyecto iniciaría con nueve nodos, considerando que la mayor concentración de posibles clientes se hallan en la zona central de la ciudad de Quito, se va a cubrir inicialmente desde la El Recreo hasta el Aeropuerto. Posteriormente el carrier dueño del proyecto implementará los

nuevos nodos de acuerdo a la demanda de mercado.

3.1.5.1 Consideraciones para ubicación de Nodos y Trazo de Fibra Óptica

Para la ubicación de nodos se consideró los siguientes aspectos:

- El nodo principal se ubicará en el sector con mayor posibilidad de conexión de usuarios potenciales, y según el estudio de mercado la zona comercial más activa de Quito es el sector de la Carolina. Por tanto, en este sector se ubicará el nodo principal.
- Para la ubicación de nodos secundarios, se visitó cada uno de los sectores de la ciudad según el estudio de mercado, y se estableció el punto geográfico central, de tal forma que el nodo disponga de la mayor cobertura.
- Aspectos complementarios de funcionamiento de nodos como son:
 - Existencia de Servicios Básicos: Energía Eléctrica, Agua Potable, Telefonía.
 - Facilidades de acceso.
 - Ambientes Mínimos de Seguridad del sector.

El trazo de la fibra se realizó considerando los siguientes aspectos:

- La fibra a instalar debe ser aérea, esto se debe a que si se quiere planificar la realización de fibra subterránea, es necesario considerar la elaboración de mas de 35 Km. de obra civil (pozos, veredas, tubería, etc.), y su costo de implantación por kilómetro es de 280000 USD ^[7]. Este valor constituye una gran inversión no justificada para el proveedor de servicios. Además, es importante indicar que la única empresa que dispone de obra civil en la ciudad de Quito es Andinatel, y por políticas de la compañía no arrienda ni

alquila dicha infraestructura.

- La fibra aérea será instalada utilizando los postes de alumbrado público existentes en la ciudad. Para ello se deberá realizar un convenio anual de alquiler de los postes con la Empresa Eléctrica Quito, según se explica en la factibilidad legal del capítulo II del presente proyecto de titulación.
- La distancia de la fibra óptica a instalar se la determinó utilizando un mapa digitalizado de la ciudad de Quito y el programa MAPINFO V6.5. Se determinaron las siguientes distancias:

Número	NODO	Distancia Nodo Adyacente
1	Aeropuerto	Mariana de Jesús: 4.940 Km.
2	Mariana de Jesús	El Ejido: 2.950 Km.
3	El Ejido	Centro Histórico: 1.270 Km.
4	Centro Histórico	Recreo: 7.290 Km.
5	Recreo	Cumandá: 3.220 Km.
6	Cumandá	Mariscal: 5.260 Km.
7	Mariscal	Carolina: 2.670 Km.
8	Carolina	Inca: 2.560 Km.
9	Inca	Aeropuerto: 4.010 Km.

Tabla 3. 2 Nodos y Distancia entre Nodos

Tomando en cuenta las consideraciones presentadas en el ítem 3.1.5, relacionado con la cobertura de la red metropolitana, en la figura 3.4 podemos observar la forma como están distribuidos los nodos y la interconexión de estos con fibra óptica.

Como se puede ver, el prototipo del presente proyecto, tendrá una cobertura inicial en el norte de la ciudad hasta usuarios que se encuentren por los alrededores del Aeropuerto, mientras que por el sur llegará hasta usuarios del sector del Recreo.

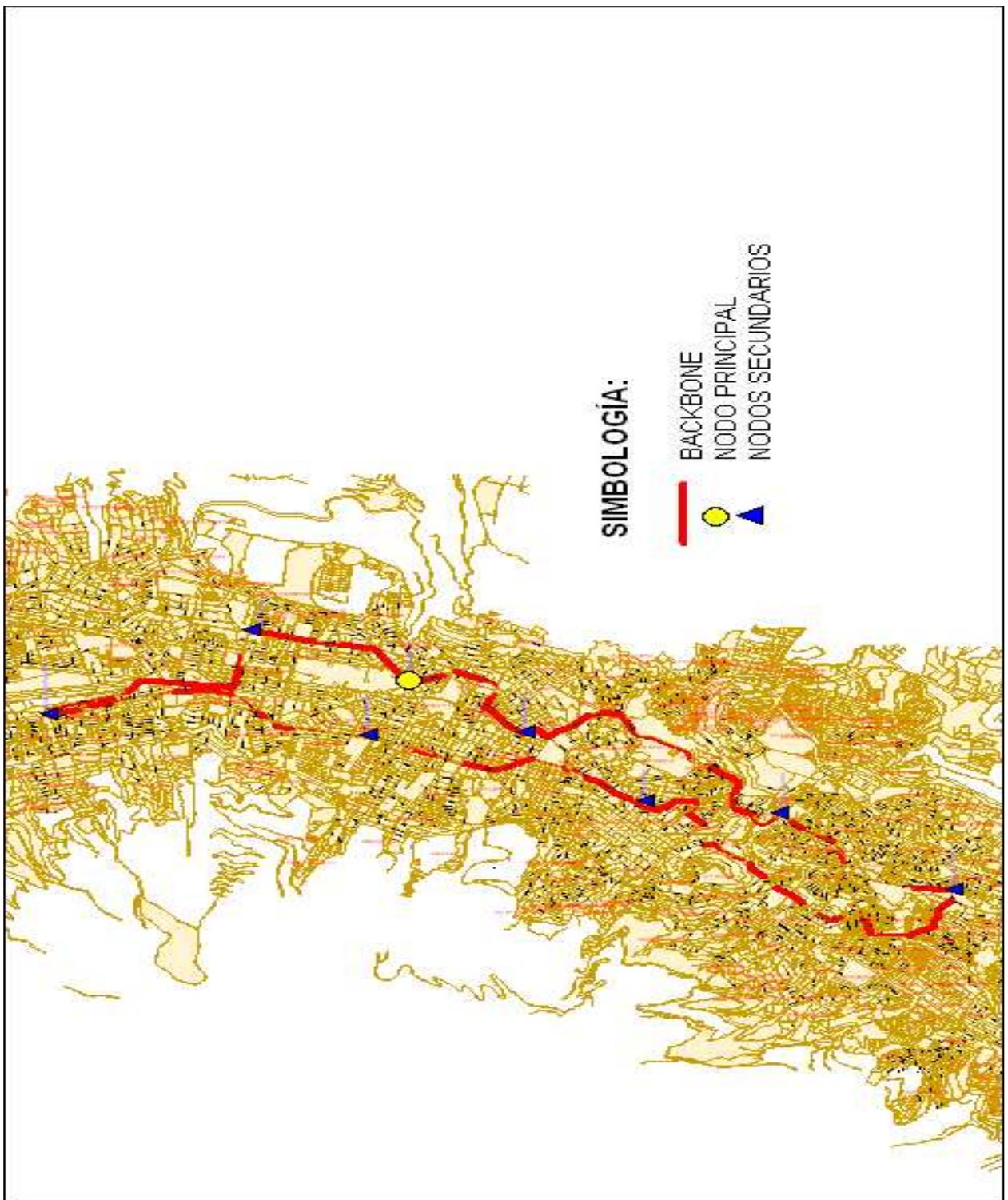


Figura 3.4 Red metropolitana en la ciudad de Quito

3.1.6 TOPOLOGÍA

Se llama topología de una red al patrón de conexión entre sus nodos, es decir, a la forma en que están interconectados los distintos nodos que la forman. Los criterios a la hora de elegir una topología, en general buscan que eviten el costo del encaminamiento (necesidad de elegir los caminos más simples entre el nodo y los demás); otro criterio determinante es la tolerancia a fallos o facilidad de localización de éstos. También se debe tener en cuenta la facilidad de instalación y reconfiguración de la Red. Finalmente el costo de implementación de la infraestructura.

Las topologías de red existentes en redes de computadoras, son una base fundamental para ser consideradas y aplicadas en el diseño de la red metro ethernet. Se puede distinguir tres aspectos diferentes a la hora de considerar una topología:

3.1.6.1 Topología física

Es la disposición real de las máquinas, dispositivos de red y cableado (los medios) en la red.

ESTRELLA	ANILLO	MALLA
Se concentra en un punto central toda la conectividad de la red.	Se dispone de un anillo de enlaces que permite disponer dos posibles conexiones por cada punto de la red.	Permite disponer de dos o más caminos posibles por cada punto de red.
Ventaja: facilidad en Administración, Menor costo de implantación ya que solo necesita de un enlace.	Ventaja: Disponibilidad de dos caminos posibles, si falla uno voy por el otro.	Ventaja: Alta disponibilidad de la red, si falla un camino tengo uno o mas caminos posibles.
Desventaja: Si falla en el nodo central afectaría a todos los usuarios de la red conectadas a dicho nodo	Desventaja: Costos de implantación altos ya que necesito dos enlaces por cada nodo.	Desventaja: Administración compleja y costos bien elevados de implantación ya que se necesita $2n - 2$ enlaces de acuerdo al número de nodos que se disponga en la red.

Tabla 3.3 Topologías WAN

3.1.6.2 La topología lógica

Es la forma en que las máquinas se comunican a través del medio físico.

3.1.6.3 La topología matemática

Mapas de nodos y enlaces, a menudo formando patrones.

RECOMENDACIÓN: Se recomienda que la red metropolitana tenga una estructura física de backbone tipo anillo, que brinde disponibilidad de enlaces principales y secundarios a nivel de nodos; y la red de acceso será tipo estrella. A nivel lógico, el backbone será semejante a una red ethernet (broadcast) y el acceso de usuarios lógicamente será tipo estrella-bus. La estructura matemática de la red metropolitana, considera una estructura tipo árbol, en el cual existen un concentrador principal o patrón que es el cerebro de la red, un segundo nivel de switch que constituyen los concentradores y distribuidores de la información, y un tercer nivel de usuarios finales.

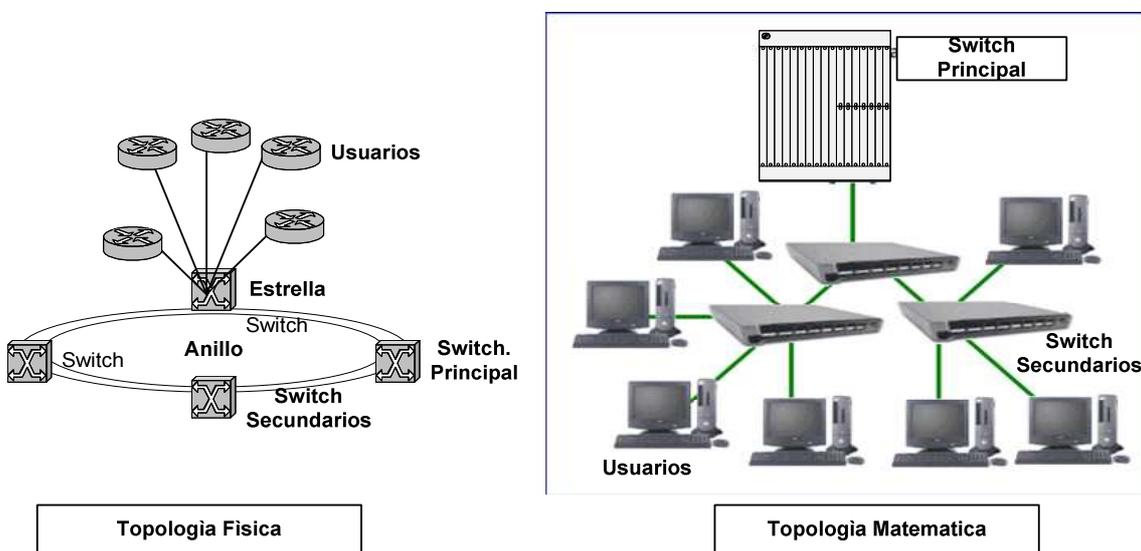


Figura 3.5 Topología de la red MAN

3.1.7 CAPACIDAD DE INFORMACIÓN DEL BACKBONE

En general, para dimensionar los canales de datos que formarán parte de un backbone de comunicaciones, se toma en cuenta el tipo de tráfico a manejar, el ancho de banda mínimo requerido para cada aplicación, y el punto crítico de utilización del canal que se presenta cuando todos los usuarios acceden simultáneamente a los recursos y/o servicios de la red. El dimensionamiento del ancho de banda, equivale a la sumatoria de los anchos de banda de cada cliente que va a utilizar la red.

La única fuente de referencia para determinar el ancho de banda, requerido por cada cliente constituyen las encuestas realizadas en el estudio de mercado, de lo cual se ha obtenido en promedio canales de 128 Kbps por usuario, sin descartar que del resultado de la encuesta existen pocos usuarios que solicitaron mayor ancho de banda. Tomando como referencia que el promedio será de 128 Kbps por usuario, y si se estima que un switch de concentración por nodo tiene la capacidad de 24 puertos (24 usuarios) y la red tiene nueve nodos, necesitaríamos una capacidad estimada en:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Backbone} &= \Sigma \text{ ancho de banda de usuarios} \\ \text{Capacidad de Canal} &= 128 \text{ Kbps} * (24 \text{ usuarios} * 9 \text{ nodos}) \\ \text{Capacidad de canal} &= 27.648 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

Según las recomendaciones indicadas en el numeral 3.1.4, se explica que la tecnología a utilizar es IEEE802.3z cuya velocidad de backbone es 1 Gbps, entonces se está cubriendo totalmente la capacidad de transmisión de los primeros usuarios, y a su vez está cubierta una proyección de crecimiento de aproximadamente 973 Mbps.

3.1.8 SERVICIOS

La Red Metropolitana es una plataforma de comunicaciones de tipo nodal, que permitirá dar servicios de acceso que van desde los 64 Kbps hasta 1 Gbps en la ciudad de Quito donde tiene presencia la red MAN (Red de Área Metropolitana), la misma que basa su funcionamiento en el protocolo estándar Ethernet (Metro-

Ethernet IEEE802.3z). Siendo la base del funcionamiento de metro- ethernet el protocolo IP, los servicios que se planifica brindar serán todos aquellos que trabajen sobre dicho protocolo IP. A través de esta tecnología es posible entregar en forma transparente los diversos servicios de los clientes; se tienen los siguientes posibles servicios:

- Acceso a Internet.
- Videoconferencia.
- Voz sobre IP.
- Redes Empresariales: Gobiernos, Instituciones Educativas, Fábricas, Universidades, Bancos.
- Telemedicina.
- Otros servicios: VPNs, Emisión de videos, etc.

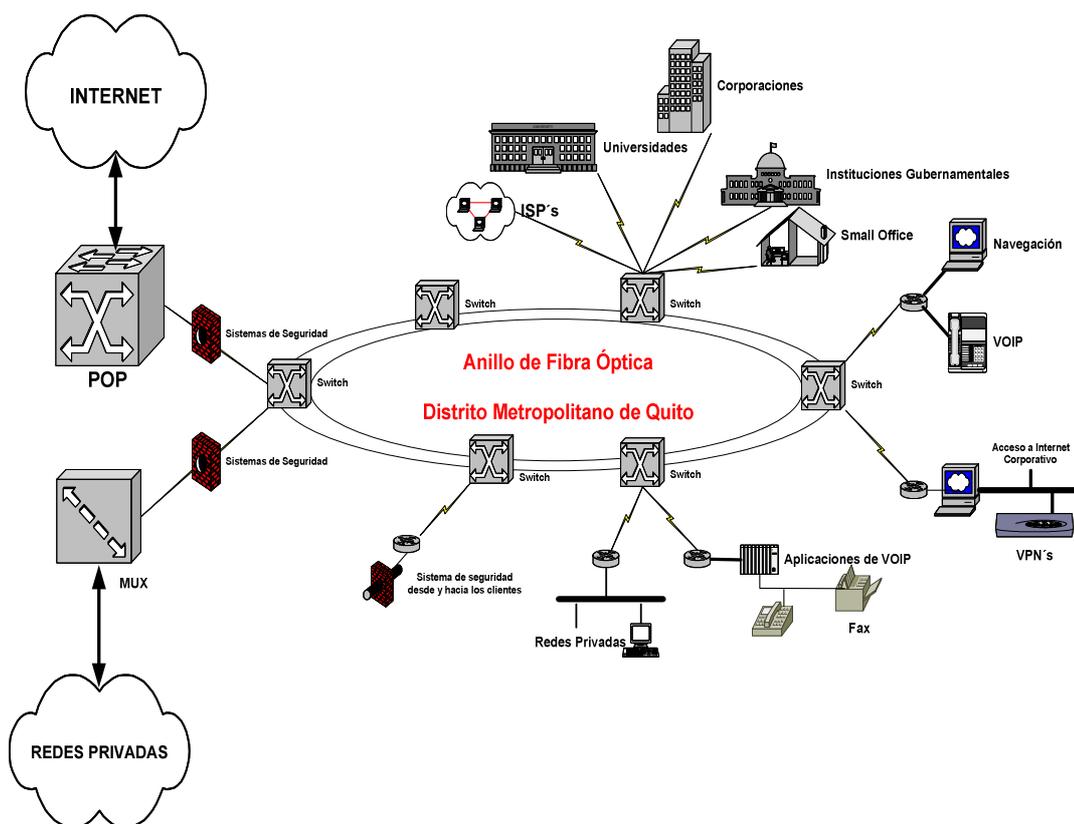


Figura 3.6 Servicios de la Red Metropolitana

3.1.9 DISEÑO FÍSICO DE LA RED

Define el medio de comunicación utilizado para la transferencia de información, dispone del control de este medio y especifica bits de control, mediante las especificaciones de conexiones físicas, mecánicas, eléctricas y ópticas entre equipos; especificaciones funcionales de interfaces de conexión; características técnicas como velocidad, tipos de transmisión, codificaciones de línea, etc.

El diseño físico de la red se realizará en dos etapas:

- Diseño del Backbone.
- Diseño de la Red de Acceso.

3.1.9.1 Diseño del Backbone

3.1.9.1.1 Nodos

De acuerdo a la cobertura y trazado de la red metropolitana, explicados en el numeral 3.1.5.1, se tiene proyectado implementar inicialmente nueve nodos de concentración y cuyas denominaciones, tomadas para fines didácticos son: Nodo Aeropuerto, Mariana de Jesús, Ejido, Centro Histórico, Recreo, Cumandá. Mariscal, Carolina, El Inca.

3.1.9.1.2 Medios de Transmisión del Backbone

Se entienden por Medios de Transmisión los materiales físicos, que son usados para transmitir información entre dos o más puntos.

Para implementar una red de alta velocidad, se requiere de medios de transmisión, que permitan transportar información a grandes velocidades.

Desde este punto de vista, la alternativa como medio de transmisión es la fibra óptica.

➤ Fibra Óptica

Una fibra óptica es un hilo de vidrio, con espesor no mayor al de un cabello humano, que transporta una gran cantidad de información a la velocidad de la luz. La información abarca una amplia gama, desde datos de computadora hasta vídeo o voz. Las fibras ópticas están reemplazando a los cables tradicionales de cobre, usados en la industria de las telecomunicaciones.

La ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), ha creado varias especificaciones, que cubren todas las fibras ópticas del mercado actual:

- Fibras Multimodo (ITU-T G.651)
- Fibras Monomodo Estándar (ITU-T G.652)
- Fibras Monomodo Dispersion Shifted (ITU-T G.653)
- Fibras Monomodo Cut-Off Shifted (ITU-T G.654)
- Fibras Monomodo Non Zero Dispersion Shifted (ITU-T G.655)

Según datos estadísticos de la compañía Pirelli, fabricante de fibra óptica, la longitud total de fibra vendida en el año 2002 alcanza para dar la vuelta al mundo más de 2200 veces, de las cuales la mayor parte responde a las normativas G.652 y G.655. La fibra Multimodo (G.651) representa solo el 4% del mercado ^[8].

Existen dos tipos de fibra óptica posibles de utilizar, que son: fibra monomodo, en la cual la luz puede tomar un único camino a través del núcleo que mide alrededor de 10 micrómetros de diámetro; y la fibra multimodo que tienen núcleos de entre 50 y 200 micrómetros de diámetro. Las fibras multimodo tienen un núcleo mayor, lo que permite a los operadores beneficios en cuanto a la facilidad de manejo en las operaciones de *splicing*, facilitando el empleo de equipamientos básicos de transmisión. No obstante, el núcleo más amplio limita las distancias a las que puede viajar la señal, haciendo que las fibras multimodo solo se empleen dentro

de ambientes pequeños como edificios o campus universitarios. Las fibras monomodo son más eficaces a largas distancias, pero el pequeño diámetro del núcleo requiere un alto grado de precisión en la fabricación, empalme y terminación de la fibra. Si se considera que la red metropolitana conecta nodos separados a distancias promedio de 3.9 Km., la única alternativa es la utilización de la fibra óptica monomodo.

RECOMENDACION: El estándar ITU-T G.652 de fibra óptica es utilizado por carriers ^[9] como Accessram, Suratel, Andinatel, que se encuentran operando con total satisfacción en el mercado local, por tanto es recomendable considerar dicha norma al momento de adquirir la fibra óptica.

➤ Dimensionamiento de la fibra

El dimensionamiento debe cumplir las siguientes consideraciones técnicas independientemente del fabricante:

- Estándar ITU G512.
- Fibra para instalación aérea. Debe poseer todas las características mecánicas adecuadas para soportar los fenómenos atmosféricos que afecten la integridad del cable.
- 18 Hilos de Fibra. Comercialmente existen fibras con 6, 12, 18, 24, 50 hilos. En la tabla 3.4 se tiene el dimensionamiento de hilos para cada nodo.

Conexión	Numero de Hilos	Numero de Hilos Backup	Total Hilos
Nodo Adyacente 1	2	2	4
Nodo Adyacente 2	2	2	4
Aplicaciones Especiales (Clientes que deseen 1 Gbps)	2	2	4
Libre para crecimiento futuro	4	0	4
TOTAL HILOS	10	6	16

Tabla 3.4 Dimensionamiento de Hilos de Fibra Óptica

Es importante indicar que al momento que un hilo de fibra presenta problemas, se activan los hilos de back up; sin embargo, en esos momentos el carrier debe disponer de un plan de contingencia que incluya el mantenimiento correctivo, que rescate los hilos en problemas con el objeto de mantener siempre activa y disponible la capacidad total de hilos de la fibra óptica.

La cantidad de fibra a ser adquirida e instalada según la tabla 3.2 de distancias y nodos es de aproximadamente 35 Km., si se considera un margen del 5 % ^[10] para trabajos de mantenimiento, se tiene un total de 49.29 Km.

➤ Elementos complementarios para la instalación de fibra óptica

En los extremos de los enlaces de fibra óptica es necesario llegar a un dispositivo que concentre todos los hilos. Para ello se utilizan los denominados patch panel de fibra, los cuales son dimensionados en base al número de hilos a utilizar. Por tanto si tenemos una fibra de 18 hilos, se necesita un patch panel de mínimo 18 hilos. Dado que por cada nodo existen dos cables de fibra óptica, provenientes de cada nodo adyacente, y se proyecta instalar 9 nodos, se necesitaran entonces un total de 18 patch panel en la red metropolitana. Adicionalmente los patch panel disponen de terminaciones ópticas denominadas conectores, los cuales según su naturaleza pueden ser SC, ST, FC, etc. Para nuestro caso, se puede utilizar cualquiera de los conectores, sin embargo, se sugiere utilizar conectores SC debido a que son más fáciles de encontrar en el mercado local.

3.1.9.2 Diseño de la Red de Acceso

La red de acceso constituye el medio a través del cual se conecta el usuario hacia el nodo de concentración del proveedor de servicios, y es lo que se conoce como última milla.

El acceso desde el cliente hacia los nodos puede ser alámbrico o inalámbrico:

3.1.9.2.1 Accesos Alámbricos o Cable

Este tipo de acceso se refiere a conexiones que utilizan físicamente un cable metálico u óptico. Para el diseño de la red de acceso alámbrico se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- Medio de Transmisión, que conectado a un equipo terminal (CPE, transceiver, etc.), permita transmitir a altas velocidades entre 10 Mbps y 1 Gbps con un mínimo tiempo de respuesta.
- Soluciones punto a punto (Cliente – Nodo).

Desde este punto de vista se tiene dos opciones de medios de transmisión: por fibra óptica y/o cobre.

➤ Red de Acceso por Fibra Óptica.

La utilización de fibra óptica está dirigida para aplicaciones punto a punto, es decir la conexión desde un punto A hasta un punto B sin la posibilidad de existir ramificaciones en el medio. Por lo tanto, la instalación de la fibra óptica como solución de última milla, se realizará cuando el cliente desee disponer de los beneficios técnicos de la fibra óptica y/o cuando las capacidades de transmisión requeridas por los clientes sean muy grandes (100 Mbps, 1 Gbps, etc.).

RECOMENDACIÓN: La fibra a instalar deberá ser tipo monomodo, que cumpla con los estándares ITUG512, tipo aérea y de 6 hilos, que es valor mínimo que se encuentra comercialmente en el mercado. Dado que la solución esta basada en la tecnología Cisco, se podrá implementar como equipo terminal del cliente un transceiver Cisco para Fibra Óptica, que se incorpora a un switch de capa 2 modelo 2950 y/o un transceiver Cisco de Fibra Óptica que es un dispositivo de capa 1, es decir simplemente un transceiver (fibra / fase/gigabit/ethernet.)

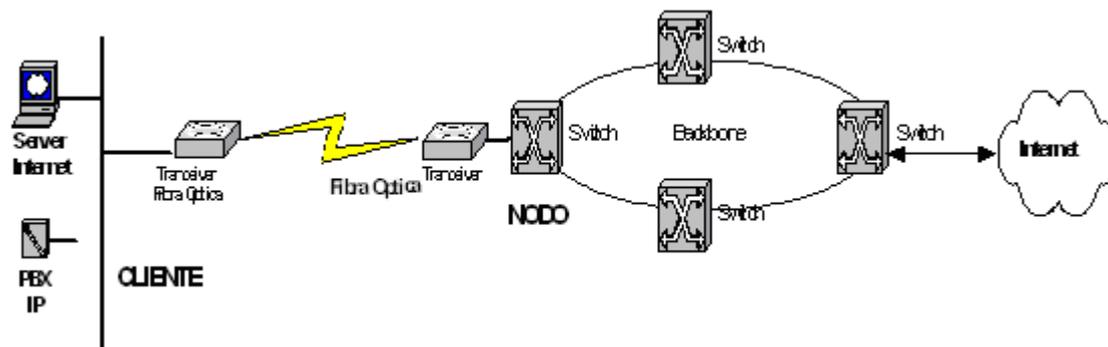


Figura 3.7 Conexión de última milla por fibra óptica / cliente - nodo

➤ Red de acceso por Cobre

El cobre es un medio de transmisión que es muy utilizado en la actualidad, y presenta ventajas tales como la facilidad de instalación, administración y mantenimiento; adicionalmente, dependiendo de los equipos terminales puede brindar velocidades de hasta 16 Mbps con tecnología Cisco, Motorola, entre otras marcas. También tiene desventajas, siendo la más importante el ser altamente susceptible a interferencias electromagnéticas, lo cual implica disponer de mecanismos de descarga y desfogue de corrientes parásitas que puedan afectar el funcionamiento del medio de transmisión.

Para el diseño de la red de cobre se tomarán en cuenta dos instancias:

- Red de dispersión.
 - Acceso al cliente propiamente dicho.
-
- Red de dispersión.

Se tiene un número de veinte clientes que acceden a un nodo X, y si se considera que por cada cliente debe existir un cable de cobre, significa que ingresarán al nodo 20 cables diferentes. Físicamente, los veinte cables ocuparán gran espacio en ductos, probablemente los ductos no tienen espacio suficiente para ingresar mas cables; administrativamente al existir tantos cables sería imposible identificarlos, y si existen daños por el hecho de solucionar el problema de un

enlace pudiésemos causar daños en otro enlace. Para evitar este problema aparece el concepto de red de dispersión.

La idea de la red de dispersión es ingresar al nodo con un solo cable (multipar), que lleva en su interior varios cables, y por un lado se conectará hacia el Nodo a través de regletas telefónicas, las mismas que mediante patch cord se unirán a los puertos de los switch asignados a cada cliente; y por otro lado y a una distancia determinada en función de los clientes potenciales, existirán cajas de revisión que contienen otra regleta telefónica reflejo de la interi, en la cual se conectarían los clientes. Esta forma de conexión facilita la administración, y los mecanismos de mantenimiento mejoran notablemente, ya que según el daño existente solo se revisará la red de acceso cliente – caja de revisión, y en muchos casos ni siquiera se deberá ingresar al nodo. La red de dispersión esta formada por los siguientes elementos:

- Regleta telefónica interior (dentro del nodo).
 - Cable multipar para enlazar las regletas interior y exterior.
 - Regleta telefónica exterior (en el sitio de concentración de clientes).
- Acceso al cliente

La tecnología Cisco tiene específicamente asignado un dispositivo CPE para las conexiones finales en los usuarios. Este dispositivo se conoce con el nombre de Cisco 575 LRE.

El fabricante Cisco System indica la posibilidad de utilizar cables de cobre con una distancia máxima de 1,5 kilómetros y con una impedancia máxima de 75 ohmios. Por recomendaciones del fabricante se puede utilizar el cable de cobre *NEOPREN 2 x 17 AWG*. Adicionalmente, en el lado de usuarios finales, se debe instalar en serie con el cable de cobre un protector de línea aterrizado a tierra para aislar y proteger al CPE ante descargas eléctricas.

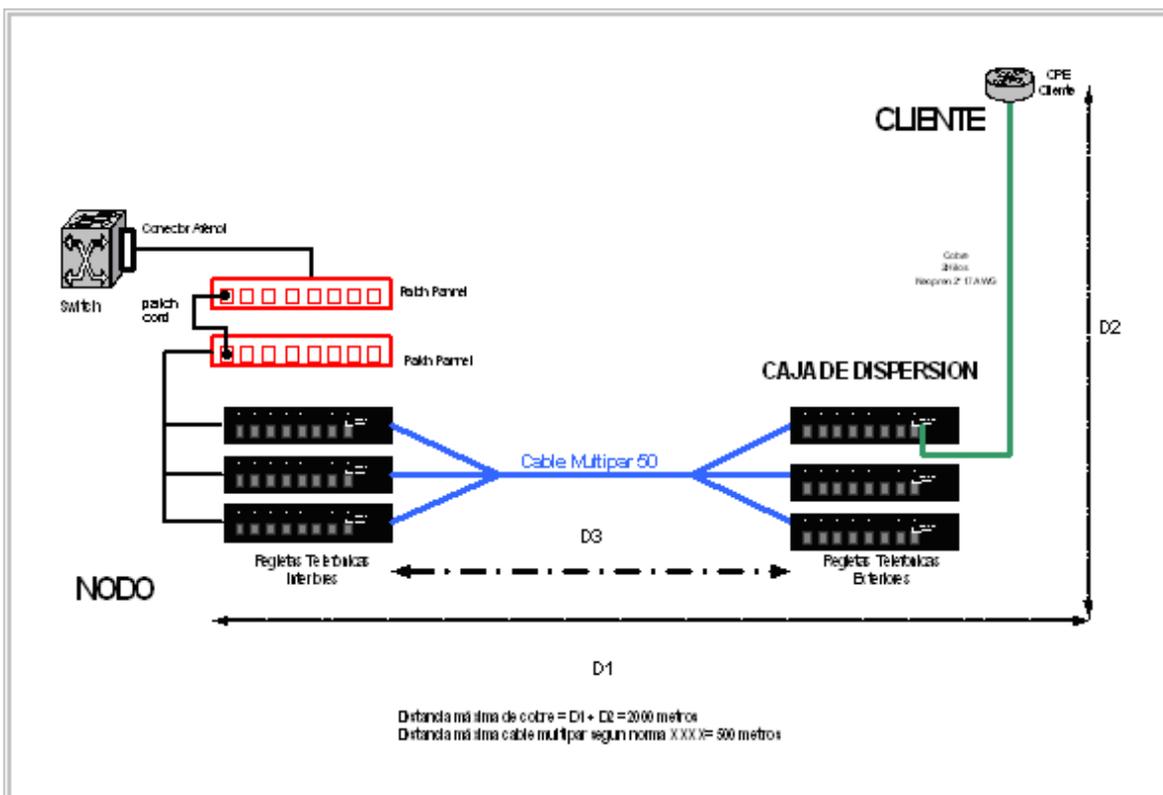


Figura 3.8 Red de acceso por cobre

En los mapas de la figura 3.8 se ha establecido las rutas y trazos de la red de acceso de clientes y ubicación de cajas de dispersión en función de la concentración potencial de clientes y tratando de cubrir la mayor cobertura geográfica de acceso de clientes.

RECOMENDACIÓN: En base a criterios técnicos y experiencias profesionales de empresa carrier ^[11] se recomienda utilizar como CPE CISCO los modelos 500, Cable multipares con Gelatina de Petróleo tipo PF*L equivalente al tipo ELAL-JF y para el acceso de clientes el cable tipo Ericsson Neopren 2 x 17 AWG, cajas de dispersión 22 * 40 y regletas telefónicas tipo Ericsson 10 pares.

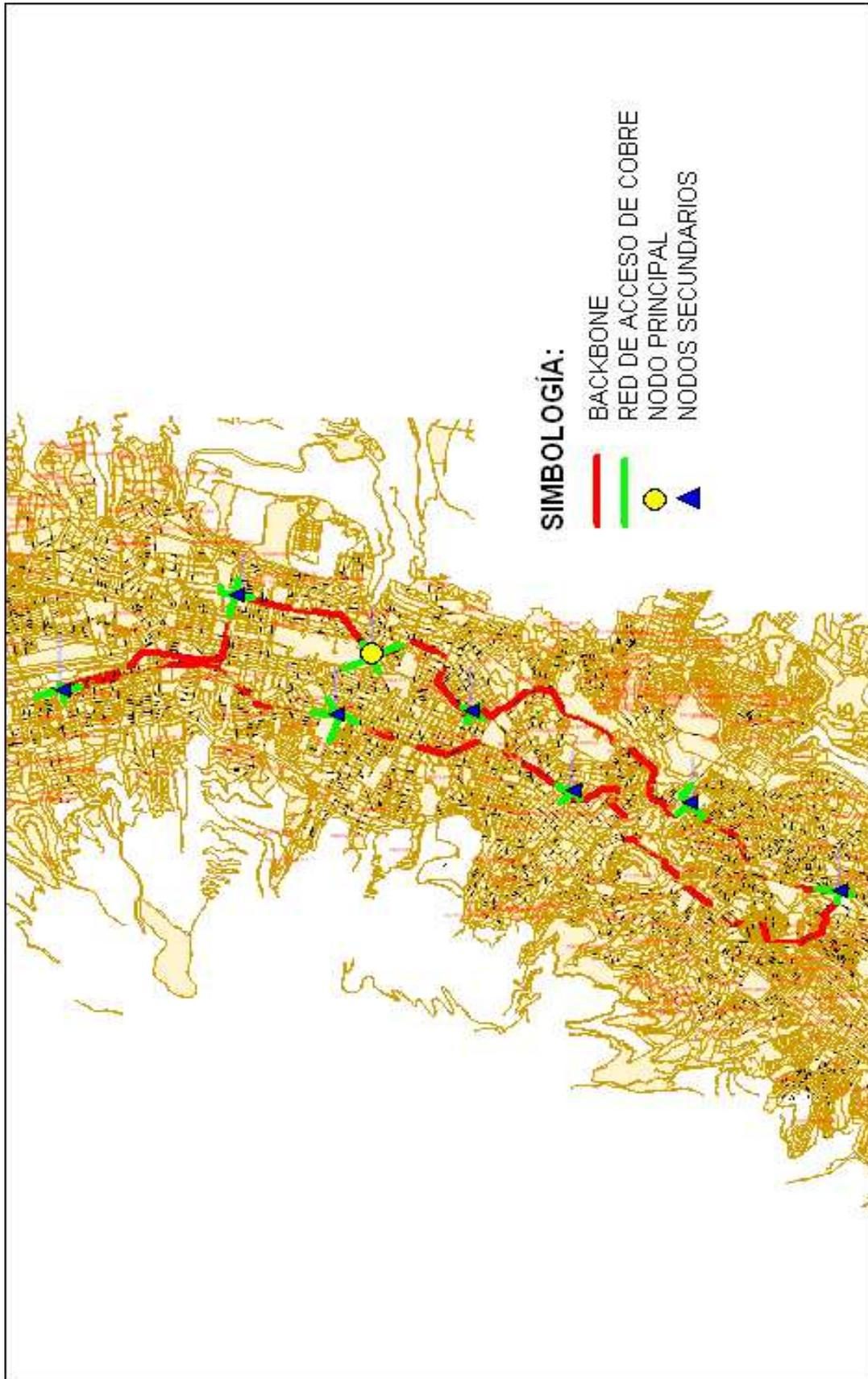


Figura 3.9 Cajas de dispersión y cobertura de 9 nodos

3.1.9.2.2 Accesos Inalámbricos

Existen muchas opciones de realizar accesos inalámbricos las cuales varían según sus fabricantes en frecuencias de trabajo (Spread Spectrum, frecuencias fijas de 7,15,23,38 GHz, etc.), tipos de interfaces (RS232, V.35, Ethernet, etc.), velocidades, mecanismo de acceso a nodos (punto - punto o punto – multipunto), etc.

El diseño del presente proyecto de titulación tiene como alcance el estudiar el acceso de clientes hacia un nodo utilizando un CPE LRE CISCO el mismo que funciona mediante cobre. Por tanto, no se estudiará con detalle el acceso inalámbrico ya que no es parte de los objetivos del presente proyecto y sólo nos limitaremos a explicar brevemente un prototipo de diseño de acceso inalámbrico manteniendo la Tecnología Cisco.

Para implementar un sistema de acceso inalámbrico tomaremos en consideración los siguientes criterios técnicos:

- La red metropolitana es una red de alta velocidad y si se considera que el CPE Cisco permite alcanzar velocidades de hasta 16 Mbps con cobre, entonces se debe pensar en radios que brinden interfaces, infraestructura y funcionalidad con velocidades cercanas o superiores a 16 Mbps. Comercialmente se encuentran radios que entregan interfaz ethernet y que pueden alcanzar los 2,10 y 11 Mbps manteniendo los conceptos de redes de alta velocidad y evitando los denominados “cuellos de botella”.
- Los clientes llegan a un solo punto (NODO) por lo tanto la red de acceso inalámbrica deberá llevar de varios puntos a un sólo punto, entonces hablamos de una sistema punto – multipunto.
- Los sistemas inalámbricos se rigen a normas internacionales de rangos de frecuencia de operación; de igual manera existen rangos de frecuencias en

las cuales un carrier puede operar libremente (previa declaración de enlaces en la SENATEL) usando la tecnología Spread Spectrum en 2,4 GHz y 5.8 GHz. Existen otras frecuencias autorizadas para operar, pero cada empresa portadora deberá firmar un contrato con la SENATEL, y hasta el momento no existen en nuestro país sistemas punto – multipunto en bandas diferentes a las de Spread Spectrum.

Por lo tanto, para accesos inalámbricos se requiere de sistemas punto – multipunto, que permitan altas velocidades y que trabajen con tecnología Spread Spectrum en 2,4 GHz o 5.8 GHz, dependiendo de la contaminación radioeléctrica existente en el sector a instalar el sistema de radio.

Una alternativa apropiada constituye el denominado WI-FI, cuya norma original es la IEEE802.11b, y tiene una tasa de transmisión que alcanza los 11 Mbps.

Una de las ventajas importantes de los radios es que, dependiendo de su transmisor y ganancia de antena, puede alcanzar distancias de cobertura de hasta 10 Kilómetros.

Actualmente se encuentra en desarrollo el estándar IEEE802.11b de hasta 22 Mbps y el estándar IEEE802.11g, que ofrecería velocidades de hasta 54 Mbps.

RECOMENDACIÓN: Manteniendo el criterio de uso de Tecnología Cisco, es importante indicar que se podrían utilizar los modelos disponibles CISCO 340 y 350, que formarían un sistema punto – multipunto al conformar un Nodo Central con arreglo de antenas sectoriales, que puede alcanzar los 360 grados de cobertura. A nivel de usuarios, con antenas de 24 dBi de ganancia, se pueden alcanzar distancias de hasta 10 Kilómetros. Estos equipos poseen mecanismos de autenticación y encriptación; y permiten llegar a velocidades de 11 Mbps con las normas IEEE802.b.

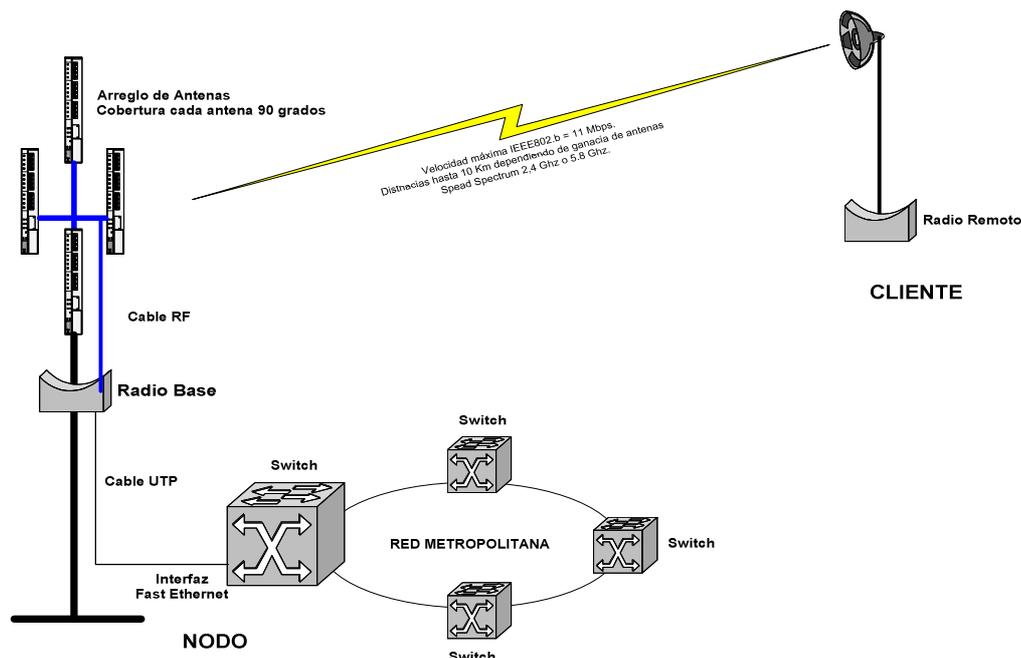


Figura 3.10 Acceso inalámbrico

3.1.9.3 Dimensionamiento de Canales para Aplicaciones Específicas

Si bien es cierto que se dispone de un backbone que tiene una capacidad de transmisión de 1 Gbps y por tanto se puede transmitir gran cantidad de tráfico; sin embargo es importante una adecuada administración de la capacidad de canal que permita crecer en forma controlada la capacidad de canal permitiendo garantizar las bondades de la red metropolitana a sus usuarios.

Para ello es importante tener ciertos criterios de referencia que permitan dimensionar el ancho de banda que necesita cada cliente e incluso el dimensionamiento del acceso a Internet de la red metropolitana. En general para dimensionar los canales de datos se toma en cuenta el tipo de tráfico a manejar, el ancho de banda mínimo requerido para cada aplicación y el punto crítico de utilización del canal que se presenta cuando los usuarios acceden simultáneamente a los recursos, así se tiene:

3.1.9.3.1 Acceso a Internet

- Para dimensionar el acceso corporativo a Internet es recomendable y óptimo instalar un analizador de tráfico, que establezca curvas de utilización, en las cuales se pueda establecer el uso real del canal.

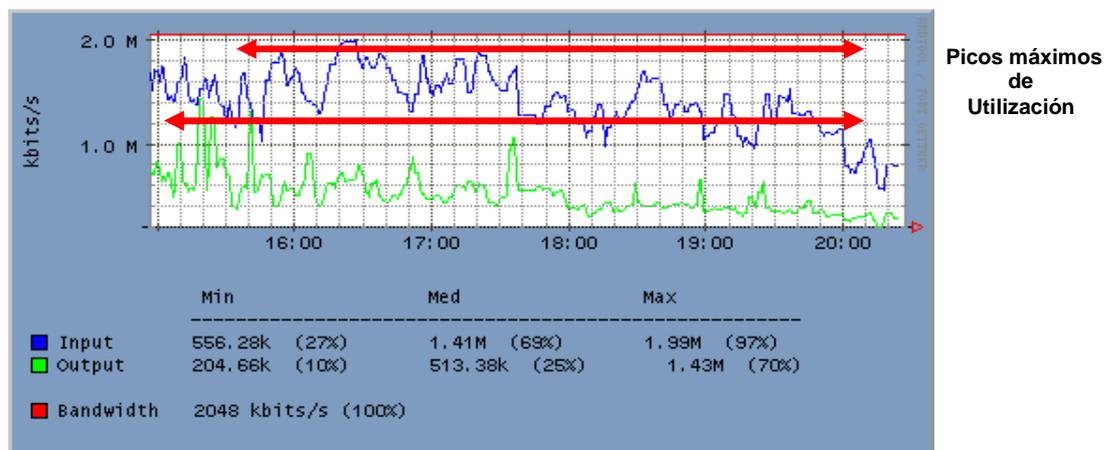


Figura 3.11 MRTG de un cliente del proveedor de servicios local

- En el caso de no existir la posibilidad de instalar un medidor, según estándares internacionales se puede estimar que por cada computador asignado para navegación se requiere de 8 Kbps ^[12] para una comunicación aceptable. Por lo tanto, si se dispone de 10 máquinas, se podrá dimensionar un canal de 80 Kbps para navegación.
- Para el dimensionamiento de la salida internacional de Internet de la red metropolitana, se considera la sumatoria del acceso a Internet de cada uno de los usuarios.

$$\text{Acceso a Internet} = \text{Acceso a Internet usuario 1} + \text{Acceso a Internet usuario 2} + \dots + \text{Acceso a Internet usuario n}$$

- Es recomendable contratar canales de acceso a Internet equivalentes a las necesidades iniciales, y conforme ingresen nuevos clientes, o los requerimientos de acceso a Internet aumenten, se deberán ir realizando los respectivos upgrades.

3.1.9.3.2 Aplicaciones de voz ^[13]

El teorema de Nyquist indica que “el número máximo de baudios que puede transmitirse por un canal no puede ser superior al doble de su ancho de banda.” Así se tiene la siguiente relación:

$$C = 2 BW \times \log_2 V \text{ (bits/segundo)}$$

Donde:

C = Velocidad máxima de transmisión.

BW = Ancho de Banda

V = Número de estados posibles de la señal transmitida

El rango efectivo de la voz humana está entre los 0 - 4 KHz, y si se desea digitalizar la voz con 256 niveles de estados posibles y enviarla por una red, se obtiene:

$$C = 2 \times 4 \text{ KHz} \times \log_2 256$$

$$C = 64 \text{ Kbps}$$

Con el aparecimiento de la digitalización, y la aplicación de algoritmos de comprensión, se ha logrado disminuir la capacidad del canal digital requerido en función de las características del algoritmo utilizado, así se tiene:

Método de Compresión		Capacidad del canal
PCM	G.711	64 Kbps
ADPCM	G.726	32 Kbps
CS-ACELP	G.729	8 Kbps
MP-MLQ	G.723.1	6.3 Kbps
CVSEP		16 Kbps
ACELP		5.3 Kbps

Tabla 3.5 Algunos Algoritmos de compresión de voz

El algoritmo a utilizar dependerá de las características técnicas que dispongan los equipos terminales; según recomendaciones de fabricantes de equipos manejadores de voz como Vanguard y Cisco un valor promedio a considerar en el diseño es 16 Kbps por cada canal de voz.

3.1.9.3.3 Videoconferencia

La capacidad de canal requerido para este servicio está de acuerdo a la capacidad del equipo terminal. Como referencia se dispone de equipos de videoconferencia marca Lucent, Polycom en cuyo manual de especificaciones recomienda un canal mínimo de 128 Kbps para una aceptable transmisión. Por tanto se considera un valor referencial de 128 Kbps para los dimensionamientos de los canales.

3.1.9.3.4 Aplicaciones especiales

Para las aplicaciones especiales como: aplicaciones administrativas, VPN's, Túneles generadas por los usuarios se deberá tomar en cuenta el tipo de tráfico como por ejemplo base de datos, sistemas de control, accesos remotos, etc. Para ello se deberá acudir a estadísticas de uso, manuales de programadores de sistemas, manuales de fabricantes y verificar las características mínimas de comunicaciones en base a lo cual se debe realizar las respectivas pruebas hasta obtener el ancho de banda adecuado.

3.1.10 DISEÑO LÓGICO DE LA RED

El diseño lógico de la red implica evaluar las características de capa de enlace y capa de red, según el modelo OSI que se requieran para la red metropolitana. Es importante recordar que según lo recomendado en el numeral 3.1.4, el protocolo de capa dos a utilizar es el IEEE802.3z y de capa tres el protocolo IP, complementados con las características de la tecnología propias de CISCO. Si se analiza físicamente y se observa la figura 3.6, se puede concluir que la red metropolitana es un conjunto de switch que se unen entre sí físicamente mediante fibra óptica a través de sus tranceiver ópticos.

Para poder comunicar dos entes de la red en forma independiente de los demás, es necesario crear circuitos exclusivos para cada usuario, es así que si el usuario A conectado al switch A desea enviar información al usuario B conectado al switch B, necesita un camino único por el cual transmitir la información, se habla entonces de la necesidad de un circuito virtual, ya que sobre un tubo gigante de datos sólo debe existir un camino entre A y B. Si se considera que la red trabaja con el protocolo IEEE802.3, que en su origen refiere a redes LAN tipo Ethernet, se está refiriéndose por lo tanto a una extensión de LAN a través de un circuito virtual, y es lo que se conoce como VLAN.

Desde este punto de vista, el mecanismo de enlace entre switch y usuarios son las denominadas VLAN's, las cuales crean canales transparentes aptos para todo tipo de tráfico. Se trabaja a nivel de capa dos según el modelo de referencia OSI. El nivel de capa tres referido al protocolo IP se encargará del enrutamiento de tráfico desde su origen hasta su destino y de esta manera se logra la comunicación entre dos puntos. En definitiva el concepto básico a utilizar son VLAN's y protocolo IP.

3.1.10.1 Estructura lógica de la Red Metropolitana

La red metropolitana según la Tecnología CISCO con LRE está formada por las siguientes partes:

- Punto Central de Control la Red Metropolitana.
- Switch de Backbone.
- Switch de Acceso de Clientes.
- Controladores de Ancho de Banda.
- CPE.
- Sistemas Específicos: Acceso a Internet, Firewall, etc.

3.1.10.1.1 Punto Central de Control de la Red Metropolitana

La red metropolitana tiene concentrada su operación en un punto central, el cual es el encargado de la administración de circuitos virtuales VLAN's, y su enrutamiento y transporte desde un sitio a otro. También es responsable del enrutamiento IP en el caso de que las peticiones de los usuarios sean acceder a otras redes y/o conectarse a Internet. Puesto que en el punto central se tendrá un tráfico importante de información, ya que todos los nodos para cualquier petición tendrán que necesariamente pasar por el cerebro de la red, se deberá manejar los protocolos de enrutamiento OSPF y BGP. Adicionalmente podrá concentrar vía ethernet otros posibles equipos dentro del *CORE* del proveedor o *carrier*, tales como firewalls, enrutadores, servidores, etc. El dispositivo que realiza estas funciones se le denomina switch – router de capa tres.

- Dimensionamiento del Switch – Router de capa 3

Las características mínimas del enrutador a utilizar son:

- Switch - Router modular.

- Tarjeta Switch con al menos Ocho puertos autosensing (RJ-45) 10/100 Fast Ethernet (negociación automática dúplex e IEEE 802.1Q VLAN routing).
- Cuatro interfaces para fibra Óptica Gigabit Ethernet IEEE802.3z
- Un puerto auxiliar (DB-25) con interfaz EIA/TIA-232 (para soporte de transmisión serial asincrónico para velocidades menores de 115,2 Kbps)
- Un puerto de consola (DB-25) con interfaz EIA/TIA-232.
- Memoria DRAM: 256 MB.
- Procesador de 200 MHz.
- Memoria Flash: 128 MB.
- Funcionalidad de Firewall.
- Soporte la operación y administración de por lo menos 1000 VLAN`s. (considerando un máximo de 100 usuarios en 10 nodos)
- IOS que soporte CMS, VPN's (IPSec, DES, 3DES) de alta velocidad con capacidad de encriptación por hardware, QoS, y Multicast., protocolos de enrutamiento BGP, OSPF.

RECOMENDACIÓN: El Cisco 6500 tipo switch – enrutador de capa tres cumple con estas funciones.

3.1.10.1.2 Switch de backbone

Los switch de backbone debe tener la capacidad de conectar los tramos de fibra óptica del backbone. Estos dispositivos van a manejar la conmutación y conmutación de VLAN's hacia los destinos y realizarán funciones de enrutamiento.

➤ Dimensionamiento del Switch de Backbone

Las características mínimas del enrutador a utilizar son:

- Switch - Router modular.

- Tarjeta Switch con al 24 puertos autosensing (RJ-45) 10/100 Fast Ethernet (negociación automática duplex e IEEE 802.1Q VLAN routing).
- Dos interfaces para fibra Óptica Gigabit ethernet IEEE802.3z
- Un puerto auxiliar (DB-25) con interfaz EIA/TIA-232 (para soporte de transmisión serial asincrónico para velocidades menores de 115,2 Kbps)
- Un puerto de consola (DB-25) con interfaz EIA/TIA-232.
- Memoria DRAM: 256 MB.
- Procesador de 200 MHz.
- Memoria Flash: 128 MB.
- Soporte la operación y administración de por lo menos 100 VLAN`s. (considerando 100 usuarios en cada nodo)
- IOS que soporte protocolos de enrutamiento CMS, VLAN, QoS, protocolos en enrutamiento BGP, OSPF.

RECOMENDACION: El Cisco 3500 tipo switch – enrutador de capa tres cumple con estas funciones.

3.1.10.1.3 Switch de acceso a usuarios

Los switch de acceso a usuarios tendrán una interfaz que permitirá acoplar los pares de cobre provenientes del usuario y el switch de concentración; permitirá conectarse por medio de una interfaz de fibra óptica hasta el switch de backbone y la conmutación y direccionamiento de VLANS. No tiene capacidad de ruteo.

➤ Dimensionamiento del Switch de Accesos a Usuarios

Las características mínimas del enrutador a utilizar son:

- Switch modular.
- Interfaz de Cobre tipo Afenol con 48 puertos de conexión para pares de cobre (2 hilos).
- Dos interfaces para fibra Óptica Gigabit ethernet IEEE802.3z.

- Un puerto auxiliar (DB-25) con interfaz EIA/TIA-232 (para soporte de transmisión serial asincrónico para velocidades menores de 115,2 Kbps).
- Un puerto de consola (DB-25) con interfaz EIA/TIA-232.
- Memoria DRAM: 256 MB.
- Memoria Flash: 128 MB.
- Soporte la operación y administración de VLAN's.
- IOS que soporte Manejo de Vlan's con control básico de perfiles de usuario.

RECOMENDACIÓN: El Cisco 2950 tipo switch de capa dos cumple con estas funciones.

3.1.10.1.4 Controladores de Ancho de banda

Si bien es cierto la capacidad máxima de canal para el acceso de un usuario hasta el backbone es de 16 Mbps, esto no significa que el proveedor va a brindar toda la capacidad existente de ancho de banda a sus usuarios, sino por el contrario el proveedor o carrier va a comercializar ancho de banda en función de las necesidades de sus potenciales clientes, es decir, no se puede desperdiciar ancho de banda. Por lo tanto, deben existir mecanismos por hardware o software que permitan controlar el ancho de banda contratado por cada usuario.

➤ Control de ancho de banda por Dirección IP

La tecnología Cisco permite mediante software realizar el control de ancho de banda en base a especificar una dirección IP. Para ello se crean unas condiciones de acceso (listas de acceso), las cuales son revisadas en la interfaz aplicada y en función del comando de limitación de ancho de banda (traffic shapping y/o rate limit) controlan el ancho de banda asignado.

Es una solución muy apropiada para soluciones IP íntegras, y que son aplicadas sobre interfaces físicamente existentes; en nuestro caso vamos a disponer de

interfaces virtuales (interfaces VLAN'S) y por tanto no podremos aplicar controles de ancho e banda por IP a nivel de VLAN. Utilizaremos esta opción en los casos que los clientes finales instalen un enrutador Cisco que permita la funcionalidad de control de ancho de banda por IP.

➤ Control de Ancho de banda por puerto físico

Normalmente, en un enlace de última milla los equipos terminales pueden mediante hardware o software limitar la velocidad de transmisión de la información. En la red metropolitana, la última milla está formada por el switch de acceso a clientes y el CPE de usuario, que por principio es un canal bridge que puede dar hasta 16 Mbps.

A nivel de hardware no existe posibilidad para controlar anchos de banda, ya que por estándar trabajan con norma ethernet IEE802. En cuanto al software, CISCO SYSTEM dispone de un IOS, que cargado en el switch de acceso a clientes puede controlar velocidades a valores fijos tales como: 512 Kbps, 1, 2, 6, 8, 10, 14,16 Mbps, pero si se desea comercializar canales de 64 Kbps, 128 Kbps, etc., o canales intermedios de 768, 1086 Kbps etc., no se podría bajo este método ya que existen velocidades predeterminadas y no son configurables libremente a las necesidades del proveedor o carrier.

➤ Control de Ancho de banda por VLAN

Todo usuario que ingrese a la red metropolitana tendrá necesariamente asignado una VLAN, la cual circulará por la red pasando necesariamente por el switch – central. Es decir, si se logra controlar el ancho de banda por VLAN se tendría un control eficiente del ancho de banda contratado por el usuario.

Existen en la actualidad dispositivos físicos conformados por hardware y software, que controlan el ancho de banda por VLAN y por IP siendo esta la solución apropiada para el control de ancho de banda de usuarios.

RECOMENDACIÓN: Se sugiere un equipo que realiza control de ancho de banda por VLAN y por IP, y que pueda manejar flujos de tráfico de hasta 100 Mbps. Un equipo que funciona bajo estas características es el ALLOT 3100.

3.1.10.1.5 CPE

Es un equipo terminal de usuario tipo bridge (puente) que no necesita de configuración, y al conectar al enlace en la red es identificado por su Mac Address. Dispone de una interfaz ethernet IEEE 802.3 para la conexión de la red del cliente y una interfaz RJ11 para la conexión hacia el circuito de cobre.

Los modelos de CPE que Cisco utiliza son los LRE 500.

3.1.10.1.6 Acceso a Internet

Está formada por los equipos y dispositivos que permiten el acceso a Internet, entre estos tenemos los circuitos de acceso a Internet y al router de border.

Para obtener el acceso a Internet, es importante que se mantenga la utilización de la salida por fibra óptica, de tal forma que se pueda disponer de una red total de fibra óptica. Los proveedores de fibra del país tienen dos tipos de acceso al Internet a través de fibra y son: por el Perú a través del cable Maya y por Colombia a través del cable Arcos. Para nuestro caso cualquiera de las dos salidas es alternativa válida, sin embargo por cuestiones de costos de acceso la salida por el sur del país es más económica ^[14].

El enrutador de borde por tanto, deberá tener características de conexión por fibra óptica ATM, SDH, etc., dependiendo de las interfaces que ofrezca el proveedor.

La disponibilidad de servicios es un factor determinante para la satisfacción de los clientes, por lo tanto es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Exigir al proveedor internacional la provisión de backup de canales de acceso y de proveedores de Internet.
- Disponer de un canal alternativo, que puede ser satelital, de tal forma que si por alguna razón la salida por la fibra óptica se pierde y se torna crítica, se pueda enrutar el tráfico provisionalmente por el satélite hasta solucionar dicho problema. Se sugiere un canal equivalente a la octava parte del canal principal ^[15].

Con técnicas tradicionales de comunicación satelital, es imposible disponer de canales satelitales de 25 Mbps, ya que serían costosos en equipamiento y en uso de espacio satelital; para ello existen en la actualidad tecnologías satelitales, como el denominado IP broadcast que permiten tener hasta 40 Mbps en recepción y 10 Mbps en transmisión, y tienen interfaz LAN / RJ45 ^[16].

➤ Dimensionamiento del enrutador de Border

Considerando los tipos de salida posibles hacia el Internet y sus mecanismos de backup se ha estimado como mínimo el siguiente enrutador CISCO ^[17].

- Router modular.
- Dos puertos autosensing (RJ-45) 10/100 Fast Ethernet (negociación automática dúplex e IEEE 802.1Q VLAN routing).
- Dos slot para transceiver de fibra óptica Gigaethernet IEEE802.3z.
- Un Transceiver de fibra óptica monomodo 1300 a 1500 nm con estándar IEEE802.3z.
- Interfaz para fibra óptica ATM / SDH / STM1 / CDWM, etc. según la interfaz que entregue el proveedor.
- Un puerto auxiliar (DB-25) con interfaz EIA/TIA-232 (para soporte de transmisión serial asincrónico para velocidades menores de 115,2 Kbps).
- Un puerto de consola (DB-25) con interfaz EIA/TIA-232.
- Dos puertos seriales con interfaz V.35 DTE.

- Dos slots para tarjetas de interfaz WAN.
- Memoria DRAM: 96 MB.
- Procesador de 48 MHz.
- Memoria Flash: 16 MB.
- Funcionalidad de Firewall.
- IOS que soporte CNS, VPN's (IPSec, DES, 3DES) de alta velocidad con capacidad de encriptación por hardware. QoS y Multicast., protocolos de enrutamiento BGP, OSPF.

RECOMENDACIONES: Existen varios proveedores de acceso a Internet por medio de fibra óptica como son: Andinadatos, MEGADATOS S.A., Transnexa, Telconet, Impsat, etc. En lo referente a enrutadores CISCO, los modelos 3500 y 2600 disponen de las características anteriormente indicadas. En relación a los accesos por satélite por IP BROADCAST, sólo la compañía MEGADATOS S.A. dispone del servicio.

3.1.10.1.7 Firewall

El hecho de tener el acceso a Internet, implica la posibilidad de que cualquier ente pueda ingresar hasta algún equipo de la red, ocasionando daños que pudiesen afectar la operación de la misma. Por ello es importante disponer de un firewall que sea una defensa ante los posibles ataques. Los criterios generales para implementar un sistema de seguridad en un firewall, contemplan entre otros los siguientes aspectos técnicos:

- Control de acceso por aplicación para todo tráfico IP, usando reglas que alerten y bloqueen los posibles accesos.
- Protección de accesos maliciosos con java applets.
- Filtraje de rutas orígenes TCP y UDP que desean atacar a la red.
- Control de detalles de conexión, que mantengan un historial de tiempos, hosts orígenes, hosts destinos, puertos y número de bytes transmitidos que permitan detectar actividades no autorizadas.

- Disposición de sistemas de alertas en tiempo real, que anticipen un potencial ataque.
- Disposición de sistemas de detección de intrusos.

El firewall será utilizado especialmente para los servicios de red que disponga el proveedor de servicios o carrier, como son: DNS, FTP, etc., aplicaciones específicas. No se dará servicios de firewall a clientes finales. Para dimensionar el firewall se deben tomar en cuenta las siguientes características:

- Tres puertos 10 / 100 Mbps.
- Procesador 120 MHz.
- Capacidad para VPN's integrada.
- Memoria RAM: 32 MB y Memoria Flash ROM: 8 MB.
- Controles de acceso basado en contenido: filtrado URL, soluciones de antivirus, filtrado applets java.
- Opciones de seguridad contra IP spoofing y denial of service attack.
- Soporte de métodos de autenticación de usuarios: RADIUS, TACACS.
- Interfaz Integrado Web GUI.
- Redundancia y Recuperación de fallos.

RECOMENDACIONES: El firewall Secure Pix 515UR de Cisco cumple con estas características.

3.1.11 PROTOTIPO DE IMPLEMENTACION DE LA RED METROPOLITANA (ANEXO 3)

En el Anexo 3 se encuentran las configuraciones necesarias que se deben realizar en los equipos, para su normal funcionamiento.

3.1.11.1 Conectividad del Backbone de la Red Metropolitana

➤ Conectividad Física

En la figura 3.12 se muestra la conectividad física del nodo central con dos nodos secundarios.

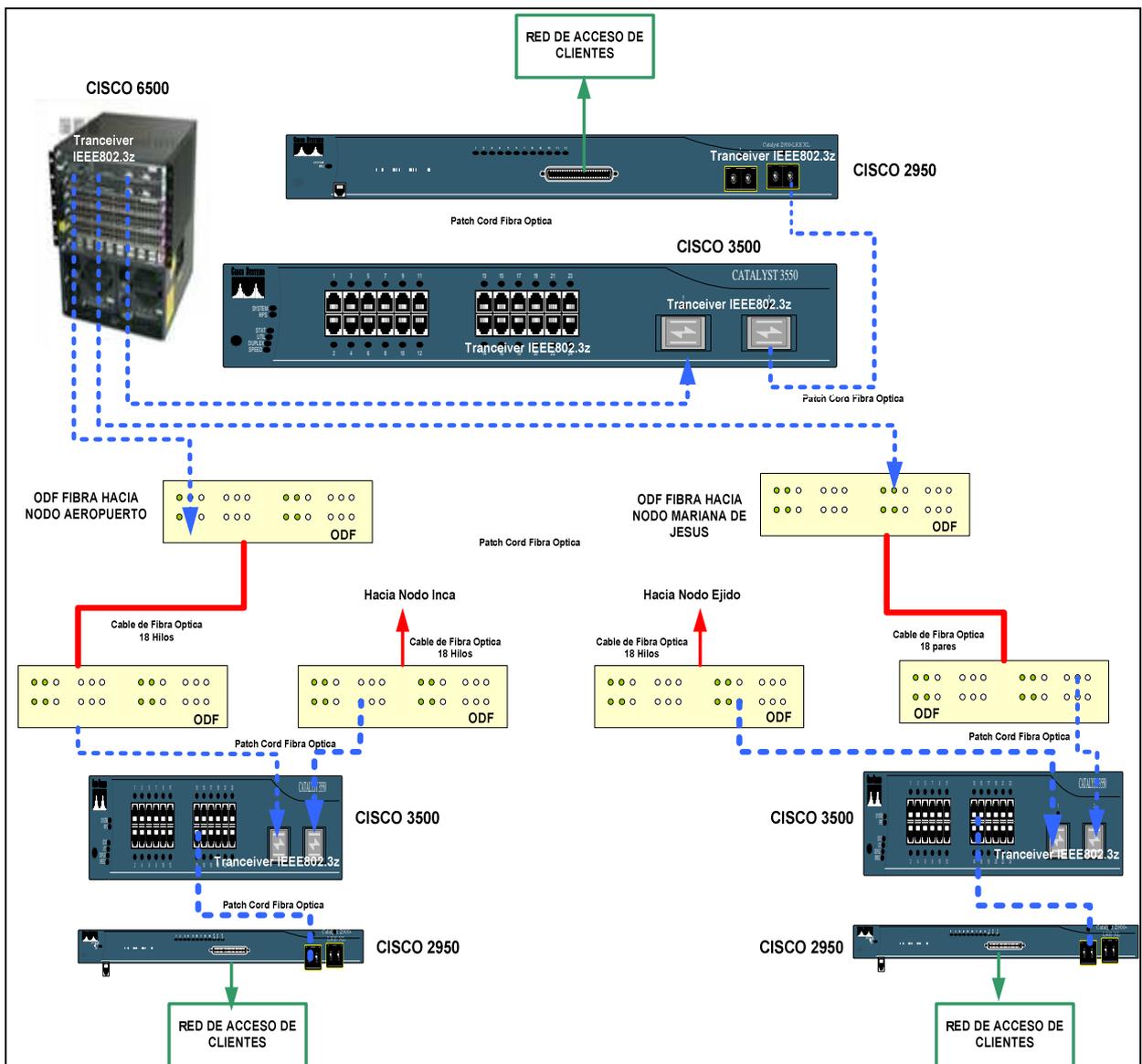


Figura 3.12 Conectividad de nodos

En la figura 3.13 se muestra la conectividad física de la red de acceso de clientes.

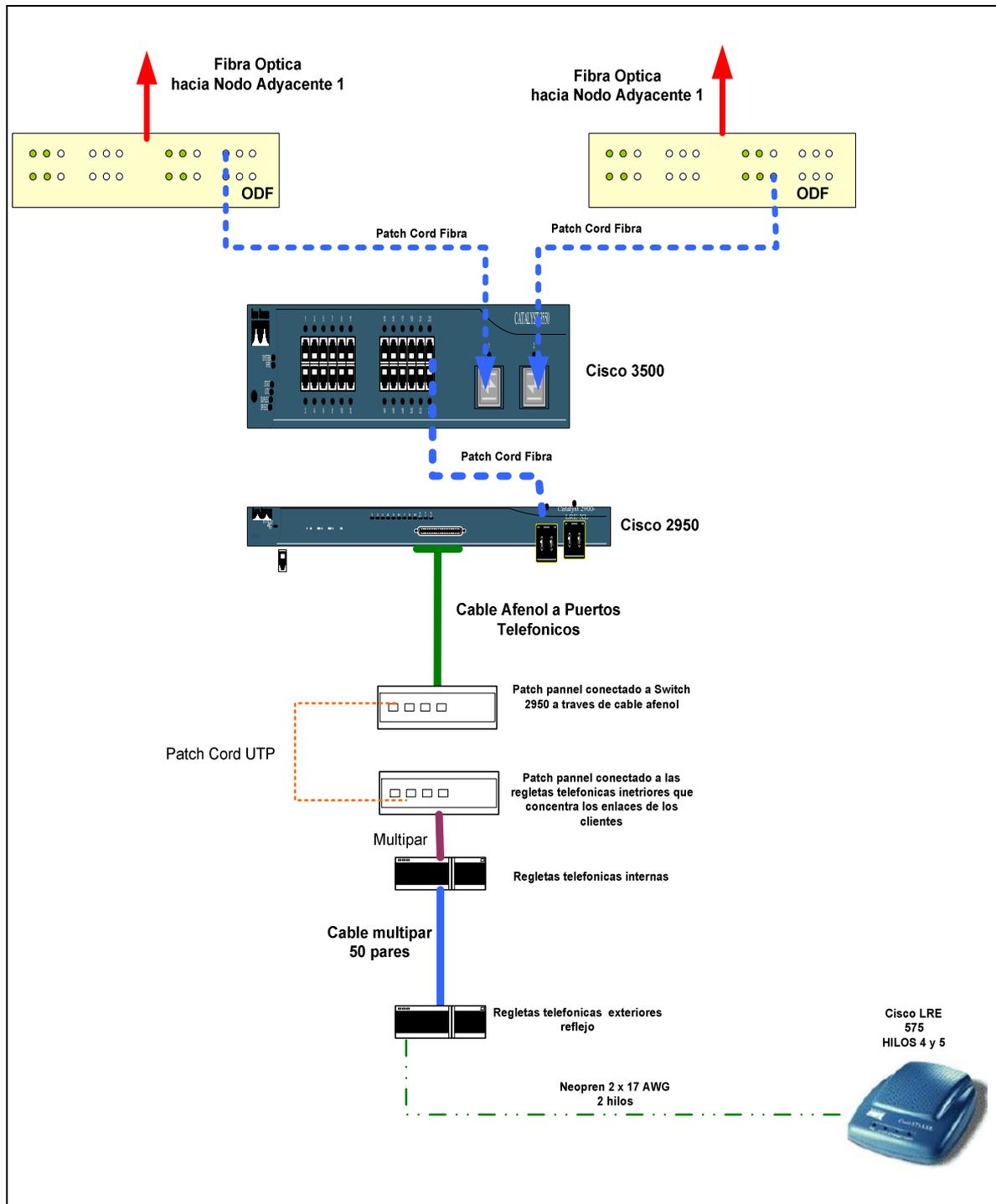


Figura 3.13 Conectividad de Nodos y Acceso de Clientes

➤ **Conectividad Lógica de Switch.**

La conectividad de switch de la red metropolitana a nivel lógico se realiza a través del protocolo de capa dos IEEE 802.3 z, y el protocolo IP de capa tres.

En capa dos se utilizan las denominadas VLAN's, las cuales asocian un grupo de usuarios en un mismo dominio de broadcast.

Existen VLAN estáticas y dinámicas; las primeras asignan puertos a una VLAN, son fáciles de administrar, configurar y monitorear. Las segundas son producto de una administración de VLAN's centralizada, basadas en direcciones MAC, tipo de protocolo o direcciones lógicas, son más difíciles de configurar pero más seguras, ya que notifican cuando una nueva MAC desea acceder a la red. Los puertos son capaces de identificar dinámicamente su configuración de VLAN.

- Selección de Tipo de VLAN's

Las VLAN's pueden ser estáticas o dinámicas. Para nuestra red metropolitana se utilizarán VLAN's estáticas. Adicionalmente las VLAN's a configurar pueden ser VLAN's por puerto, por dirección MAC y por protocolo.

Se utilizarán las VLAN's por puerto. El etiquetado entre switchs puede ser ISL, 802.iq y emulación de LAN LANE. La etiquetación a utilizar será 802 iq, ya que es el protocolo VLAN ethernet definido por el IEEE.

- Asignación de VLAN's

Para una administración controlada de asignación de VLAN's, se ha tomado como estándar asignar un rango de VLAN's por nodo, así se tiene:

Número	NODO	Rango de VLAN
0	Administración	2 – 99
1	Aeropuerto	100 – 199
2	Mariana de Jesús	200 – 299
3	El Ejido	300 – 399
4	Centro Histórico	400 – 499
5	Recreo	500 – 599
6	Cumandá	600 – 699
7	Mariscal	700 – 799
8	Carolina	800 – 899
9	Inca	900 – 999

Tabla 3.6 Rango de VLAN para Nodos

- Configuración de sistemas de backup de los switches de backbone

En vista de que se dispone de un anillo de fibra óptica, para cada uno de los nodos de la red se tendrán dos posibles caminos para transmitir la información. Por tanto, es importante una adecuada configuración de caminos principales y alternos, de tal forma que no existan problemas de pérdida de paquetes, que puedan generar pérdida de información. Adicionalmente, existe la posibilidad de balanceo de carga, es decir, que el tráfico se vaya equitativamente por los dos posibles caminos, sin embargo, puede ser que para un determinado destino un camino sea más largo que otro y la información llegue con retraso o adelanto, pudiendo provocar fallas de información.

Desde este punto de vista, se establecerá un único camino como principal, y el secundario funcionará a plenitud únicamente cuando el principal tenga problemas. No existirá balanceo de carga. El protocolo que permite realizar esta configuración entre switches es el protocolo *Spanning Tree*.

Tan pronto como cada dispositivo ha aprendido la configuración de la red, un bucle presenta la información de conflictos en el segmento en que una dirección específica se localiza, y obliga al dispositivo a remitir todo el tráfico. El Algoritmo

Spanning Tree Protocol es una norma del software (especificaciones IEEE 802.1d) para describir cómo los puentes y conmutadores pueden comunicarse para evitar bucles en la red.

Intercambiando paquetes, denominados BPDU, los puentes y conmutadores establecen un único camino para alcanzar cada segmento de la red. En algunos casos, un puerto de un conmutador o puente puede ser desconectado si existe otro camino al mismo segmento.

El proceso de transmitir los paquetes BPDU es continuo, por lo que si un puente o conmutador falla repentinamente, el resto de los dispositivos reconfiguran sus rutas para permitir que cada segmento sea alcanzado.

En algunos casos, los administradores de la red diseñan bucles en redes con puentes, de forma que si un puente o conmutador falla, el algoritmo Spanning Tree calculará la ruta alternativa en la configuración de la red. Para que esto funcione correctamente, todos los conmutadores y puentes de la red deben de soportar este protocolo.

- Configuración para conexión de clientes (Anexo 3)

➤ **Administración Remota**

La administración remota se puede realizar a través del protocolo IP. Mediante Telnet o vía WEB habilitando el servidor http en los dispositivos.

Para las dos alternativas es necesario que el switch disponga de una dirección IP, para ello se ha establecido una IP de administración asignada sólo al Switch del backbone y una única VLAN para administración.

Un ejemplo de la habilitación de la administración se muestra a continuación, y en el Anexo 3 se indica la configuración de los equipos del ejemplo planteado.

Para la administración por IP se asigna la red 208.235.105.0 / 24 para switchs del backbone.

EQUIPO	NODO	DIRECCION IP
Cisco 6500	Carolina	208.235.105.1
Cisco 3500	Carolina	208.235.105.2
Cisco 2950	Carolina	208.235.105.3
Cisco 3500	Aeropuerto	208.235.105.4
Cisco 2950	Aeropuerto	208.235.105.5
Cisco 3500	Mariana de Jesús	208.235.105.6
Cisco 2950	Mariana de Jesús	208.235.105.7
Cisco 3500	El Ejido	208.235.105.8
Cisco 2950	El Ejido	208.235.105.9
Cisco 3500	Centro Histórico	208.235.105.10
Cisco 2950	Centro Histórico	208.235.105.11
Cisco 3500	Recreo	208.235.105.12
Cisco 2950	Recreo	208.235.105.13
Cisco 3500	Cumandá	208.235.105.14
Cisco 2950	Cumandá	208.235.105.15
Cisco 3500	Mariscal	208.235.105.16
Cisco 2950	Mariscal	208.235.105.17
Cisco 3500	Inca	208.235.105.18
Cisco 2950	Inca	208.235.105.19

Tabla 3. 7 Prototipo de Asignación de IP

- Con la asignación de direcciones IP podremos ingresar remotamente realizando un Telnet hasta el equipo.
- Para la administración remota vía WEB es necesario activar el server http que tiene el IOS de los dispositivos Cisco de tal forma que colocando en el browser de Internet `http:// 208.235.105.13` podemos acceder hasta el switch del Nodo Recreo.

➤ Control de Ancho de Banda

Para el control de ancho de banda se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Control de Ancho de Banda en el puerto de conexión

La tecnología Cisco provee de un IOS en los switches 2950, que asigna anchos de banda asociados a perfiles de usuario LRE; así se tiene la siguiente tabla de perfiles:

Nombre del perfil	Tasa de downstream del LRE (Mbps)	Tasa de upstream del LRE (Mbps)	SNR mínimo teórico del downstream	SNR mínimo teórico del upstream
LRE-15	16.667	18.750	31	25
LRE-10 (default)	12.500	12.500	25	19
LRE-5	6.250	6.250	16	13
LRE-998-15-4	16.667	4.688	31	25
LRE-997-10-4	12.500	4.688	31	25
LRE-15LL	16.667	18.750	31	25
LRE-10LL	12.500	12.500	25	19
LRE-5LL	6.250	6.250	16	13
LRE-10-5	12.500	6.250	25	13
LRE-10-3	12.500	3.125	25	19
LRE-10-1	12.500	1.563	25	13
LRE-8	9.375	9.375	25	25
LRE-7	8.333	8.333	19	19
LRE-15-5	16.667	6.250	31	13
LRE-15-3	16.667	3.125	31	19
LRE-15-1	16.667	1.563	31	13
LRE-4	4.167	4.167	13	13
LRE-3	3.125	3.125	13	13
LRE-2	2.083	2.083	13	13
LRE-4-1	4.167	1.563	19	13
LRE-4-1-LL	4.167	1.563	19	13

Tabla 3.8 LRE Perfiles para los switches LRE Catalyst 2950ST-8 LRE y 2950ST-24

Por tanto, se configurará el perfil LRE en el puerto más aproximado a la velocidad contratada por el usuario.

- Control de Ancho de Banda por VLAN / IP en un dispositivo específico

De las búsquedas de equipos realizadas por Internet, se ubicó al Allot como dispositivo que permite controlar ancho de banda por VLAN y por IP. En una DEMO, obtenida de un carrier local, se pudo capturar pantallas de una configuración tipo para el control de ancho de banda por VLAN y por IP.

Name	In Use	Connection Source	Dir	Connection Destination	Service	Time	VLAN	Access	Quality of Service	Connection Control
ORLANDO HALLO		Any		Any	All IP	Anytime	VLAN201	Accept	BW64	Pass As Is
GUILLERMO		Any		Any	All IP	Anytime	VLAN203	Accept	BW768	Pass As Is

Figura 3.14 Control de ancho de banda por VLAN

Contents of: Orlando Hallo

Host List Definition:

Host Item

Host:

IP:

IP Subnet. Net: Mask:

IP Range. From: To:

MAC:

Interface Loc. of Host:

Add
Update
Delete

Defined Items

Host Entry
64.46.81.96 / 255.255.255.248
64.46.76.8 / 255.255.255.248

Figura 3.15 Control por IP

Adicionalmente el equipo permite levantar QoS, y presenta un sistema de monitoreo de tráfico por protocolo, por canal consumido, por direcciones IP, etc.

➤ **Enrutamiento**

Es importante indicar que el enrutamiento se refiere al nivel de capa tres, y concretamente al protocolo IP. El enrutamiento puede ser estático y/ó dinámico a través de los protocolos dinámicos como son RIP, OSPF, IGRP, BGP.

En la selección del enrutamiento de la red metropolitana se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

- A nivel de switch se va a transportar VLAN's que trabajan a nivel de capa dos, y por tanto no necesitan de enrutamiento de capa tres.
- El equipo central, en este caso el Cisco 6500 va a realizar las funciones de enrutamiento, por lo tanto se podrá utilizar según las necesidades el ruteo IP.

Los aspectos que definen a un protocolo de enrutamiento deben ser bien analizados al momento de elegirlo, así se tiene:

- Algoritmo de enrutamiento que el protocolo utiliza, el mismo define la forma de generar y publicar las tablas de rutas. Se tiene el vector distancia, que usa como métrica el número de saltos. Y también el estado del enlace, que asume el cálculo del camino más corto, basándose en la velocidad del canal.
- Tiempo de convergencia del protocolo, que define el tiempo que se demora en actualizar las tablas, desde el momento del cambio hasta cuando todos lo equipos concluyeron el aprendizaje de la nueva tabla.
- Tipo de protocolo, que define si trabaja en el interior de un sistema autónomo como un ISP, o exterior en el caso de trabajar entre sistemas autónomos, como por ejemplo si se necesita acceder dinámicamente a redes de diferentes proveedores.

- Procesamiento de enrutadores, que define la carga de proceso que genera el algoritmo. Los procesos que realizan los protocolos son los cálculos de caminos más cortos y actualización de tablas.
- Consumo de ancho de banda, que está relacionado con el canal que ocupa al intercambiar la información de tablas hasta llegar al estado de convergencia, el cual se da el instante en el cual la red opera con todos los datos consistentes y reales.
- Distancia administrativa, constituida por un entero positivo comprendido entre 0 y 255, que indica la preferencia de una ruta respecto a otra. Mientras mayor es la distancia, menor es la preferencia.
- Soporte de Subneting.

Se detallan los protocolos de enrutamiento con sus características principales:

Característica del protocolo	RIP VERSION 1	RIP VERSION 2	OSPF	IGRP	EIGRP
Algoritmo de Enrutamiento	<i>Distance Vector</i>	<i>Distance Vector</i>	<i>Link State</i>	<i>Distance Vector</i>	Híbrido
Tiempo de convergencia	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
Consumo de CPU	Bajo	Bajo	Alto	Mediano	Alto
Consumo Ancho de banda	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Distancia administrativa	120	120	100	90	110
Soporta Subnet	NO	SI	SI	SI	SI

Tabla 3.9 Cuadro comparativo de protocolos de enrutamiento internos más utilizados ^[18]

Complementariamente a estos protocolos se tienen las rutas estáticas o default gateway que reducen los consumos de procesamiento y mejoran las distancias administrativas.

RECOMEDACIÓN: Es posible que se tenga ruteo estático y dinámico en la red, los mismos que serán aplicados en el Cisco 6500. Dado que la red está en proceso de implementación, se recomienda comenzar con la utilización de ruteo estático, y a medida que la red vaya creciendo, migrar a ruteo dinámico, siendo una primera opción OSPF por las características indicadas en la tabla 3.9.

3.1.12 CALIDAD DE SERVICIO ^[19]

El concepto de calidad de servicio tiene su origen en las técnicas y estándares de redes, en los cuales se establecen los protocolos y configuraciones adecuadas que permitan optimizar las tareas de procesamiento y mejorar el rendimiento de la red.

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 ofrecer éstas garantías extremo a extremo (e2e) en las actuales infraestructuras de Internet o Intranets.

Por otro lado, las redes IP (Internet Protocol) fueron creadas sin considerar mecanismos de QoS debido a que la red IP no fue planeada para proveer servicios de voz o cualquier otro servicio con requerimientos estrictos de ancho de banda, retardo y jitter. La primera solución que emplearon los Proveedores de Servicios (SP's) fue añadir más ancho de banda para reducir los niveles de congestión conforme el volumen de tráfico aumentaba. Sin embargo, la mencionada solución, comenzó a representar pérdidas económicas significantes para los SP's debido a que los incrementos de ancho de banda realizados para solventar las necesidades de las aplicaciones, no fueron directamente proporcionales a las ganancias por los servicios prestados en la red, lo cual originó un modelo de negocios desventajoso para las empresas.

Posteriormente, los SP's comenzaron a desarrollar de manera conjunta con los grupos de trabajo de la IETF e IEEE, mecanismos y esquemas para controlar de forma diferencial los servicios en las redes de datos. Los motivos fueron muy claros: solucionar la congestión agregando sólo ancho de banda no era suficiente, los cambios en la distribución del tráfico por fallas en los enlaces se convertían de

nuevo en congestión (generalmente los “cuellos de botella” suceden en las redes de acceso), los SP's comenzaron a prestar nuevos servicios de valor agregado para retener a sus clientes y finalmente aparece la convergencia de aplicaciones como son la aplicaciones de voz, video y datos en redes metropolitanas.

Actualmente existe una gamma de soluciones para la convergencia de redes y servicios, sin embargo, enfocaremos el presente proyecto para analizar los esquemas de DiffServ y MPLS dentro del ámbito metropolitano para los SP's e Intranets interesados en ampliar sus puntos de presencia empleando la familia IEEE 802.3.

3.1.12.1 QoS en Redes Metropolitanas Ethernet

Los servicios Ethernet han llegado a un grado de madurez como red de transporte en esquemas LAN y actualmente en aplicaciones de las redes Metropolitanas. Con la aprobación del estándar IEEE 802.3ae, los Proveedores de Servicios y las empresas de Telecomunicaciones tienen un gran interés en generar servicios de valor agregado para garantizar a largo plazo, los beneficios económicos que traerán consigo ampliar ó desarrollar nuevos puntos de acceso tipo Ethernet.

Implementar 10 Gigabit Ethernet como red de transporte para los SP's resulta más económico que continuar creciendo con las tecnologías actuales (SONET, Frame Relay y ATM), lo cual esta permitiendo llevar hasta el usuario final variaciones de ancho de banda desde 64 Kbps hasta 1 Gigabit Ethernet, contar con una disponibilidad del 99.999% de acceso a la red y servicios incluyendo VPN, VLAN's y RSTP.

Para lograr los beneficios deseados, se requiere de una arquitectura de red subyacente que brinde las capacidades de diferenciación de tráfico, manejo y monitoreo para reforzar las demandas de las actuales SLA's (Service Level Agreement) implementadas. Si tenemos el ancho de banda de 10 Gbps, sería factible pensar que una infraestructura de red Ethernet con esta capacidad no necesitaría algún esquema de QoS, sin embargo no olvidemos que lo mismo se

pensó cuando se instalaron los primeros enlaces de alta velocidad dentro de las redes metropolitanas.

Considerando lo anterior, debemos tener en cuenta que las actuales aplicaciones y servicios agregados que ofrecen la gran mayoría de los ISP, requieren y necesitan un diferenciamiento especial contra aquellas que no sean sensibles a los retardos inherentes en la red de transporte. Por lo tanto, DiffServ y MPLS tienen que analizarse de manera conjunta con la familia IEEE 802.3, con la finalidad de cubrir las pequeñas deficiencias de una tecnología que incursiona en este momento en las áreas metropolitanas.

3.1.12.2 MPLS en Redes Metropolitanas

La tecnología ethernet presenta fortalezas de funcionamiento como la velocidad, reducidos tiempos de respuesta, etc.; sin embargo, también presenta limitaciones, las mismas que se acentúan en un ámbito metropolitano. Así se tienen las siguientes limitaciones:

➤ Ingeniería de tráfico (TE)

En su forma nativa, el IEEE 802.3 no tiene la capacidad de asegurar que bajo cierto ancho de banda éste sea compartido equitativamente. Esta situación se convierte en un punto crítico cuando deseamos contar con una red multi servicios convergentes como la mostrada en la figura 3.16

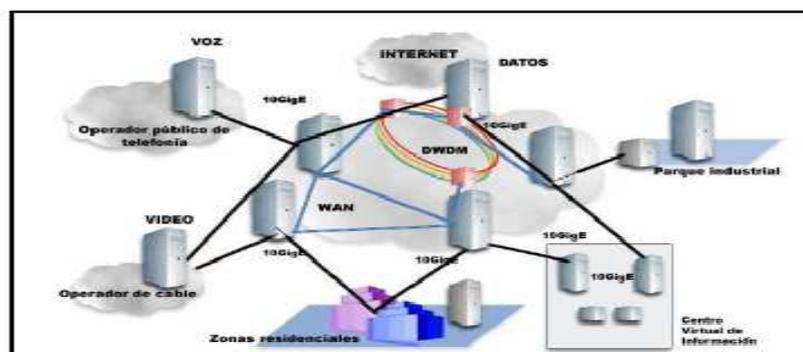


Figura 3.16 Red multi – servicios

➤ Recuperación a fallos (Network Resiliency)

Los protocolos naturales de Ethernet como los 802.1d y 802.1w, previenen ciclos y recuperación en caso de fallas en sus enlaces, sin embargo, el tiempo que requiere para complementar esta actividad va desde los 30 segundos hasta varios minutos. Por lo cual la disponibilidad de acceso a la red no le permitiría garantizar la distribución equitativa de ancho de banda requerido por las aplicaciones convergentes. MPLS permite contar con LSP's de respaldo con un grado de recuperación, de tal manera que una falla en los enlaces de nuestra red metropolitana Ethernet podría restablecerse en no más de 50 milisegundos. Con ésta velocidad de recuperación, se puede mantener transparente la disponibilidad de la red para el usuario final, incluso con miles de servicios ejecutándose de manera simultánea en el momento de la falla del enlace. Realizando una comparación real, la solución Ethernet/MPLS permite contar con una velocidad de recuperación a fallos cien veces mayor a la ofrecida por los esquemas de puentes (Bridge) IEEE 802.3.

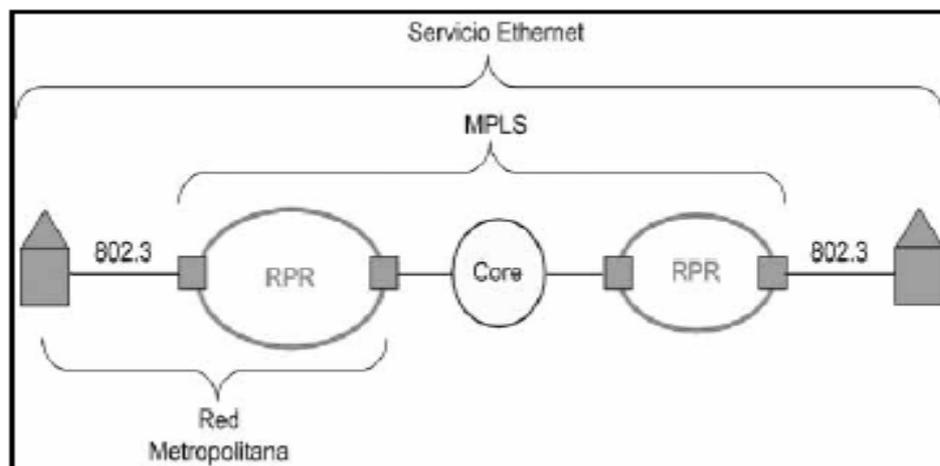


Figura 3.17 MPLS

➤ Escalabilidad de Servicios

Con la finalidad de disminuir gastos de instalación y operación, se requiere una arquitectura de redes que siga creciendo de manera proporcional al número de usuarios. Para ello es primordial hacer la distinción de los tráficos de todos los

usuarios, sin importar el número de redes de acceso o cantidad de nodos conectados simultáneamente. La forma tradicional de Ethernet para afrontar esta problemática es utilizar redes locales virtuales (VLAN). Las VLAN con IEEE 802.1q, tienen la desventaja de sólo direccionar hasta 4,094 etiquetas, las cuales deben ser una por conexión, impidiendo un crecimiento a futuro en la red metropolitana.

Por el contrario, las redes metropolitanas basadas en MPLS encapsulan las etiquetas del 802.1q, de tal forma que sólo tienen significado local debido a que mapean cada etiqueta con un respectivo LSP, permitiendo la diferenciación de tráfico de manera eficiente. Con el uso de MPLS no existe una limitante geográfica para el envío de paquetes pertenecientes a una VLAN, lo cual permite al operador de la red metropolitana incrementar sus servicios para cubrir las demandas de los usuarios sin importar su localización o topología de red a la cual pertenece.

➤ **Convergencia de Servicios con QoS**

Con el binomio IP/MPLS en el corazón de la red metropolitana, se tiene mucho que ganar si consideramos la red de acceso metropolitano Ethernet como parte indispensable de una red extremo a extremo (e2e). El uso de MPLS facilita la entrega de servicios, al proveer la misma conectividad y niveles de seguridad e2e al interoperar con otros protocolos de capa dos como Frame Relay, ATM, SONET, RPR y DWDM como se ve en la figura 3.18. Emplear MPLS en la red metropolitana, permite crear nuevos puntos de servicio Ethernet sin tener la necesidad de migrar los servicios e infraestructuras de red existentes y continuar disfrutando de VPN o VLAN como si todos los usuarios se encontraran en la misma red local.

La contribución de MPLS a QoS en las redes metropolitanas Ethernet se basa primordialmente en el manejo de sus etiquetas. La conmutación de etiquetas MPLS es una excelente herramienta para combatir la latencia y el *jitter* debido a la rapidez con la cual se logra analizar el destino en los paquetes procesados. Con

esta simple operación se logra disminuir la latencia en la red, lo cual mejora en mucho el jitter final, no obstante ello, la conmutación de etiquetas no representa la solución real para aquellas aplicaciones sensibles al retardo. Si tenemos una conexión de bajo ancho de banda, MPLS no provee más ancho de banda, pero mejora de manera significativa los problemas de retardo inherente en las redes actuales.

Las características más importantes que brinda MPLS en la red metropolitana, se podrían resumir en las siguientes:

- Ingeniería de tráfico.
- VPN.
- Eficiente transporte de capa dos.
- Eliminación de múltiples capas.
- Transforma direcciones IP a etiquetas.
- Soporte para RSVP y protocolos de ruteo.
- Evita overhead.
- Incrementa la escalabilidad de redes y servicios.

La demanda de nuevas aplicaciones plantea un reto cotidiano a MPLS, uno de ellos es cómo interoperar con DiffServ en el ambiente metropolitano.

3.1.12.3 DiffServ & MPLS

DiffServ y MPLS resuelven gran parte de los problemas de QoS en las redes IP. DiffServ se apoya del campo Tipo de Servicio (ToS), clasificando los tráficos en diferentes clases en los nodos de ingreso al dominio DiffServ. MPLS realiza en cierta manera una clasificación similar a DiffServ, sólo que éste los clasifica y agrupa en FEC (Forwarding Equivalence Class) para garantizar QoS. Ambos emplean etiquetas, en DiffServ son conocidas como DiffServ Code Point (DSCP) y etiqueta MPLS en ésta última.

La etiqueta MPLS determina la ruta que un paquete tomará, lo cual permite optimizar el ruteo dentro de una red. Además, es factible aplicar la Ingeniería de Tráfico, la cual garantiza la asignación de circuitos virtuales con ciertas garantías de ancho de banda para igual número de etiquetas que lo requieran. Por otro lado, el valor DSCP determina el comportamiento de los nodos de acuerdo a esquemas de colas (Queuing).

RECOMENDACIÓN: Al emplear esquemas de Calidad de Servicio en ambientes metropolitanos con DiffServ y MPLS, es muy importante tener en cuenta un adecuado esquema de colas. El seleccionar erróneamente uno de estos esquemas, podría ser la causa principal de bajo desempeño en nuestras aplicaciones sensibles a retardo. Por lo tanto, es importante realizar simulaciones previas e incluso pruebas de operación que permitan evaluar el mejor esquema de encolamiento y protocolos de QoS a utilizar. (Figura 3.18)

Los equipos Cisco 6500, 3500 y 2950 brindan IOS que incluyen QoS, por lo tanto los equipos a ser utilizados en la red metropolitana deberán tener capacidad para utilizar protocolos de Calidad de Servicio.

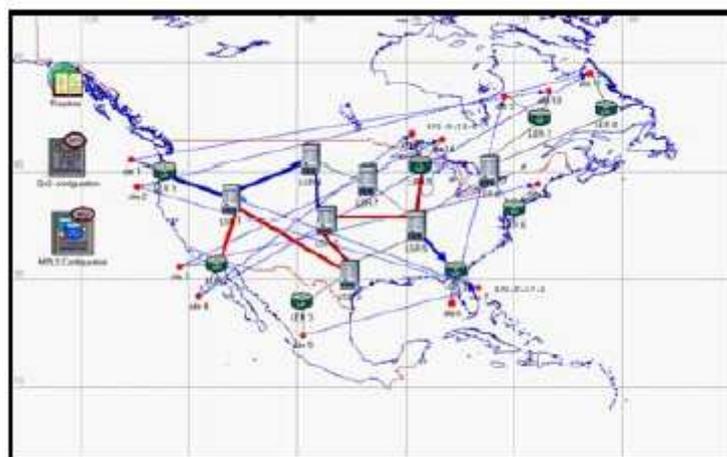


Figura 3.18 Esquemas de selección de QoS

3.1.13 SISTEMA DE SEGURIDADES ^[20]

El estudio y análisis de un sistema de seguridades es un tema muy complejo que implica un conjunto de normas y políticas, que serían muy extensas de nombrarlas, sin embargo, se indicarán ciertos criterios generales y requerimientos mínimos para disponer de un apropiado sistema de seguridad.

- Análisis de riesgos: estudiar los riesgos posibles, cuantificar el valor de las consecuencias de estos riesgos sobre la información y valorar los costos totales.
- Analizar las medidas de protección: valorar las diferentes medidas de protección, tanto cuantitativamente como de facilidad de uso y velocidad de acceso.
- Decidir las medidas adecuadas. Comparar entre el análisis de riesgo y el análisis de medidas de protección y decidir la solución que amortiza los riesgos.
- Política de seguridad: adaptar la forma de trabajo de la empresa a las nuevas medidas de seguridad.
- Mantenimiento: mantener continuamente las medidas de seguridad así como actualizar el diseño a las nuevas realidades del capital de información.
- Planes de contingencia: planificar las actuaciones para cuando se producen ataques con o sin éxito.

Un sistema de seguridad implica dos conceptos generales a ser considerados:

- Seguridades Físicas.
- Seguridades Lógicas.

3.1.13.1 Seguridades Físicas

La seguridad física de la infraestructura, requiere de procedimientos y medidas que contrarresten los riesgos a los daños que puedan causar factores

atmosféricos como lluvias, caída de rayos, etc.; factores externos como fuego, fugas de agua, fallas en alimentación eléctrica, etc.; factores provocados como robo, hurto, daño parcial o total, etc. La inversión en medidas de seguridad deberá ser proporcional al efecto de perder o comprometer la información contenida en los sistemas.

Para garantizar que los equipos y dispositivos de la red no sean susceptibles de daños voluntarios o involuntarios por parte de cualquier ente, se han determinado los siguientes requerimientos mínimos de instalación de nodo y equipos:

- El cuarto de equipos deberá estar ubicado en un lugar adecuado libre de polvos, humedad, intensidad solar, etc.
- Deberá disponer de una sola puerta de acceso, la misma que debe permanecer cerrada y disponer de todas las medidas de seguridad de acceso. Sólo tendrá acceso el personal autorizado.
- Deberá disponer de sistemas de aire acondicionado, que mantengan una temperatura promedio de 15 grados centígrados.
- Los equipos y dispositivos deberán ser instalados en racks apropiados.
- La sala de computadoras deberá estar ubicada en una zona que no se exponga a riesgo de inundaciones, y separada de las áreas adyacentes con paredes resistentes al fuego.
- Fuentes de energía ininterrumpidas, controladores y reguladores de las variaciones de la electricidad son también necesarios para procurar un procesamiento continuo y adecuado de los datos. Las tomas de energía deben ser polarizadas y con alimentación a través de un UPS.
- Se deberá disponer de dispositivos de detección de fuego y humedad, así como de extintores de fuego apropiados (manuales y sistemas de extinción de incendio), alarmas de incendio y detectores de humo, los cuales deberán ser inspeccionados y probados periódicamente para asegurar su uso en el momento requerido.
- Sistema eléctrico de puesta a tierra adecuada Voltaje Neutro – Tierra comprendido entre 0,3 y 1 voltio.

3.1.13.2 Seguridades Lógicas

Se refiere a las reservas actualizadas de la información que circula por la red (los archivos y programas), configuración de enrutadores, modems, etc. Por lo tanto, los respaldos de información deberán ser obtenidos de manera periódica sean éstos servidores, routers, etc., con el objeto de procurar mantener la continuidad de las operaciones cuando se presenten interrupciones causadas por una destrucción significativa de los mismos.

Se recomienda considerar los siguientes criterios de seguridad:

➤ **Seguridades en los Dispositivos de la Red Metropolitana**

- Control de servicios TCP/IP, que permita autorizar el acceso a los servicios, sólo a usuarios autorizados.
- Control de rutas que impida la manipulación de datos remotamente.
- Implementación de filtros que eviten la manipulación de datos y accesos no autorizados, para lo cual se utiliza listas de acceso a la entrada y salida de tráfico según sea el caso.
- Limitación de velocidad que controle la saturación de paquetes ICMP y ataques SYN flood.
- Intercepción de paquetes TCP que controlen ataques SYN flood.
- Niveles de encriptación de la red, que garanticen la integridad y confidencialidad de la información.
- Traslación de direcciones de red (NAT) que ayuda a esconder la red interna de la externa reasignándole direcciones.
- Uso de usuarios y claves de acceso.
- Habilitar servicio de firewall si el router lo permite, para brindar un primer nivel de seguridad.
- Disponer de un log de eventos que permita visualizar los históricos de manipulación de datos y se pueda identificar los trabajos realizados por un usuario u otro.
- El Proveedor de Servicios deberá tener sus mecanismos de seguridad de

firewall y protección de servidores.

➤ **Seguridades en los Dispositivos de cliente**

El Proveedor de Servicios se encargará de los niveles de seguridad desde el CPE hacia la red metropolitana, las cuales fueron explicadas anteriormente y no se preocupará de la estructura interna del cliente ya que es responsabilidad directa de éste crear sus políticas de seguridad acorde a sus necesidades.

3.1.14 SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN

El sistema de administración en estudio, tendrá por objeto el tener un monitoreo continuo de cada uno de los enlaces existentes y conectados en la red metropolitana.

Existen varios sistemas de administración, pero se utilizará el software del propietario de la Tecnología usada en la red metropolitana, es decir Cisco System.

3.1.14.1 Sistemas de Administración con Tecnología Cisco ^[21]

Cisco System ofrece varios sistemas de administración de redes Cisco dirigidos a los administradores de la red y no necesariamente a los usuarios finales de los servicios del proveedor. Se analizarán los siguientes:

➤ **SOFTWARE CMS (Cluster Management Suite Software) DE CISCO**

El software CMS, propietario de Cisco, es parte de la estructura IOS de los switch Cisco. Por lo tanto, en la adquisición de los switchs de la red metropolitana se debe verificar que el IOS soporte CMS. El software CMS es un software cuyo funcionamiento es vía WEB y permite la configuración, monitoreo y control del estado de los switchs y CPE's Cisco instalados en las diferentes redes.

Este software reduce el tiempo que toma para desplegar y para configurar los múltiples switches de red, simplificando tareas repetidoras y desperdiciadoras de tiempo, ya que proporciona las herramientas de supervisión y de localización de averías a través de alarmas visuales, auditivas y escritas (por correo electrónico). El software del CMS del Cisco se encaja en el switch 3550, 2950, 3500 XL, 2900 XL, y 2900 y Cisco de LRE XL. También manejan los switch 1900/2820 del Cisco en un solo interfaz.

CMS del Cisco permite el acceso de usuarios con cualquier browser estándar del Web para manejar hasta 16 switches, sin importar su ubicación física. Para hacer los despliegues y la administración de la red más fáciles, los usuarios tienen la opción de usar un sola dirección IP para la estructura entera de la red, de tal forma que un sólo se necesita configurar un IP en el switch principal, y este aprenderá la configuración y estado de todos los switch y CPE's restantes a través del intercambio de CMS.

El CMS del Cisco también proporciona un interfaz integrado a la administración para configuración de varios servicios tales como: conmutación de múltiples capas, calidad del servicio (QoS), multicast, VOIP, videoconferencia y listas del control de acceso de la seguridad (ACLs).

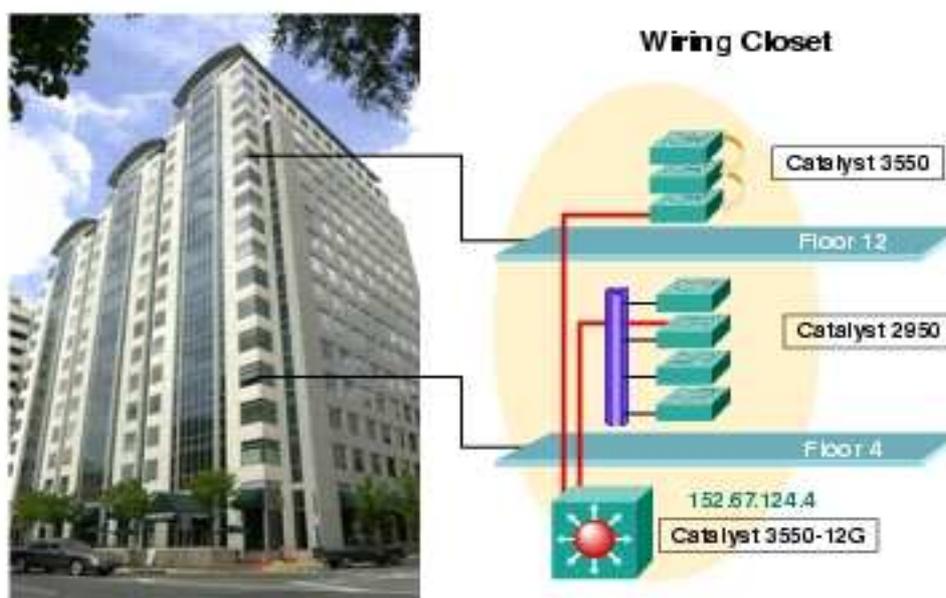


Figura 3.19 CMS de Cisco

➤ Funcionamiento del CMS de Cisco

El CMS del Cisco se aprovecha de la tecnología Clustering para manejar simultáneamente múltiples switches. Para su activación es necesario seleccionar un switch como base, al cual se le asigna una dirección IP vía http. Luego de cargar Java applet del CMS en el browser, se ingresa hasta el enrutador y se selecciona la opción CMS. Posteriormente se selecciona los miembros del racimo (switch a ser monitoreados), de tal forma que a medida que vamos seleccionando cada nuevo miembro, se va descubriendo automáticamente en el mapa de la topología del CMS del Cisco. Existe la posibilidad de disponer de un switch central y un alterno. La característica de racimo permite mandar una misma configuración a todos los switch de la red en conjunto, por lo que es importante saber que se configura y cuando se envía, ya que si se realizara una mala configuración podría provocar fallas o caída de los enlaces.

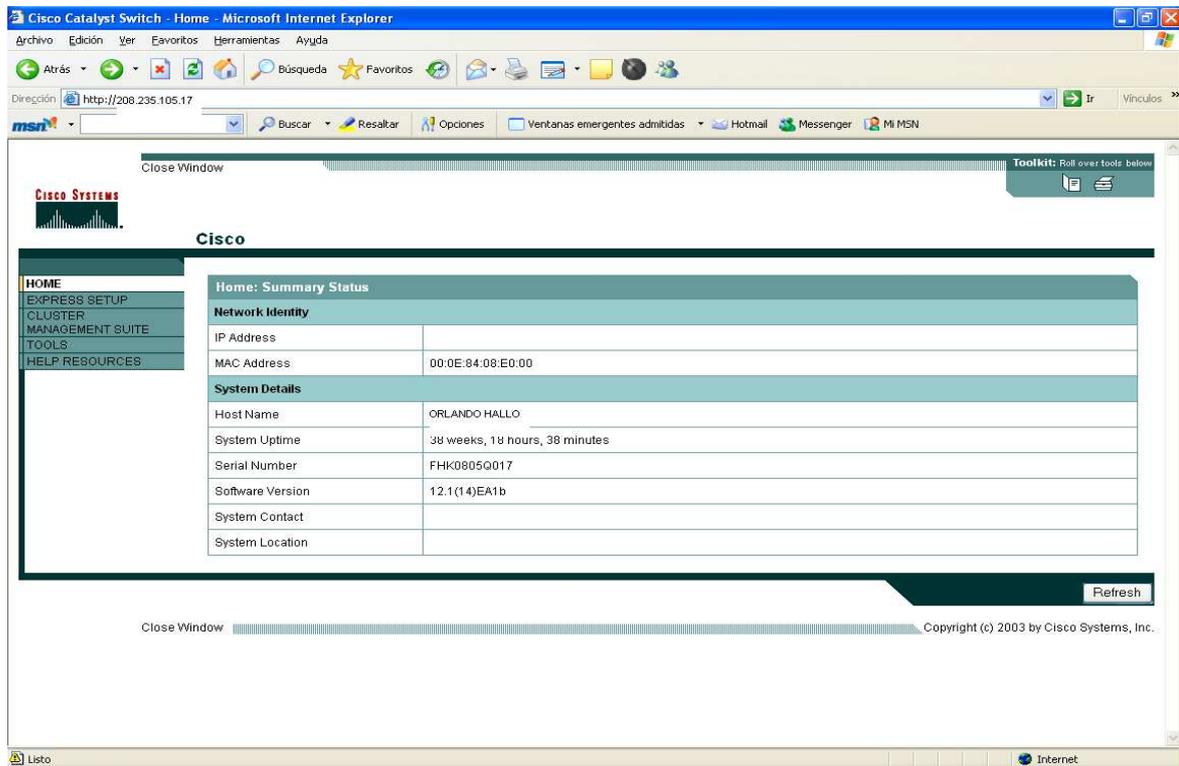


Figura 3.20 Acceso vía browser a la opción CMS de un Switch 2950

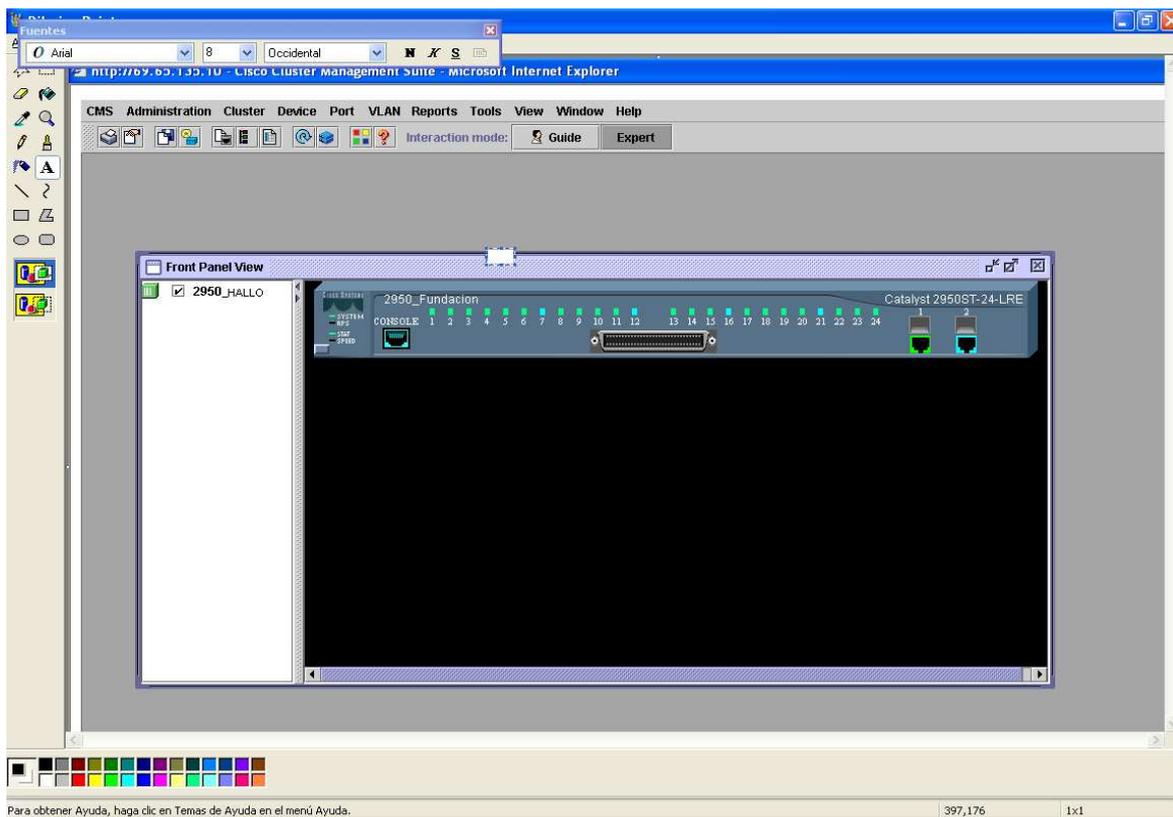


Figura 3.21 Descubrimiento de topología de Switch

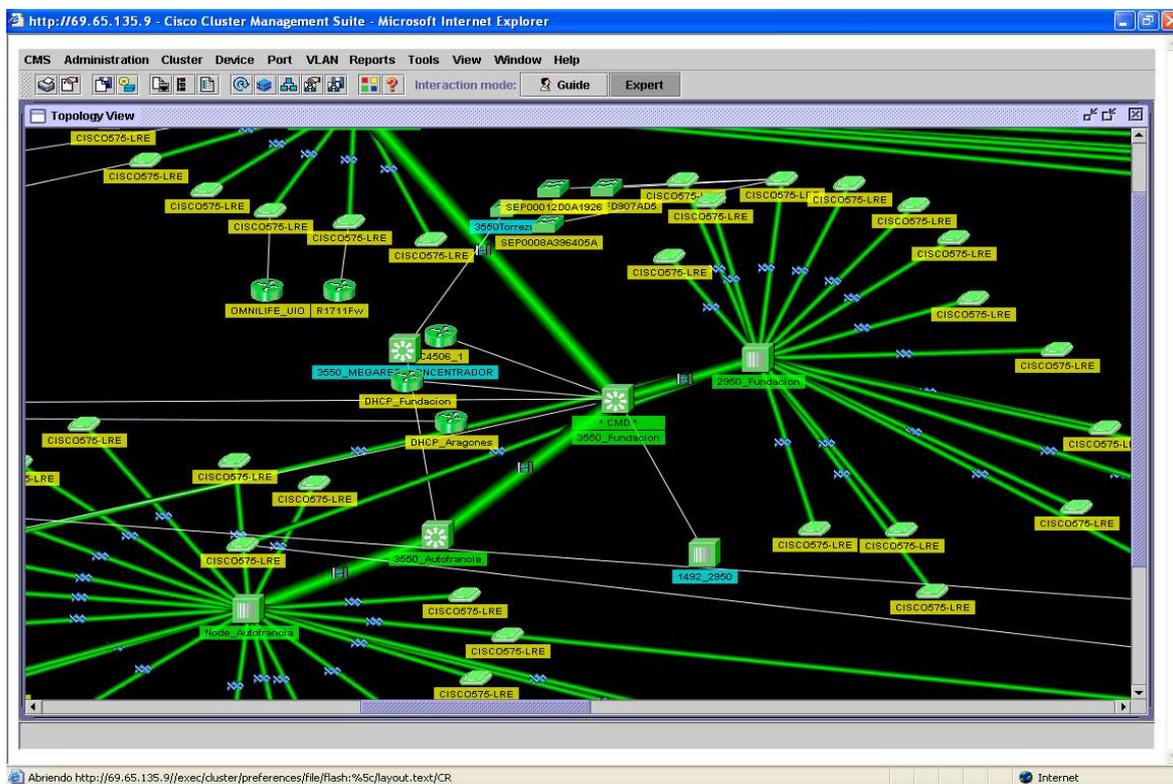


Figura 3.22 Descubrimiento de topología de Switchs de una Red Metropolitana

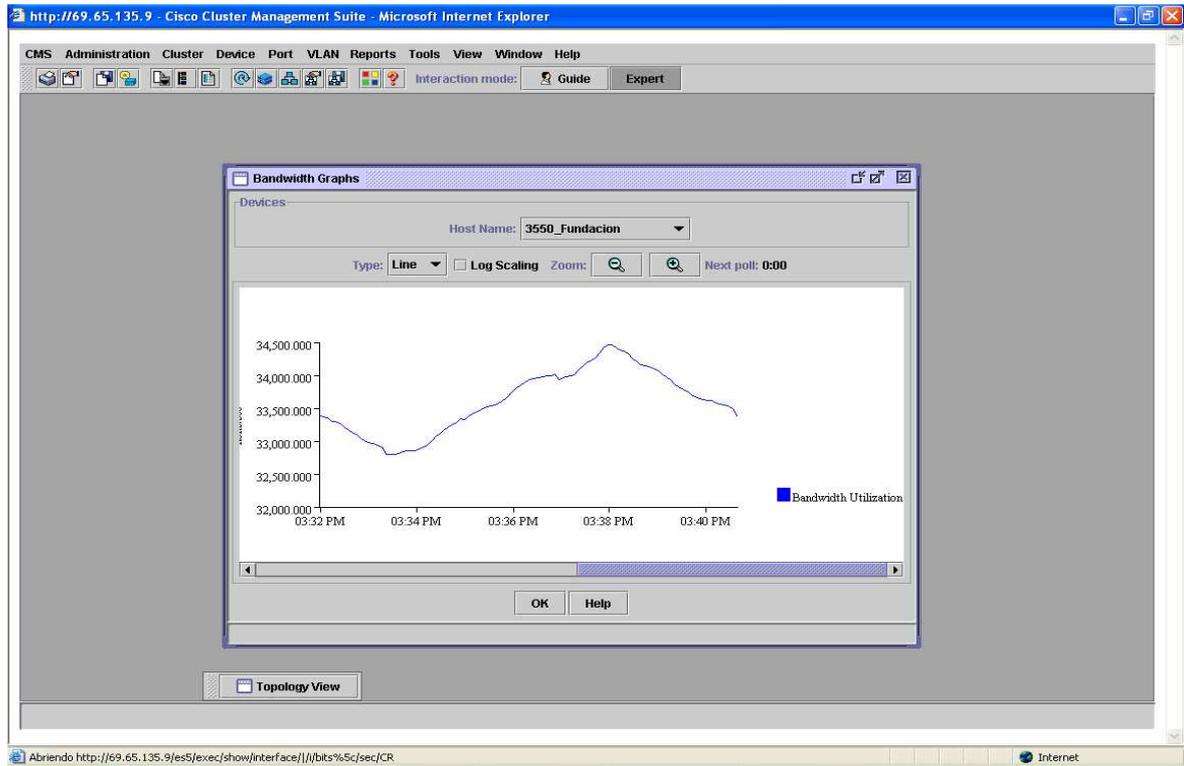


Figura 3.23 Monitoreo de ancho de banda de un nodo de la red Metropolitana

➤ Requisitos del Sistema

El requisito mínimo para una PC es un procesador del Pentium que funciona en 233 megaciclos con MB 64 en RAM. Puede utilizar los siguientes sistemas operativos:

- Microsoft Windows.
- Microsoft Windows 2000.
- Microsoft Windows 98, segunda edición.
- NT 4.0 (paquete 3 de Microsoft Windows del servicio requerido).
- Solaris 2.5.1 o más alto, con el racimo Sol-recomendado del remiendo para ese remiendo 103461-24 del sistema operativo y de la biblioteca del adorno.

Los Browsers:

- Netscape Communicator 4.75 y 6.2
- Internet Explorer 5.5 y 6.0
- Java Plugins Versiones 1.3.0, 1.3.1, 1.4.0

➤ **CISCO WORK**

Es un software de Cisco, que sirve para todo tipo de equipos y dispositivos Cisco como switches, CPE, enrutadores, wireless, radios, etc. Presenta toda una plataforma de trabajo, en la cual permite configurar, monitorear, configuraciones unitarias o en grupo, configuraciones especiales QoS, VOIP, videoconferencia, etc.

Si se compara con el software “libre” indicado anteriormente, podemos distinguir que como ventaja es abierto, es decir que puede monitorear N equipos Cisco de una red (CMS hasta 16, pero la desventaja con el anterior software es que requiere de licencia cuyo valor estimado es de 10.000 dólares americanos.

3.1.14.2 Otros Sistemas de Administración ^[22]

Otros software diferentes a los propuestos por Tecnología Cisco, especialmente para monitoreo de tráfico y conectividad son: MRTG y What's up, cuya implementación no necesita licencia. Adicionalmente, en el caso del MRTG se tiene herramientas para el monitoreo de tráfico del cliente vía WEB.

➤ **MRTG**

Es una herramienta gráfica que funciona en base al protocolo SNMP, y permite visualizar el consumo de ancho de banda entrante y saliente de un canal de comunicaciones. Es un software libre, que no requiere de licencias y puede ser instalado en plataformas Unix o Microsoft.

Se puede acceder vía WEB, por lo que pueden existir páginas WEB que a través de un usuario y clave, un cliente pueda monitorear permanentemente su canal de comunicaciones.

Los equipos a ser monitoreados deben habilitar el protocolo SNMP y la comunidad a la cual pertenecen.

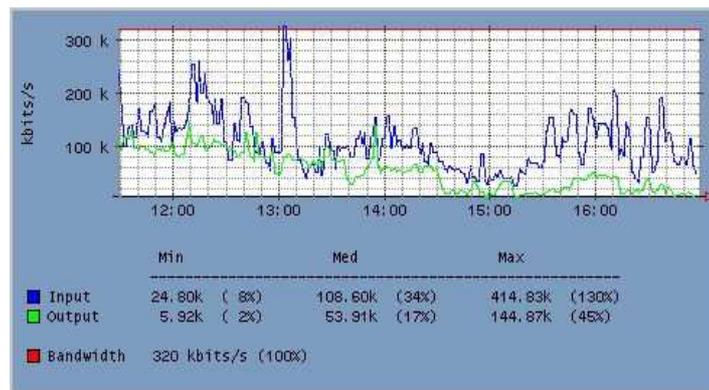


Figura 3.24 Monitoreo de tráfico por MRTG

➤ What's up

Es una herramienta que facilita las tareas de monitoreo de redes TCP/IP, NETBIOS e IPX; dispone de sistemas de alarmas audibles (sonidos), visibles (colores) y remotas (mensajes a celular o beeper) que alertan al técnico ante la presencia de una falla en la red.

Puede funcionar sobre plataformas como Windows 98, Windows ME, Windows 2000, Windows XP, y Windows NT 4.0 (SP6A o superior). Existen versiones de What's up que son libres, y otras que requieren de licencia. Permite realizar pruebas básicas de conectividad como ping, tracert, conexiones remotas a través de telnet y mantener un log de alarmas de los historiales de cada circuito monitoreado. Puede ser habilitado para visualizarse vía WEB.

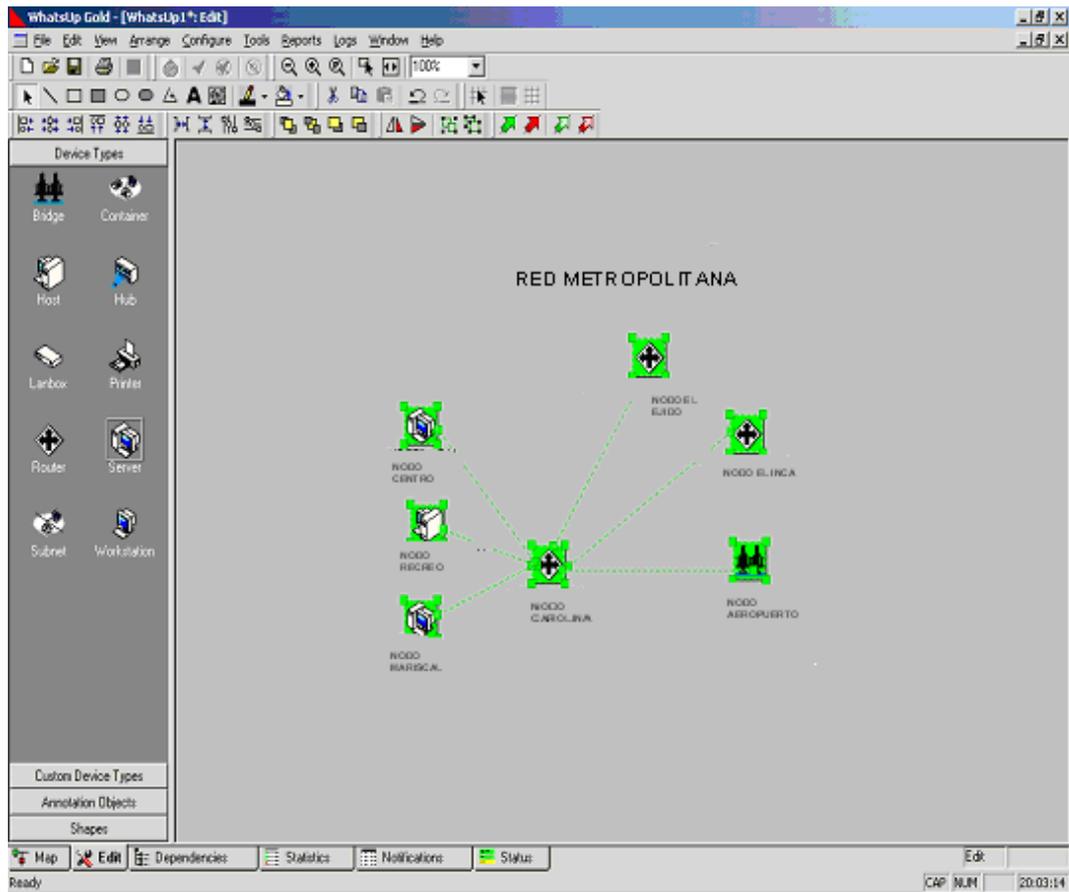


Figura 3.25 Monitoreo de clientes por What's Up

3.1.15 DIAGRAMA GENERAL DE LA RED METROPOLITANA

Una vez que se ha realizado un estudio general de los equipos y dispositivos a utilizar en el diseño de la red, en la figura 3.26 se presenta el diagrama general de la red metropolitana que se implementará en nuestro proyecto:

DIAGRAMA GENERAL DE LA RED METROPOLITANA

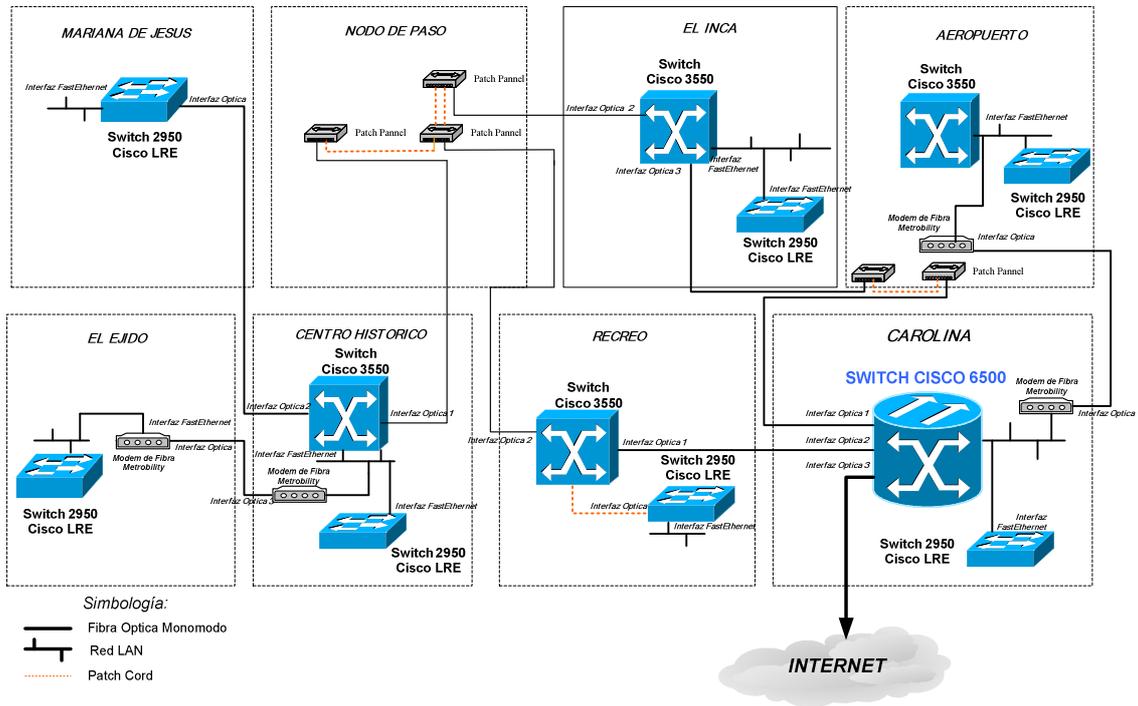


Figura 3.26 Diagrama General de la Red Metropolitana

3.2 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto del presente proyecto de titulación se realizó en función de cotizaciones realizadas a diversos distribuidores de equipos y dispositivos Cisco, como Iseyco, Comteck, entre otros. De igual forma, los costos de implementación de fibra óptica se basaron en proformas de la compañía Viegener y Megabienes.

Este presupuesto fue calculado y considerado en el estudio de la factibilidad financiera (item 2.3.1), para lo cual se tomó en cuenta los equipos que se utilizarán para el diseño de la red, tanto en el nodo principal como en los nodos secundarios, además del costo de instalación de fibra óptica para el backbone, el valor del cobre que se utilizará para las redes de acceso y finalmente el costo de los equipos complementarios, lo que se pagaría por el acceso al Internet y convenios institucionales con la Empresa Eléctrica y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Es importante indicar, que existen valores que serán acreditados por una sola vez a la cuenta de los usuarios, tales como:

- El acceso de clientes hasta los nodos utilizando cobre, le cuesta al proveedor de servicios un valor de 0,65 centavos de dólar americano el metro.
- Si se desea realizar alguna modificación a la red, se debe realizar una declaración del cambio realizado a la SENATEL y el valor de la misma será de 200 USD.

Por lo anteriormente indicado, se tiene que:

EL COSTO DE IMPLEMENTACION DE LA RED METROPOLITANA SERÁ DE 419460 DOLARES AMERICANOS.

Finalmente, se debe indicar que el proyecto está encaminado para una empresa Proveedora de Servicios y/o Carrier, por lo que se entiende que cuenta con el

personal calificado para la ejecución del proyecto y por tanto no genera aumento de recursos económicos sino de los relacionados a los sueldos y que no justifica su consideración en el presupuesto del proyecto.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Una vez que se ha realizado el diseño de una red MAN de alta velocidad utilizando la tecnología LRE de Cisco, podemos asegurar que la aplicación del presente diseño en un carrier local es factible, puesto que brindaría servicios de banda ancha con muy buenas características de operación y a un costo accesible para el usuario final.
- La creciente demanda de aplicaciones de banda ancha en el mundo entero y particularmente en la ciudad de Quito, ha hecho necesario encontrar alternativas tales como el diseño presentado en este proyecto, el cual utiliza la tecnología LRE de Cisco.
- Se ha escogido un tipo fibra óptica monomodo para implementar el backbone de alta velocidad que requiere nuestro proyecto, pues este tipo de fibra sirve para ser utilizada en distancias grandes y al igual que el tipo de fibra multimodo permite un gran ancho de banda necesaria para las aplicaciones de alta velocidad que se han ofertado y a su vez tener la capacidad para incremento de usuarios.
- Los equipos Cisco utilizados en este proyecto presentan algunas ventajas, tales como velocidad, escalabilidad y efectividad de costos, permitiendo un control efectivo de ancho de banda y el incremento de las seguridades.

- Para el desarrollo de este proyecto, fue muy importante conocer las ventajas y desventajas que ofrecen las actuales tecnologías utilizadas para comunicaciones de banda ancha, esto nos permitió establecer que la tecnología LRE de Cisco, posee todas las ventajas de las tecnologías tradicionales y además esta tecnología ofrece los tres componentes fundamentales que permitirán los servicios de banda ancha de nueva generación: velocidad, escalabilidad y bajos de costos.

- En razón de que cada aplicación requiere de un apropiado ancho de banda, simultaneidad de servicios y un adecuado tiempo de operación, características importantes que se deben tener en cuenta para evitar los sub o sobre dimensionamientos de los canales; es importante tener muy en cuenta el dimensionamiento de los canales de comunicación, para lo cual debemos considerar todas las aplicaciones a ser utilizadas, puesto que la sumatoria de ellas nos permitirá determinar la capacidad adecuada del canal.

- El proveedor de servicios de comunicaciones que implemente el presente diseño, con el propósito de brindar un buen servicio a los usuarios, debe garantizar la disponibilidad de los servicios que ofrece, implementando una adecuada infraestructura, por lo que deben estar seguros que los equipos que utilizan sean los apropiados y se encuentren designados para cada función, evitando adaptaciones, que podrían acarrear perjuicios económicos tanto de la empresa como de los usuarios finales.

- Sobre la base de lo establecido en el estudio realizado en la factibilidad financiera, nos permite garantizar que aproximadamente en un año se recuperaría la inversión realizada por el carrier, luego de lo cual se obtendrían ganancias de acuerdo con la factibilidad de mercado realizada; donde consta que existe una cierta cantidad de usuarios potenciales que

certifican que un carrier implemente nuestro el presente diseño. Tomando en cuenta estas consideraciones se podría decir que el proyecto será rentable, siempre y cuando el carrier que implemente este proyecto tenga garantizado su mercado.

- Teniendo como antecedente, que los usuarios no necesariamente contratan los servicios más baratos puesto que varias ocasiones lo asocian a un servicio deficiente, es conveniente considerar el estado del mercado para establecer precios y tarifas de los planes, los cuales deben ser relativamente bajos a los implementados por la competencia.

- En el diseño de la red MAN se indicó que cada persona tiene su criterio, experiencia y forma de establecer las necesidades para la elaboración de un determinado proyecto, por lo tanto, este diseño no constituye un diseño perfecto, pero puede servir de referencia para su implementación en un carrier local e incluso puede estar sujeto a modificaciones y ajustes mínimos de acuerdo con las necesidades de la empresa; pero se debe respetar y mantener los principios básicos de telecomunicaciones e informática.

- En la administración de un determinado proyecto es necesario contar con los sistemas de monitoreo necesarios que permitan disponer de un sistema de monitoreo y alarmas que informen a los técnicos la presencia de problemas, especialmente aquellas horas en las cuales el recurso humano no labora como lo es en las noches y fines de semana; con este sistema podremos controlar permanentemente la operación adecuada de los equipos.

- En la implementación de este proyecto, resulta muy importante considerar los sistemas de backup, puesto que estos sistemas deben ser aprovechados para tareas de balaceo de carga del tráfico de datos, es decir, que estos sistemas deben utilizarse incluso cuando el funcionamiento del sistema principal no presenta fallas. En tal virtud, a fin de tener una alta disponibilidad, todos los equipos, dispositivos, personal técnico, etc., debería disponer de estos sistemas de backup, pero es necesario realizar un estudio costo - beneficio para la empresa.

- El proveedor de servicios de telecomunicaciones (carrier), dueño de este diseño, tiene que implementar su infraestructura pensando en el beneficio de los clientes, a más de esto, se sabe que los usuarios requieren de mayor rapidez, mejor atención y precios bajos en los servicios ofrecidos, es necesario que se considere como factor primordial la calidad de servicio que se brinde al usuario.

- A más de implementar la calidad de servicio, y sabiendo que un ataque podría vulnerar los sistemas de seguridad, debido a la gran cantidad de intrusos que existen en la red, que constantemente están dañando las comunicaciones pudiendo dejar fuera de operación a la red, y por ende perjudicando a los usuarios de la misma, el carrier que implemente este proyecto debe tomar todas las precauciones necesarias, indicadas en este proyecto, que ayudarían a mantener la disponibilidad de servicios brindados.

4.2 RECOMENDACIONES

- Es de conocimiento general, que en la actualidad los usuarios demandan de mayor rapidez de conexión, por ello se recomienda que con el fin de brindar un buen servicio, se debe tener los equipos adecuados y un

backbone de fibra óptica, lo que permitirá brindar mayor rapidez en la conexión. En el diseño presentado y por beneficios propios de la tecnología LRE, se considera que se puede llegar a obtener una conexión mucho más rápida.

- Una recomendación especial, es la respetar los valores obtenidos para el diseño, puesto que, por experiencia personal se han conocido casos en los cuales al intentar reducir los costos, se fuerza a que los equipos o canales trabajen con recursos inferiores a los dimensionados en el cálculo, lo que provocaría una gran disminución en la calidad de servicio que ofrece al usuario.
- Se recomienda al carrier que implemente este diseño, que los servicios de Internet que proporcione, cumplan con las características de disponibilidad, soporte técnico y redundancia de canales de acceso a Internet. El carrier dueño de este diseño, debe evitar que los servicios ofrecidos tengan problemas, ya que los mismos serán de exclusiva responsabilidad del carrier, y tendrá que solucionarlos a la brevedad posible, evitando el impacto que produciría a sus usuarios.
- Considerando que un usuario, evalúa a su proveedor por la calidad de servicio y por su atención al cliente, y sabiendo que un servicio importante que un carrier debe implementar es el call center, se recomienda que el mismo esté formado por personas expertas en soporte de help desk, que comprendan las necesidades de los clientes y puedan dar soluciones vía telefónica.
- El carrier que implemente este diseño, debe tener muy en cuenta los equipos y dispositivos que se compre. Por tanto, se recomienda la

utilización de equipos de Cisco, puesto que es la propietaria de la tecnología LRE, implementada en este proyecto, con lo que se podrá obtener un adecuado soporte técnico, la factibilidad de conseguir repuestos al existir daños y obtener las garantías de operación de los mismos. Además, no es recomendable la compra de equipos a precios bajos, que están en desuso o que no tienen manuales de operación, puesto que esto conllevaría a graves problemas en su configuración, operación y mantenimiento.

- En razón de que los proveedores locales de Internet ofrecen en sus publicidades altas tasas de transferencia de datos, y en mediciones realizadas, pudimos observar que sólo en horas no críticas cumplen con la mitad del valor ofrecido, y en momentos de saturación del canal su tasa de transferencia disminuye hasta menos de 1 Kbytes / segundo; es necesario que el carrier que implemente este proyecto, deba garantizar todas las características técnicas, a fin de que los servicios que ofrezca sean factibles de cumplir sin ningún contratiempo.

BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO I

- [1] Tecnologías de Redes de Acceso
<http://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml>
- [2] Long Reach Ethernet : Ethernet de largo alcance
<http://www.dr-zippie.net/?LongReachEthernet>
Comunicados de Prensa Cisco anuncia tecnología Ethernet de alto alcance
http://www.redaccionvirtual.com/redaccion/comunicados/ver_comunicados.asp?id=47
- [3] Fibra Óptica (fiber optic)
<http://www.eveliux.com/fundatel/mfibraop.html>
- [4] COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE
<http://www.eveliux.com/fundatel/viasat01.html#HISTORIA>
<http://www.eveliux.com/fundatel/viasat02.html#ANTENAS>
- [5] ALAMBRE (open-wired)
[http://www.eveliux.com/fundatel/mcables.html#PAR%20TRENZADO%20\(twisted%20pair\)](http://www.eveliux.com/fundatel/mcables.html#PAR%20TRENZADO%20(twisted%20pair))
- [6] <http://lfuente.8m.com/Protocolos.htm>
- [7] <http://www.ovislinkcorp.es/soporte.php?id=1>
- [8] VLAN: El primer paso hacia la ubicuidad geográfica
<http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/articulos.htm>
- [9] <http://www.cisco.com/warp/public/538/7.html>
- [10] Redes, <http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/redes.html>
- [11] Los protocolos de transporte, http://eia.udg.es/~atm/tcp-ip/tema_4_6.htm
- [12] Qué es Internet?
<http://www.monografias.com/trabajos5/queint/queint.shtml>
<http://www.economicas-online.com/quees.htm>
<http://www.google.es/search?hl=es&lr=&rls=RNWE,RNWE:2005-08,RNWE:es&oi=defmore&q=define:Internet>
- [13] Definiciones de VoIP en la web:

<http://www.google.es/search?hl=es&lr=&rls=RNWE,RNWE:2005-08,RNWE:es&oi=defmore&q=define:VoIP>

¿Qué es VoIP?, ¿Qué es la Telefonía IP?

<http://voip.brujula.net/tutoriales/voipintro.html>

¿Sabes qué es VoIP?

<http://www.compudemano.com/article63.html>

[14] Sistema de Videoconferencia

http://www.comtelca.hn/Videoconferencia/videoconfer_2001/videoconferencia%20CA.htm

LA VIDEOCONFERENCIA EN EL CAMPO EDUCATIVO. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS.

<http://www.uib.es/depart/gte/oliver.html>

Evaluación de Software de para Videoconferencia

<http://ict.pue.udlap.mx/people/raulms/video/evaluacion.html>

CAPITULO II

[1] Establecimiento del tamaño del mercado

Planificación de un proveedor de servicios de Internet y diseño de su sistema de seguridad, Soledad Caicedo, Tesis de grado, EPN, Año 2002

[2] Estadísticas de empresas portadoras instaladas en el Ecuador, SUPTEL, Julio 2004

[3] Desarrollo del Internet y la Televisión

<http://www.aventurarse.com/reuniones/seminariocartas/material/seminario>

[4] COSTOS

<http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/Empresarios/costos.htm#Introduccion>

[5] VALOR AGREGADO – LEGISLACIÓN

<http://www.supertel.gov.ec/>

CAPITULO III

- [1] Redes de Acceso de Carrier en el Ecuador, SUPTEL, 2002
- [2] Seguridad de Redes – Escuela Politécnica Nacional, Ing. Nelson Ávila, Año 2000
- [3] Estadísticas de Acceso a Internet en el Ecuador, SUPTEL, www.suptel.gov.ec , Diciembre 2004
- [4] Proforma de equipos Cisco, UNIPLEX, Marzo 2005
- [5] Operación de Redes Metropolitanas, MEGADATOS S.A., 2005
- [6] Características Técnicas Cisco LRE y Wireless, www.cisco.com
- [7] Costos de Obras civiles y canalización para Andinatel, González & González, Año 1999
- [8] Fabricación y productos de fibra óptica, www.pirelli.com
- [9] Estadísticas de cables de fibra óptica instalados por carrier en el Ecuador, SUPTEL, Julio 2004
- [10] Memorias Técnicas de Instalaciones de Fibra óptica, VIEGENER, Diciembre 2004
- [11] Redes metropolitana, MEGADATOS S.A. Año 2004
- [12] Estándares de Internet Internacionales, IBM, Septiembre 2000
- [13] Teorema de Nyquist, Redes de Computadores, Tanenbaum, Año 2000
- [14] Control de Acceso por Fibra: Perú, Colombia, SUPTEL, Año 2001
- [15] Memoria Técnicas de Diseño, ISP PANCHONET, Año 2000
- [16] IP Broadcast DVD, www.dvd.com
- [17] Dimensionamiento de enrutadores, TESIS EPN Pablo Torres, Año 2002
- [18] Protocolos de Enrutamiento, Academia Cisco - Ecuador
- [19] Calidad de servicio de redes metropolitanas. Universidad de Colima, México 2001
- [20] Seguridades de una ISP, TESIS EPN Pablo Torres, Año 2002
- [21] Software de Administración CISCO, www.cisco.com
- [22] Memoria Técnicas de Diseño, ISP PANCHONET, Año 2000

ANEXOS