# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

## DISEÑO DE UNA RED WAN INTEGRAL PARA LA EMPRESA "BLASA"

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

**NANCY BEATRIZ GUANO SANTAFE**

**nbguano@yahoo.com**

**DIRECTOR: Ing. EDWIN NIETO**

**edwin.nieto@epn.edu.ec**

**Quito, Junio 2010**

# DECLARACIÓN

Yo Nancy Beatriz Guano Santafe, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

_____

Nancy Beatriz Guano Santafe

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Nancy Beatriz Guano Santafe, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Edwin Nieto**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTO

*Quiero agradecer en primer lugar a Dios por darme las fuerzas necesarias en los momentos en que más las necesité y bendecirme con la posibilidad de caminar a su lado durante toda mi vida. A mi madre por todo el apoyo incondicional brindado en todas la facetas de mi vida.*

*A mis profesores por sus enseñanzas y formación, pero en especial a mi director de tesis, Ing. Edwin Nieto, por su esfuerzo, dedicación y paciencia. Gracias.*

## *DEDICATORIA*

*A mis padres, cuya orientación y ejemplo me han guiado por el camino correcto. Por su cariño, sacrificio y esfuerzo.*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....i

PRESENTACIÓN.....iii

## CAPÍTULO 1

## ESTADO ACTUAL DE LAS SUCURSALES DE LA EMPRESA "BLASA"

1.1 EMPRESA BLASA ..... 1

1.1.1 MISIÓN ..... 1

1.1.2 VISIÓN ..... 2

1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN ..... 2

1.1.4 FUNCIONAMIENTO ADMINISTRATIVO ..... 3

1.1.5 AGENCIAS ..... 4

1.2 SISTEMA ACTUAL DE COMUNICACIONES DE LA EMPRESA ..... 6

BLASA ..... 6

1.3 REQUERIMIENTOS DE COMUNICACIÓN DE BLASA ..... 6

1.4 ANÁLISIS DE TRÁFICO ..... 7

1.4.1 ANÁLISIS DE TRÁFICO TELEFÓNICO ..... 7

1.4.2 ANÁLISIS DE TRÁFICO DE DATOS ..... 9

1.4.3 CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO ..... 9

## CAPÍTULO 2

## ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS LAN Y WAN

2.1 REDES LAN ..... 25

2.1.1 ESTÁNDARES DE REDES LAN ..... 26

2.1.2 TOPOLOGÍAS DE REDES LAN ..... 27

2.1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN ..... 31
2.1.4 TECNOLOGÍAS LAN ..... 37
2.1.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS LAN ..... 46
2.1.6 CABLEADO ESTRUCTURADO ..... 47
2.2 REDES WAN ..... 55
2.2.1 ESTÁNDARES WAN ..... 56
2.2.2 TECNOLOGÍAS DE REDES WAN ..... 57
2.2.3 TECNOLOGÍAS DE ACCESO ..... 73
2.2.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGíAS WAN ..... 77

## CAPÍTULO 3

## DISEÑO DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES

3.1 REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA ..... 82
3.2 DISEñO DE LA RED LAN ..... 84
3.2.1 CÁLCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA ..... 84
3.2.2 DISEñO DE LA RED EN LA AGENCIA MATRIZ ..... 96
3.2.3 DISEñO DE LA RED PARA LAS SUCURSALES ..... 107
3.3 DISEñO DE LA RED WAN ..... 110
3.3.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO ..... 110
3.3.2 DISEÑO DE LA RED DE DATOS Y VOZ ..... 113

## CAPÍTULO 4

## PRESUPUESTO DE COSTOS

4.1 COSTOS DE INVERSIÓN ..... 136
4.1.1 COSTOS DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN ..... 140
4.2 COSTOS DE OPERACIÓN ..... 140
4.3 COSTOS DE INGENIERIA ..... 141

4.4 COSTO TOTAL DEL PROYECTO ..... 142

## CAPÍTULO 5

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES ..... 143
5.2 RECOMENDACIONES ..... 145

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GLOSARIO

ANEXO A. PLANOS DE LA EMPRESA BLASA

ANEXO B. COTIZACIONES DE LOS PROVEEDORES DE SERVICIO DE PORTADORA

ANEXO C. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE RED

# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.1.** Organigrama de la Empresa BLASA. ..... 2
**Figura 1.2.** Ubicación geográfica de las agencias de la empresa "BLASA". ..... 4
**Figura 1.3.** Conexión y funcionamiento de VoIp. ..... 12
**Figura 1.4.** Formato de un paquete VoIP. ..... 12
**Figura 1.5.** Componentes del Protocolo H.323. ..... 18
**Figura 1.6.** Pila del Protocolo H.323. ..... 21
**Figura 1.7.** Componentes de SIP. ..... 23
**Figura 2.1.** Estándares de red de área local. ..... 26
**Figura 2.2.** Topología de Bus. ..... 28
**Figura 2.3.** Topología en anillo. ..... 29
**Figura 2.4.** Topología en Estrella. ..... 30
**Figura 2.5.** Transmisión utilizando Extensión de Portadora. ..... 43
**Figura 2.6.** Transmisión utilizando Ráfagas de Tramas. ..... 43
**Figura 2.7.** Puesta a tierra para telecomunicaciones. ..... 51
**Figura 2.8.** Subsistema de cableado estructurado. ..... 53
**Figura 2.9.** Longitudes máximas del cableado horizontal. ..... 54
**Figura 2 .10.** Estándares de la capa de enlace de datos. ..... 57
**Figura 2.11.** Arquitectura Frame Relay. ..... 63
**Figura 2.12.** Formato de la Trama. ..... 64
**Figura 2.13.** Relación entre los parámetros utilizados por Frame Relay. ..... 67
**Figura 2.14.** Capas del modelo ATM. ..... 70
**Figura 2.15.** Arquitectura MPLS. ..... 71
**Figura 2.16** Funcionamiento de una red MPLS. ..... 72
**Figura 2.17.** Tecnologías de acceso en función de la tipología del cliente final. ..... 75
**Figura 3.1.** Formato de la trama Ethernet para transmisión de datos. ..... 84
**Figura 3.2.** Encapsulamiento de datos. ..... 85
**Figura 3.3.** Trama Ethernet. ..... 92

**Figura 3.4.** Esquema de conexión T568B. ..... 98
**Figura 3.5.** Sistema de Distribución. ..... 101
**Figura 3.6.** Distribución del Rack en la matriz. ..... 103
**Figura 3.7.** Topología tipo estrella. ..... 114
**Figura 3.8.** Relación existente entre velocidad de puerto y CIR en Frame Relay. ..... 116
**Figura 3.9.** Asignación de PVC`s y DLCI. ..... 124
**Figura 3.10.** Esquema de direccionamiento sin VLSM. ..... 129
**Figura 3.11.** Router 2801 ..... 132
**Figura 3.12.** Diagrama de la red Integral de la Empresa BLASA. ..... 135

# ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.1.** Costo Mensual aproximado en el mes de Junio. ..... 8
**Tabla 1.2.** Características de los Codecs. ..... 15
**Tabla 1.3.** Consumo de ancho de banda de los codecs. ..... 16
**Tabla 2.1.** Categorías de los cables coaxiales. ..... 32
**Tabla 2.2.** Categorías del cable UTP de acuerdo a la EIA/TIA. ..... 33
**Tabla 2.3.** Estándar para Capa Física de Fast Ethernet. ..... 40
**Tabla 2.4.** Estándar para capa física de Gigabit Ethernet. ..... 45
**Tabla 2.5.** Comparación de las Tecnologías LAN. ..... 46
**Tabla 2.6.** Tecnologías de acceso. ..... 74
**Tabla 2.7.** Tecnología xDSL. ..... 76
**Tabla 2.8.** Comparación de las Tecnologías WAN. ..... 80
**Tabla 3.1.** Distribución de usuarios por Departamentos, Agencias y Aplicaciones. ..... 83
**Tabla 3.2.** Ancho de Banda requerido por cada Agencia para el acceso a la Base de Datos. ..... 86
**Tabla 3.3.** Ancho de Banda requerido para el correo electrónico y el acceso a Internet en las Agencias. ..... 89
**Tabla 3.4.** Datos del servicio telefónico en la hora pico. ..... 90
**Tabla 3.5.** Tabla de Erlang B. ..... 91
**Tabla 3.6.** Número de canales. ..... 91
**Tabla 3.7.** Ancho de banda necesario para VoIP. ..... 93
**Tabla 3.8.** Ancho de banda para transmisión de datos y voz. ..... 94
**Tabla 3.9.** Estimación del tráfico a 10 años en la matriz. ..... 95
**Tabla 3.10.** Estimación del tráfico a 10 años en las sucursales. ..... 96
**Tabla 3.11.** Elementos de cableado para el área de trabajo en la agencia Matriz. ..... 98
**Tabla 3.12.** Materiales de cableado estructurado necesarios para la matriz. ..... 104
**Tabla 3.13.** Diseño de las áreas de trabajo en las sucursales. ..... 108
**Tabla 3.14.** Cantidad total de cable UTP y canaletas. ..... 109

**Tabla 3.15.** Materiales necesarios para el cableado estructurado de las sucursales. ..... 109
**Tabla 3.16.** Empresas que ofrecen servicios Frame Relay. ..... 113
**Tabla 3.17.** Capacidad para el acceso a la Base de Datos. ..... 120
**Tabla 3.18.** Capacidad para el correo electrónico y acceso a Internet. ..... 121
**Tabla 3.19.** Ancho de Banda Total requerido por las aplicaciones de datos. ..... 122
**Tabla 3.20.** Clases de Direcciones de Ipv4. ..... 125
**Tabla 3.21.** Intervalo de Direcciones IP privadas. ..... 126
**Tabla 3.22.** Máscaras de red por defecto. ..... 127
**Tabla 3.23.** Tamaños de subredes para una red clase C. ..... 128
**Tabla 3.24.** Identificación de la máscara para cada subred. ..... 128
**Tabla 3.25.** Direccionamiento IP con clase C sin VLSM. ..... 129
**Tabla 3.26**. Protocolos de Enrutamiento. ..... 131
**Tabla 3.27.** Especificaciones del Router cisco 2801. ..... 134
**Tabla 4.1.** Costos del material de cableado estructurado para la Matriz_Quito. ..... 137
**Tabla 4.2.** Costos del material de cableado estructurado para las sucursales de Latacunga y Ambato. ..... 138
**Tabla 4.3.** Costos de los equipos necesarios para las redes LAN y WAN. ..... 139
**Tabla 4.4.** Costos por instalación y configuración ..... 140
**Tabla 4.5.** Costos de operación. ..... 141
**Tabla 4.6.** Costos de Implementación. ..... 142
**Tabla 4.7.** Costo Total del Proyecto. ..... 142

# RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal, diseñar una red WAN que permita la transmisión de voz y datos entre las sucursales, en base a las necesidades que tiene la empresa BLASA.

En el capítulo 1 se presenta una descripción del estado actual de la empresa BLASA, empezando por la misión, visión, el funcionamiento administrativo y la ubicación de cada agencia. Además se realiza un análisis del tráfico de voz y datos de acuerdo a las aplicaciones que manejará la empresa.

En el capítulo 2 se hace un análisis de las posibles tecnologías a ser consideradas para el diseño de las redes LAN y WAN, así como las alternativas de diseño a ser aplicadas. Además, se realiza una revisión de los medios de transmisión, normas para el cableado estructurado y de los estándares de capa física y capa de enlace.

También se realiza un estudio de las tecnologías de acceso que permitan a los usuarios finales hacer uso de la red. Dentro de estas tecnologías se consideran las de bucle de abonado digital (xDSL), ya que proporcionan un ancho de banda suficiente para diversas aplicaciones.

En el capítulo 3 se realiza el diseño de la red de voz y datos, con las tecnologías LAN y WAN determinadas previo a un análisis, se establecen los requerimientos de ancho de banda y se determina el tipo de topología que tendrá la red.

Para la red WAN se considera dos alternativas de diseño, mediante la infraestructura de un carrier y con infraestructura propia de la empresa. Para determinar cuál es la más adecuada se establecen ventajas y desventajas de la utilización de cada una de las alternativas.

En el capítulo 4 se presentan los costos de los equipos, enlaces y el costo de implementación, para establecer un valor referencial de la red diseñada.

En el capítulo 5 se encuentran las conclusiones que se han podido deducir resultado del análisis de este trabajo y las recomendaciones respectivas.

Conjuntamente con el proyecto, se presentan anexos que incluyen: los planos de las agencias, las propuestas económicas de dos empresas (CNT y Porta) que ofrecer servicio de portadora (carrier), las características técnicas de los equipos como switches, router, firewall y Phone IP.

# PRESENTACIÓN

El uso de las redes se ha convertido en un sistema necesario e indispensable en la realidad del hombre por ello la interconectividad de empresas, organizaciones y corporaciones. Este proyecto presenta el diseño de una red WAN Integral para la empresa BLASA permitiendo que se comunique la matriz ubicada en la ciudad de Quito con sus dos sucursales ubicadas en las ciudades de Latacunga y Ambato para el envío y recibo de información, así como la comunicación telefónica (VoIP).

La integración de redes de voz y datos en una misma infraestructura permiten que las empresas sean más productivas, de fácil gestión, de menor costo y capaz de soportar, con la calidad requerida, todas las necesidades de comunicación de las empresas de forma unificada.

En el documento se presenta la descripción del estado actual y los requerimientos de comunicación de la empresa.

Adicionalmente, se presentan los tipos de tecnologías LAN y WAN más utilizadas en la actualidad, y topologías de las cuales se puede llegar hacer uso para que la voz y los datos puedan viajar de manera segura, rápida y eficiente.

Para el diseño de la red se considera el tipo de datos y las aplicaciones que van a ser utilizadas, ya que esto es necesario para determinar el requerimiento de ancho de banda de la red.

Los equipos que se consideran para el diseño cumplen con las normas y de disponibilidad en el mercado.

Finalmente, se presenta una estimación de costos de la implementación de la red de comunicaciones propuesta para la empresa BLASA, considerando la compra de equipos, instalación y configuración. Los costos de los equipos así como el costo de los enlaces que fueron proporcionados por las empresas de telecomunicaciones.

# CAPÍTULO 1

# ESTADO ACTUAL DE LAS SUCURSALES DE LA EMPRESA "BLASA"

## 1.1 EMPRESA BLASA

BLASA tiene por objeto social la compra venta, comercialización y distribución de artículos de ferretería y materiales de construcción, a constructores y consumidores finales desde hace 5 años en la ciudad de Quito y hace 3 años en las ciudades de Latacunga y Ambato.

Esta empresa ha sido creada como un soporte para la industria de la construcción. Consientes de los problemas de abastecimientos y costos que estos artículos demandan, motivo por el cual sus esfuerzos han sido encaminados en esta dirección, siendo posible llegar a sus clientes con puntualidad y con los mejores precios del mercado, logrando así una satisfacción total, para ello dispone de una infraestructura sólida como son sus propias oficinas y bodegas, una flota de camiones y camionetas.

### 1.1.1 MISIÓN

"Vender artículos para la construcción contando con proveedores que proporcionan productos de buena calidad y buenos costos para clientes que desean encontrar en un solo lugar los requerimientos a sus necesidades".

### 1.1.2 VISIÓN

"Ser un grupo líder en la distribución y venta de materiales para la construcción a nivel nacional"

### 1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

La empresa BLASA cuenta con un equipo humano conformado por veinte y cuatro personas, altamente capacitadas y comprometidas con la filosofía y principios de la empresa. Las mismas que colaboran en funciones tales como: la gerencia, ventas, contabilidad, despachos y transporte.

En la figura 1.1, se encuentra el organigrama de la empresa.

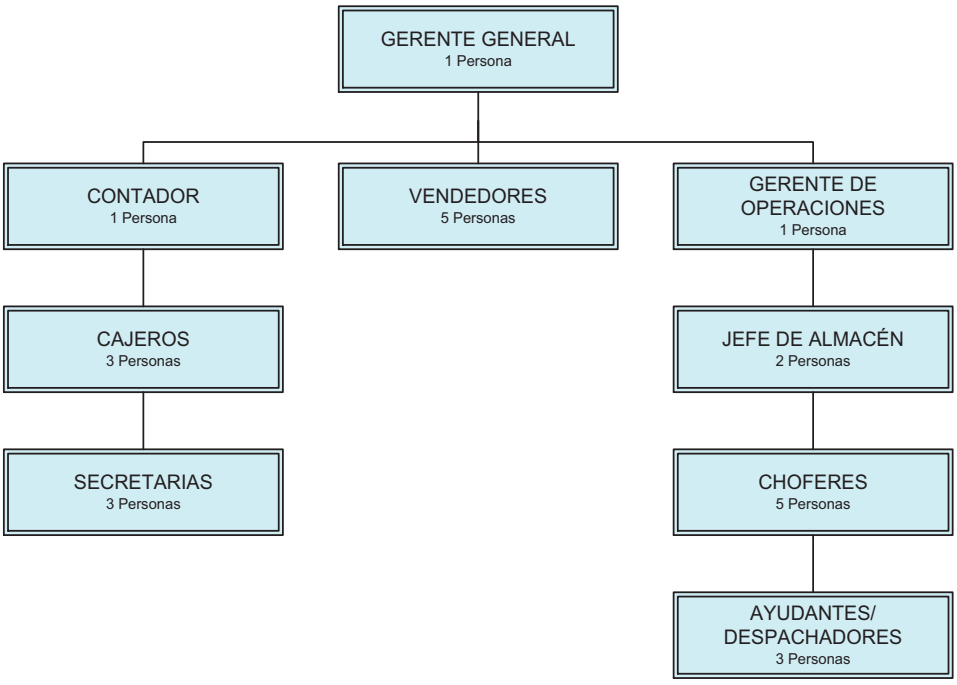


**Figura 1.1.** Organigrama de la Empresa BLASA.

### 1.1.4 FUNCIONAMIENTO ADMINISTRATIVO

Hay tres departamentos importantes: ventas, operaciones y contabilidad.

- En el departamento de ventas, se encuentran los ejecutivos de ventas, que se encargan de la venta de productos en mostrador o por teléfono y de la emisión de facturas y remisiones.

- En el departamento de Operaciones se encuentra el mayor número de empleados. Los ayudantes (despachadores), quienes asisten en las labores diarias de la empresa, también acompañan a los choferes a sus diferentes destinos.

  Los choferes son quienes conducen camiones y camionetas, a ellos el departamento de ventas les entrega las guías de remisión y las facturas para que lleven los productos a sus diferentes destinos. Existe un Jefe de Almacén en cada sucursal que realizará la gestión de control de calidad verificando que la mercadería llega en buen estado y organiza toda la gestión de stock, reporta al Gerente de Operaciones que a su vez es quien maneja el inventario de la mercadería total existente en la empresa y se encarga de realizar los pedidos de mercadería a los fabricantes.

- El departamento de contabilidad está conformado por los cajeros quienes realizan los cobros en mostrador, inicia registro de caja, atención de clientes en el mostrador en caso de ser necesario, hacer cortes de caja diaria y el control de remisiones y facturas.

  Además de una secretaria que está encargada de las labores administrativas y ayuda a un contador el cual reporta al Gerente General los resultados totales obtenidos mensual y anualmente.

### 1.1.5 AGENCIAS

**Figura 1.2.** Ubicación geográfica de las agencias de la empresa “BLASA”.

En la figura 1.2 se puede observar la ubicación geográfica de las agencias con las que cuenta en la actualidad la empresa BLASA.

#### 1.1.5.1 Matriz

En la agencia matriz de la ciudad de Quito se encuentra ubicada la Gerencia General, Departamento de Contabilidad, Gerencia de Operaciones y el departamento de ventas.

Esta agencia es la encargada de centralizar todas las transacciones comerciales que se ejecutan en las sucursales.

La agencia matriz se encuentra ubicada en la Av. Occidental, al norte de la ciudad.

#### 1.1.5.2 Sucursal Latacunga

La sucursal en la ciudad de Latacunga está ubicada en la Calle Benjamín Terán.

En esta sucursal se encuentra el Jefe de la sucursal quien realiza la gestión de control de calidad verificando que la mercadería llegue en buen estado al almacén, organiza la gestión de stock. Además se encarga de la parte administrativa de la sucursal. También se encuentra un vendedor, una cajera, una secretaria, un chofer y un ayudante.

#### 1.1.5.3 Sucursal Ambato

La sucursal en la ciudad de Ambato está ubicada en la Calle Cevallos.

Al igual que en la sucursal de Latacunga se encuentra el Jefe de la sucursal quien realiza la gestión de control de calidad verificando que la mercadería llega en buen estado al almacén, organiza la gestión de stock, además se encarga de la parte administrativa de la sucursal. También se encuentra una cajera, una secretaria, un vendedor, un chofer y un ayudante.

## 1.2 SISTEMA ACTUAL DE COMUNICACIONES DE LA EMPRESA BLASA

En la actualidad la empresa BLASA no cuenta con una red para la transmisión de datos y voz, que interconecte la matriz con sus sucursales, la información que se envía desde y hacia la matriz lo hacen vía fax y por teléfono, ocasionando los siguientes problemas:

- Imposibilidad de acceso a la información generada en las otras sucursales.
- Problemas en el manejo de la información de interés común como son la de los proveedores e inventario debido a que esto se lo realiza manualmente en archivos de papeles.
- Problemas de inventario por retrasos en el manejo de las compras afectando las actividades operacionales.
- Imprecisión y dificultad para el manejo de datos administrativos, financieros y contables.
- Alto costo operativo en consumo telefónico mensual dado su uso único como medio de interconexión.

## 1.3 REQUERIMIENTOS DE COMUNICACIÓN DE BLASA

Su principal necesidad de comunicaciones en la actualidad, es contar con un sistema que se encargue de interconectar las sucursales con su matriz en la ciudad de Quito.

Si fuera posible satisfacer esta necesidad con enlaces permanentes y seguros, se podría tener los siguientes beneficios para la empresa:

- En la matriz se podría tener acceso de forma instantánea a todas las transacciones financieras que se llevan a cabo en las sucursales y así los datos estarían actualizados permanentemente, logrando una administración centralizada. Además, cada sucursal estaría al tanto de la lista de precios, créditos, promociones y stock de productos. De agotarse algún producto se podría hacer el pedido de forma inmediata a otra sucursal o a la matriz según convenga.
- En el futuro tener un ahorro económico, pues al no contar con una infraestructura de comunicación propia para cada una de sus agencias, la empresa debe efectuar la comunicación telefónica entre una sucursal y la matriz, o entre sucursales a través de la PSTN[1]; lo cual implica pagar los costos de tarifación fijados por el proveedor del servicio telefónico local. Para evitar esto, se propone canalizar internamente la transmisión de voz sobre IP
- Con ello las sucursales podrán comunicarse de una manera rápida y eficiente con la matriz.

## 1.4 ANÁLISIS DE TRÁFICO

En esta parte se analizará el tráfico telefónico entre la matriz y las sucursales. Los datos con los cuales se va a trabajar es información proporcionada por la empresa referente a horas y días en los que se envía mayor cantidad de información.

### 1.4.1 ANÁLISIS DE TRÁFICO TELEFÓNICO

El análisis del tráfico de voz en la Empresa BLASA, tiene por objetivo principal calcular y dimensionar correctamente el número óptimo de enlaces de voz hacia uno o varios destinos durante las horas pico.

[1] **PSTN.-** Public Switched Telephone Network_Red Telefónica Publica Conmutada

Una llamada telefónica se la puede realizar en cualquier instante y su duración puede variar de uno a varios minutos.

Las coincidencias se pueden dar en algunas épocas del año, o en algunos días de la semana, pero las más notorias se encuentran en el transcurso de un día debido a que está en constante relación con los horarios de trabajo. Es así que se toma una hora del día que tiene mayor cantidad de llamadas y se nombra hora pico u hora cargada.

Según ITU-T[1], la hora pico son aquellos 60 minutos del día en los cuales a través de varios días hábiles, el promedio de la intensidad de tráfico alcanza su máximo.

Para nuestro diseño el análisis de la hora pico es de suma importancia, para que a la hora en que el abonado pueda realizar cualquier tipo de llamada lo haga sin tener problemas de congestión. Así, el estudio del tráfico telefónico y el dimensionamiento de los equipos están orientados a satisfacer la hora pico, ya que a cualquier otra hora del día el tráfico será mucho menor.

| AGENCIA | NÚMERO DE LÍNEAS | COSTO MENSUAL[1] |
|---|---|---|
| ***QUITO*** | 2 | 150 |
| ***LATACUNGA*** | 1 | 80 |
| ***AMBATO*** | 1 | 90 |
| **COSTO TOTAL MENSUAL** | | 320 |

**Tabla 1.1.** Costo Mensual aproximado en el mes de Junio.

[1] **ITU-T.-** Unión Internacional de Telecomunicaciones

En la tabla 1.1 se presenta un valor estimado del costo mensual en el mes de Junio respecto al consumo telefónico, se tomo este mes como referencia, ya que en este mes se obtuvo mayores costos.

### 1.4.2 ANÁLISIS DE TRÁFICO DE DATOS

Para el tráfico de datos no hay estadísticas de desempeño, pues la Empresa BLASA no cuenta con una red de datos, por lo tanto se requiere un buen conocimiento de la aplicación para aprovechar las ventajas de las características de tráfico.

### 1.4.3 CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO

Dentro del proceso de análisis de tráfico un paso importante es la caracterización (identificación) del tipo de aplicaciones que la red soportará, ya que de estas aplicaciones dependerá el ancho de banda que se necesite para la red y el ancho de banda influye en el costo de la red. Las aplicaciones son el producto de las necesidades y requerimientos de los usuarios finales como también de los servicios a ofrecer. Para el caso de la Empresa BLASA los tipos de tráfico que se transportarán a través de la red de comunicaciones son:

- Internet
- Correo electrónico
- Acceso de Base de datos
- Voz sobre IP

A continuación se realiza una descripción de las aplicaciones que van a correr sobre red.

#### 1.4.3.1 Internet, Correo Electrónico y Acceso de Base de datos

El protocolo de transferencia de hipertexto (http) funciona con la World Wide Web, que es la parte de crecimiento más rápido y más utilizada de Internet.

Una de las principales razones de este crecimiento de la Web es la facilidad con la que permite acceder a la información. Un navegador Web representa la información en formatos multimedia en las páginas Web que usan texto, gráficos, sonidos y video. Este protocolo es necesario para la mayoría de empleados, es así que el área de contabilidad debe acceder al sitio web del SRI[1] para realizar declaraciones de impuestos, como IVA e impuesto a la renta. El departamento de operaciones desea esta aplicación para obtener información acerca de catálogos de nuevos productos.

El correo electrónico permitirá enviar y recibir mensajes hacia y desde cualquier persona que pertenezca a la Empresa BLASA, así como también con otras personas en cualquier parte del mundo de esta forma se facilitaría y agilitaría los procesos propios del negocio.

Las empresas tanto públicas como privadas utilizan un correo interno mediante el programa Outlook de Microsoft. Este software tiene la característica de ser un software libre.

El estándar de mensajería para correo electrónico en Internet es el protocolo de transferencia de correo (SMTP[2]), que puede utilizar cualquier interfaz de usuario como aplicación final.

Los mensajes de *e-mail* normalmente son en modo texto, sin embargo también puede incluir otros objetos y tipos de archivos. Para esto el cliente y el servidor deben soportar el protocolo MIME[3].

El acceso a la base de datos estará dirigido a los dos tipos de usuarios el gerente quien tiene todos los privilegios sobre las tablas de la base de datos como el control

[1] **SRI.-** Servicio de Rentas Interna
[2] **SMTP.-** Simple Mail Transfer Protocol
[3] **MIME.-** Multipurpose Internet Mail Extensions

de inventario, nomina (control de la información de los empleados, permitiendo altas, bajas, modificaciones y búsquedas), productos (puede realizar altas, bajas, modificaciones, consultas de productos y de marcas y categorías), además de los privilegios que tienen los empleados. El otro tipo de usuario son los empleados que solo tiene acceso a ciertas operaciones, como son las consultas de productos, clientes, proveedores, facturación, y todos los privilegios sobre las tablas que tienen que ver con el módulo ventas, marcas y categorías

Estos usuarios accederán mediante un nombre de usuario y un password los cuales le permitirán realizar diferentes operaciones de acuerdo a los privilegios dados.

El acceso a la base de datos permitirá llevar un mejor control y administración de la información. Además de dar al cliente una atención rápida.

#### 1.4.3.2 Voz sobre IP

VoIP es una tecnología que tiene la responsabilidad de transmitir voz en forma de paquetes, en redes que se basan en el Protocolo IP. El tipo de red puede ser tanto privada (Intranet) como pública (Internet).

El funcionamiento de la tecnología VoIP, admite la digitalización de la voz estándar para luego convertirla en paquetes de datos comprimidos que vuelven a convertirse en voz cuando alcanzan su destino.

Estos paquetes de datos son transportados a través de redes de datos en lugar de las líneas telefónicas. Las señales de voz son encapsuladas en paquetes IP que pueden transportarse como IP por Ethernet, Frame Relay, ATM.

La telefonía IP es una aplicación de la tecnología VoIP, esta aplicación permite la elaboración de llamadas telefónicas ordinarias en redes con el protocolo IP u otro tipo de redes. Esta aplicación da las prestaciones de lo que son las comunicaciones como: mensajería de voz, fax, datos, entre otros.

En la figura 1.3 se muestra la conexión y funcionamiento de VoIP.

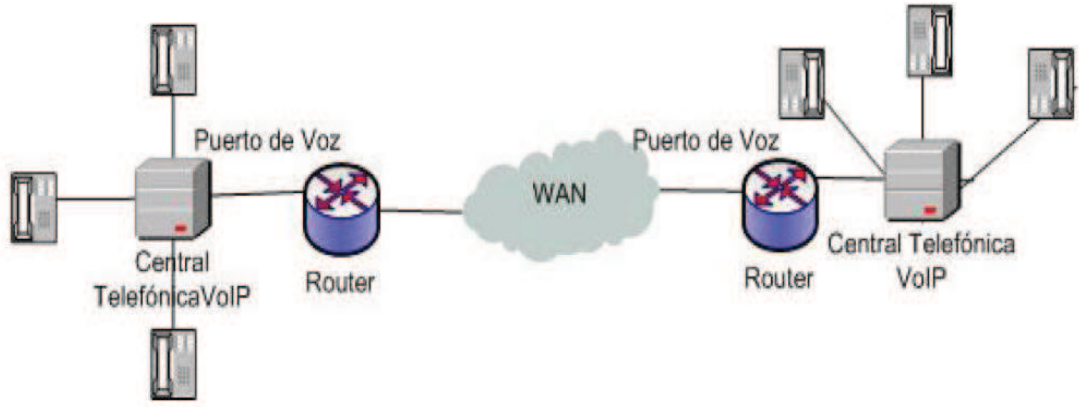


**Figura 1.3.** Conexión y funcionamiento de VoIp.

El método estándar para trasportar muestras de voz a través de una red basada en IP, requiere la adición de tres cabeceras IP, UDP[1] y RTP[2]. La cabecera UDP consta de 8 bytes, la cabecera IPv4 (IP versión 4) de 20 bytes y la cabecera RTP de 12 bytes. Toda esta sobrecarga es enviada cada vez que un paquete que contiene muestras de voz se transmite.

El formato de la trama para la transmisión de VoIP se muestra en la figura 1.4.

| CABECERA IP 20 Bytes | CABECERA UDP 8 Bytes | CABECERA RTP 12 Bytes | PAYLOAD muestras de voz |
|---|---|---|---|

**Figura 1.4.** Formato de un paquete VoIP.

[1] **UDP.-** Protocolo de Datagrama del Usuario
[2] **RTP.-** Protocolo de Tiempo Real

#### *1.4.3.2.1 Integración de la Voz con la Red de Datos*

La tecnología VoIP se puede aplicar en redes LAN y WAN como si se tratara de una red interna. Si un usuario de VoIP desea llamar a un usuario remoto en un POST[1], este utiliza una puerta de enlace especial que traduce los datos recibidos en un formato que la red IP pueda entender.

Cuando se considera la integración de voz y datos en una misma red, esta debe asegurar el transporte de tráfico de voz y datos con excelente calidad.

Sin embargo en una red que integra voz y datos, la calidad de la voz no tiene garantías, esto hace que se convierta en un factor discriminante entre los diferentes tipos de redes, equipos y servicios, tanto así que la medida de la calidad de voz se ha convertido en un aspecto fundamental dentro del entorno de la convergencia de los diferentes tipos de redes.

Con la integración de redes de voz y datos en una misma infraestructura se presentan algunas limitaciones que hay que tomar en cuenta como el ancho de banda para la transmisión de voz, latencia[2] o retardo sufrido por los paquetes, jitter[3], pérdida de paquetes y la seguridad en la conversación.

#### *1.4.3.2.2 Características de implementación de Voip*

Para la implementación de un sistema VoIP se debe considerar las siguientes características:

---

[1] **POST.-** Plain Old Telephone Service_Servicio Telefónico Tradicional

[2] **Latencia.-** se define como el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados. La latencia entre el punto inicial y final de la comunicación debería ser inferior a 150ms.

[3] **Jitter.-** se define como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por la congestión de red, perdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino. Se espera que el aumento de mecanismos de calidad de servicio como prioridad en las colas, reserva de ancho de banda o enlaces de mayor velocidad puedan reducir el jitter. El jitter entre el punto inicial y final de la comunicación deberá ser inferior a 100ms.

## Ancho de banda

La calidad de una conversación de voz depende del ancho de banda asignado. En los inicios de la tecnología VoIP, se requería de un elevado ancho de banda para la transmisión de voz y video, lo cual hace imposible establecer una comunicación de voz y video sobre la red de datos que garantizara una QoS aceptable.

En la actualidad se utilizan diversos algoritmos (G.711, G.723.1, G.729, etc.) para comprimir la señal de voz, permitiendo el uso de la misma red de datos para el establecimiento de una conversación de voz entre uno o más participantes. Estos algoritmos se caracterizan por conseguir una buena compresión de datos disminuyendo el tiempo de latencia.

## Calidad en la transmisión de voz

Para lograr una calidad aceptable en la transmisión de voz se deben considerar lo siguiente:

**Codecs:** los codificadores y decodificadores son utilizados por los protocolos de VoIP para definir el grado de compresión y descompresión de los algoritmos que se emplean cuando se transporta voz y video a través de una red convergente.

Para elegir un códec se debe basar principalmente en la utilización del ancho banda y en la velocidad de operación.

La tabla 1.2 muestra las características de los principales codecs y en la tabla 1.3 se muestra el consumo de ancho de banda de los codecs VoIP recomendados por la UIT-T.

**Cancelación de eco:** es indispensable para una conversación VoIP, se encarga de eliminar, de forma automática y en tiempo real, posibles ecos o ruidos que distorsionan la conversación de voz.

**Latencia:** Tiempo necesario para que los paquetes viajen del nodo origen al nodo destino, incluyendo tiempos para comprimir, transmitir y descomprimir. Con la mejora que ha tenido la tecnología VoIP, la latencia es cada vez más pequeña llegando a los 120 ms.

| Codec | Frecuencia de muestreo (KHz) | BW[1] (Kbps) | Tamaño del bloque (ms) | Observaciones | Ventajas | Desventajas |
|---|---|---|---|---|---|---|
| G.711 | 8 | 64 | Muestreada | G.711u/a comúnmente referidos como u-law/a-law donde a-law es la versión europea y u-law es la versión de US/Japón | Diseñado para entregar máxima calidad de voz; muy bajo consumo de CPU | Incluyendo sobrecarga consume más de 64 Kbps, por lo tanto, requiere 128 Kbps de ancho de banda en cada dirección (subida y bajada) |
| G.723.1 | 8 | 5.3<br>6.3 | 30 | Comúnmente usado por proveedores de VoIP | Compresión muy alta, manteniendo excelente calidad de audio | Consume demasiado tiempo de procesamiento |
| G.728 | 8 | 16 | 2.5 | ITU | Tiene un algoritmo de retardo de codificación de 0.625 ms | Comparado con G.721 tiende a ser peor |
| G.729 | 8 | 8 | 10 | ITU | Excelente utilización del ancho de banda para conversaciones de calidad; funciona bien bajo errores de bits aleatorios | Requiere licencia para su uso |

**Tabla 1.2.** Características de los Codecs.

[1] **BW.-** ancho de banda que consume el codec

| Codec | MOS[1] | Tamaño del payload por paquete | Tamaño del header IP/UDP/RTP | Tipo de tecnología de capa 2 | Tamaño del header de capa 2 | Paquetes por segundo | AB por llamada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **G.711** | 4.1 | 160 bytes | 40 bytes | Ethernet | 14 bytes | 50 pps | 85.6 Kbps |
| **G.711** | | 240 bytes | 40 bytes | Ethernet | 14 bytes | 33 pp | 77.6 Kbps |
| **G.711** | | 160 bytes | 40 bytes | Frame Relay | 6 bytes | 50 pps | 82.4 Kbps |
| **G.711** | | 160 bytes | 2 bytes (cRTP[2]) | Frame Relay | 6 bytes | 50 pps | 67.2 Kbps |
| **G.729** | 3.9 | 20 bytes | 40 bytes | Ethernet | 14 bytes | 50 pps | 29.6 Kbps |
| **G.729** | | 20 bytes | 40 bytes | Frame Relay | 6 bytes | 50 pps | 26.4 Kbps |
| **G.729** | | 30 bytes | 40 bytes | Frame Relay | 6 bytes | 33 pp | 20 Kbps |
| **G.729** | | 20 bytes | 2 bytes (cRTP) | Frame Relay | 6 bytes | 50 pps | 11.2 Kbps |

**Tabla 1.3.** Consumo de ancho de banda de los codecs.

#### *1.4.3.2.3 Protocolos de Señalización y Transporte Voz sobre IP*

Los protocolos asociados a VoIP se dividen en dos grupos: los que soportan el transporte de la ruta de audio, y aquellos que soportan la señalización de llamada y las funciones de control.

Protocolos como RTP y RTCP[3] son protocolos de ruta de audio que ofrecen información de temporización para asegurar una reproducción de audio consistente en el lado del reproductor, así como una retroalimentación del rendimiento de la calidad del servicio (QoS) con respecto a la red subyacente; mientras que H323 y SIP son protocolos de señalización que proporcionan la configuración y la cancelación de la llamada, además el direccionamiento y enrutamiento.

El audio es un tráfico que se transmite a través de paquetes UDP dado que la información no es tolerable a retransmisiones.

[1] **MOS.-** puntuación sobre la calidad del códec (varía entre 0 y 5, es recomendable que sea mayor a 4).
[2] **cRTP.-** información redundante de la utilización de algoritmo de compresión.
[3] **RTCP.-** Protocolo de control de transporte en tiempo real.

**RTP (Protocolo de Transporte en Tiempo Real)**

El objetivo de este protocolo es de proporcionar servicios de difusión de extremo a extremo en redes de paquetes, sin embargo no dispone de ningún mecanismo para asegurar la calidad de servicio, el proceso de transporte implica dividir en paquetes el flujo de bits que proporciona el codificador de señal, enviar dichos paquetes por la red y reensamblar el flujo de bits original en el destino.

El protocolo de transporte detecta todas las pérdidas de paquetes o retrasos que pudieron existir durante el camino, también debe proveer de información temporal para que el receptor pueda compensar el jitter.

RTP por lo general se ejecuta sobre UDP para hacer uso de sus funciones de multiplexación y control de errores.

**RTCP (Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real)**

RTCP trabaja conjuntamente con el RTP, y se encarga de monitorizar la comunicación en tiempo real. Su función es propagar información acerca de la calidad con la que el usuario está recibiendo el flujo de información, de modo que la aplicación que hace uso del RTP puede actuar en consecuencia, adaptándose a las variaciones en el entorno de transmisión. En el caso de que la comunicación sea multicast los mensajes RTCP deben llegar a cada uno de los usuarios conectados al grupo, de modo que todos tengan información de la calidad con la que está llegando la información al resto de usuarios.

**Protocolo H.323**

Es un estándar desarrollado por la ITU que especifica los componentes, protocolos y procedimientos que proporcionan servicios de comunicación multimedia (audio, video y datos en tiempo real), sobre una red IP.

***Componentes de H.323***

Los componentes que define el estándar H.323 son: Terminales, Gateways, Gatekeepers y MCU, como se muestra en la figura 1.5.

Todos estos componentes son puntos finales dentro de una comunicación multimedia excepto el "Gatekeeper" que mantiene labores de gestión.

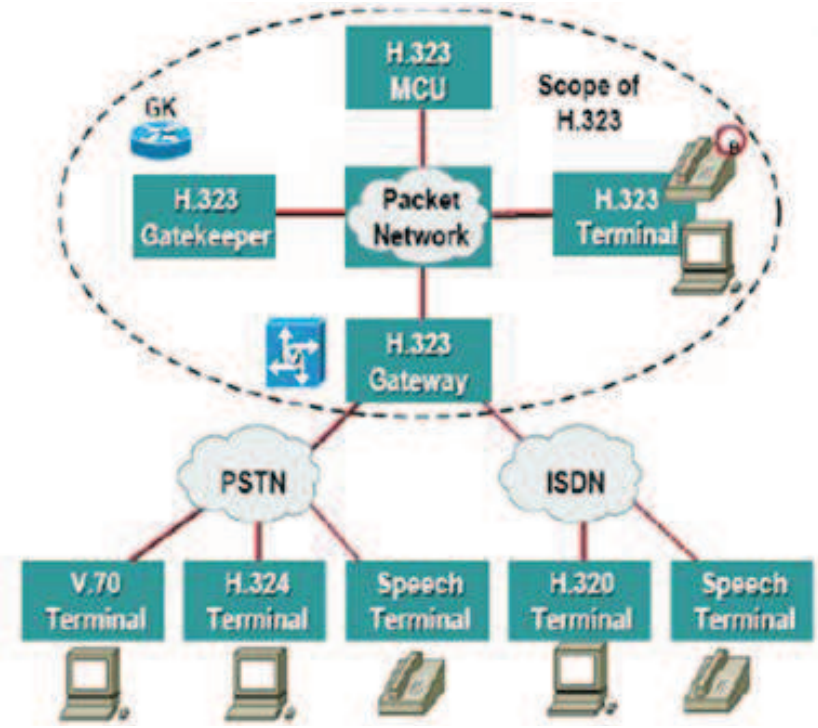


**Figura 1.5.** Componentes del Protocolo H.323.

- ***Terminales***

  Se usa para comunicaciones multimedia bidireccionales en tiempo real, un terminal H323 puede ser un PC (Microsoft NetMeeting que permite usar transmisiones de voz y video) o un dispositivo especifico, este soporta comunicaciones en audio y opcionalmente en vídeo o datos.

- ***Gateway***

  Se encarga de traducir los protocolos de establecimiento y liberación de llamadas y de la conversión de formatos de la información (codificación) entre diferentes tipos de redes, como por ejemplo entre terminales H.323 y teléfonos de la PSTN o sistemas PBX. Los terminales se comunican con el Gateway mediante el protocolo de control de señalización H.245 y el protocolo de señalización H.225.

  Un Gateway tiene por un lado una interfaz LAN y por el otro dispone de uno o varios de los siguientes interfaces:

  FXO[1].- para conexión a extensiones de centralitas o a la red telefónica básica.

  FXS[2].- Para conexión a enlaces de centralitas o a teléfonos analógicas.

- ***Gatekeeper***

  Proveen funciones de control de llamada tal como Direccionamiento, autenticación de los terminales y del gateway, administración del ancho de banda y gestión de llamadas. Estos equipos pueden llamarse Routing.

- ***MCU (Unidades de control multipunto)***

  Provee soporte para conferencias de tres o más terminales H.323, todos los terminales implicados en la conferencia establecen conexión con el MCU. Además, se encarga del intercambio de capacidades entre terminales para el establecimiento de comunicación de audio y video.

### *Protocolos en H.323[2]*

El protocolo H.323 es una recolección de protocolos que trabajan juntos para proveer de comunicación de extremo a extremo en una red convergente.

[1] **FXO.-** Foreign Exchange Operator/Office.
[2] **FXS.-** Foreign Exchange Station/Subscriber.

- **Direccionamiento**

  RAS (Registration, Admision and Status): Protocolo de comunicaciones que permite a una estación H.323 localizar otra estación H.323 a través del Gatekeeper.

  DNS (Domain Name Service): Servicio de resolución de nombres en direcciones IP con el mismo fin que el protocolo RAS pero a través de un servidor DNS.

- **Señalización**

  El canal de señalización se emplea para transportar mensajes de control.

  Q.931: Señalización inicial de llamada.

  H.225: Control de llamada: señalización, registro y admisión, y paquetización/ sincronización del stream (flujo) de voz.

  H.245: Protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para streams de voz.

- **Compresión de voz**

  Son utilizados codificadores y decodificadores.

- **Transmisión de voz**

  UDP: La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, ya que el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP.

  RTP: Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para una correcta entrega al receptor.

- **Control de la transmisión**

  RTCP: Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctoras.

En la figura 1.6 se muestran los protocolos que conforman a H.323

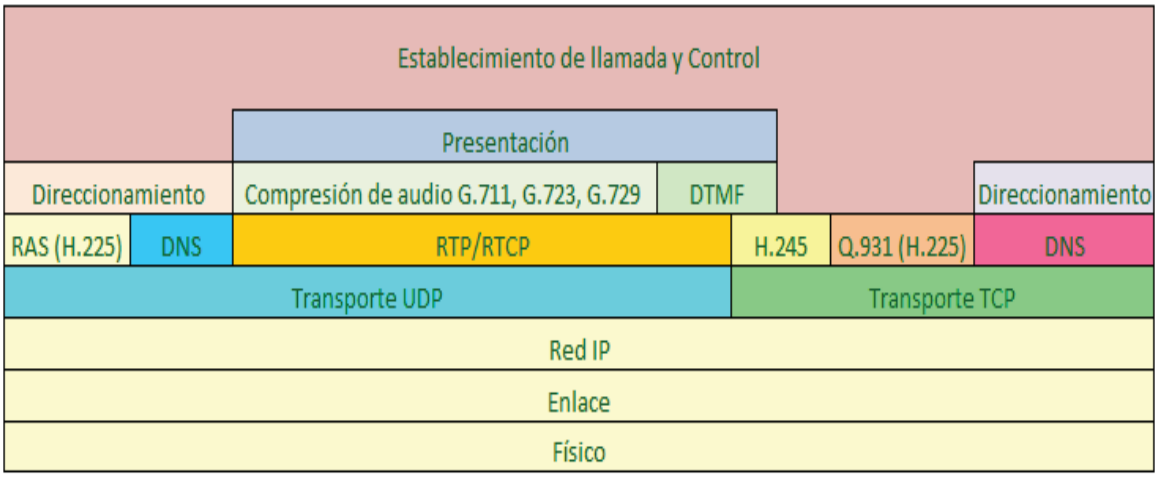


**Figura 1.6.** Pila del Protocolo H.323.

## SIP (Protocolo de inicio de la sesión)

El protocolo SIP fue desarrollado por el grupo MMUSIC[1] del IETF, definiendo una arquitectura de señalización y control para VoIP. SIP está definido en el RFC 3261que se publico en el 2002.

SIP se diseño como una solución a largo plazo para las conferencias multimedia y la telefonía en internet. SIP se basa en una arquitectura Cliente/Servidor similar a HTTP, en la cual los clientes generan las peticiones (inician las llamadas) y los servidores son los encargados de recibir (contestan las llamadas).

El propósito de SIP es la comunicación entre dispositivos multimedia. SIP hace posible esta comunicación gracias a dos protocolos que son RTP/RTCP y SDP[2].

[1] **MMUSIC.-** Multimedia session control
[2] **SDP.-** Session Description Protocol; se encarga de la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc.

El protocolo SIP posee cuatro características que son:

- **Localización del usuario.-** capacidad de poder conocer en todo momento la localización de los usuarios, por lo que la movilidad de los usuarios no se ve limitada.
- **Negociación de los parámetros.-** posibilidad de negociar los parámetros necesarios para la comunicación como los puertos para el tráfico SIP, direcciones IP para el tráfico, códec, etc.
- **Disponibilidad del usuario.-** permite determinar si un usuario está disponible o no para establecer una comunicación.
- **Gestión de la comunicación.-** se encarga de la modificación, transparencia, finalización de la sesión activa. Además, informa el estado de la comunicación que se encuentra en proceso.

***Componentes de SIP***

El sistema SIP contiene dos elementos fundamentales, los agentes de usuario (UA) y los servidores, tal como muestra en la figura 1.7.

- **User Agent (UA).-** consisten de dos partes, el User Agent Client (UAC) o que es una entidad lógica que genera peticiones SIP, además recibe respuestas a esas peticiones y el User Agent Server (UAS) entidad lógica que genera respuestas a las peticiones SIP. Permitiendo la comunicación entre diferentes agentes de usuario mediante comunicaciones de tipo cliente-servidor.

  El cliente SIP incluye teléfonos IP que actúan como UAC o UAS y los Gateways.

Los servidores SIP pueden ser de tres tipos:

- **Proxy Server.-** retransmiten solicitudes y deciden a qué otro servidor deben remitir. Es una entidad intermedia que actúa como cliente y servidor con el propósito de establecer llamadas entre los usuarios. Este servidor tienen una funcionalidad semejante a la de un Proxy HTTP que tiene una tarea de encaminar las peticiones que recibe de otras entidades más próximas al destinatario.
- **Registrar Server.-** es un servidor que acepta peticiones de registro de los usuarios y guarda la información de estas peticiones para suministrar un servicio de localización y traducción de direcciones en el dominio que controla.
- **Redirect Server.-** es un servidor que genera respuestas de redirección a las peticiones que recibe. Este servidor reencamina las peticiones hacia el próximo servidor.

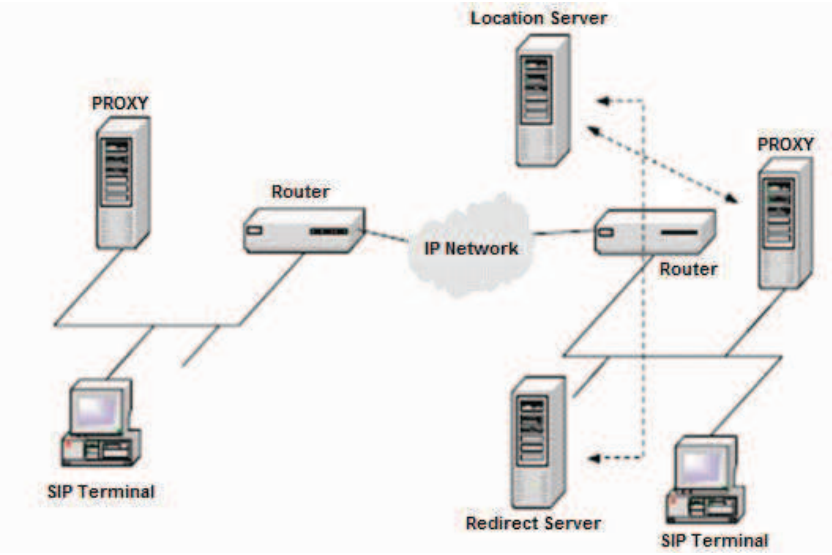


**Figura 1.7.** Componentes de SIP.

*1.4.3.2.4 Ventajas de Voz sobre IP*

- Incremento en la eficiencia reduciendo tiempos y costos.
- Transmisión de voz y datos por la misma red.
- Las redes IP son el estándar universal para la Internet, Intranets y extranets.
- Mejor dirección de Información y Control.
- Funciona con independencia del medio de transporte (Ethernet, Token Ring, etc.) y del dispositivo de acceso, soportando desde teléfonos convencionales, teléfonos IP, teléfonos inalámbricos (wireless), hasta computadoras personales, portátiles y otros dispositivos móviles.
- Incremento de la velocidad administrativa por ejemplo: integración de nuevas oficinas.

# CAPITULO 2

# ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS LAN Y WAN

En el mundo globalizado de hoy en día, es cada vez más importante que las empresas cuenten con sistemas de comunicación apropiados, y que estos vayan más allá de la telefonía tradicional. Estos sistemas incluyen a las redes LAN y WAN.

Para obtener un buen sistema de comunicación que permita la interconexión entre las agencias de la Empresa BLASA es necesario escoger una tecnología apropiada. Es por ello que en este capítulo se realiza un análisis de las tecnologías LAN y WAN que proporcionen un mayor ancho de banda, de tal forma se evitará la congestión de la red cuando se corran aplicaciones multimedia. Además se hará una comparación de las tecnologías evaluadas, con el fin de determinar cuál es la más adecuada para la Empresa BLASA, tratando de que la elección de la tecnología LAN y WAN cause el menor impacto económico posible.

En este capítulo también se incluye información acerca de las normas de cableado estructurado y las tecnologías de acceso.

## 2.1 REDES LAN

Una Red LAN es una red de comunicaciones privada que permite conectar computadoras personales y estaciones de trabajo en una oficina, edificio o campus de pocos kilómetros de longitud para que los usuarios puedan compartir recursos e intercambiar información.

Las LAN están restringidas en tamaño, esto significa que el tiempo de transmisión del peor caso está limitado y se conoce de antemano, conocer este límite simplifica la administración de la red.

Una red LAN puede adaptarse al crecimiento cuantitativo referido al número de equipos conectados, así como también puede adaptarse a cambios cualitativos de tipo tecnológico.

Las LAN tradicionales operan a velocidades de 1 a 10 Gbps, tienen bajo retardo (décimas de microsegundos) y experimentan muy pocos errores. Las redes LAN se distinguen de otro tipo de redes por el tamaño, tecnología de transmisión y topología.

### 2.1.1 ESTÁNDARES DE REDES LAN

Los estándares de las redes de área local están definidos por las normas de la IEEE[1] y también por normas de la OSI[2], equivalente a las anteriores.

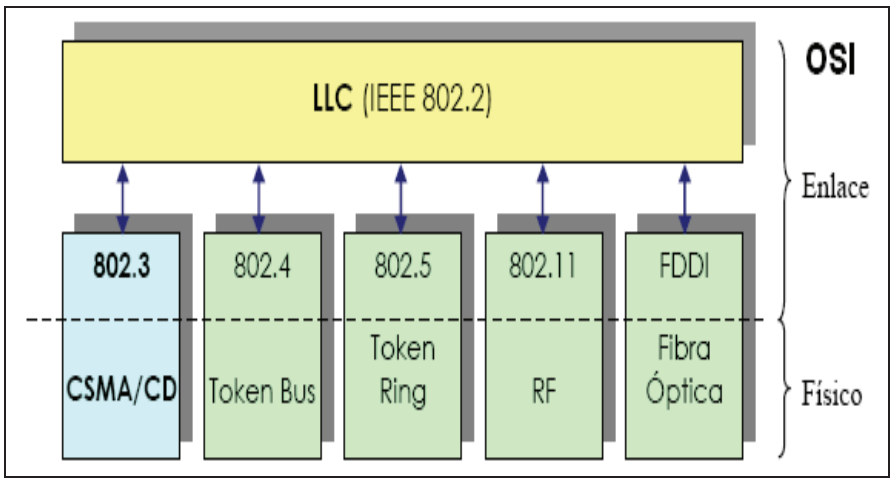


**Figura 2.1.** Estándares de red de área local.

En la figura 2.1 se muestran algunos de los estándares más importantes, así como el método de acceso al medio que se utiliza en cada caso.

[1] **IEEE.-** Institute of Electrical and Electronic Engineers
[2] **OSI.-** Open Systems Interconections

La arquitectura del modelo de referencia OSI divide la comunicación de una red en 7 niveles, donde cada nivel cubre diferentes actividades, equipos o protocolos de red.

En las redes LANs son varias las estaciones que en un momento determinado pueden acceder al medio físico de forma simultánea, complicando considerablemente los procedimientos de control de ese proceso. Por esta razón, el comité de estandarización 802 dividió el nivel de enlace de datos en dos subcapas MAC y LLC:

- **LLC** *(Logic Link Control o Control de Enlace Lógico),* esta subcapa define como funciona el nivel de enlace, realiza un direccionamiento lógico, gestiona el flujo y el control de errores. Además, proporciona una interfaz común entre los niveles superiores y la subcapa MAC. Los servicios pueden ser orientados a conexión o sin conexión y su definición es responsabilidad del IEEE 802.2.
- **MAC** *(Media Access Control o Control de Acceso al Medio), e*sta subcapa está muy vinculada al medio físico, y es donde se define el método de acceso al medio que se utiliza en la red.

Con esta división se consigue que las capas superiores sean independientes del método de acceso al medio, lo cual proporciona a la red un interfaz muy flexible de comunicación.

### 2.1.2 TOPOLOGÍAS DE REDES LAN

El término “Topología” hace referencia a la disposición de los diferentes componentes de una red para establecer un orden. El objetivo de una topología es encontrar la forma para que todos los usuarios de una red puedan conectarse a todos los recursos de la red de la manera más económica y eficiente.

Al momento de establecer una topología se distinguen ciertos aspectos, entre los cuáles debemos mencionar la topología física y la topología lógica.

#### 2.1.2.1 Topología Física

La Topología física se refiere a la disposición real de computadores, dispositivos de red y cableado. Es la manera física de conexión de los equipos en la red. Existen tres topologías físicas puras que son: bus, anillo y estrella.

##### *2.1.2.1.1 Topología de Bus*

En una red de bus todos los dispositivos que conforman la red quedan unidos entre sí linealmente, uno a continuación de otro, por medio de un cable denominado “bus o segmento” este bus es pasivo, el mismo que utiliza una terminación en cada extremo para evitar posibles rebotes de la señal, como se muestra en la figura 2.2.

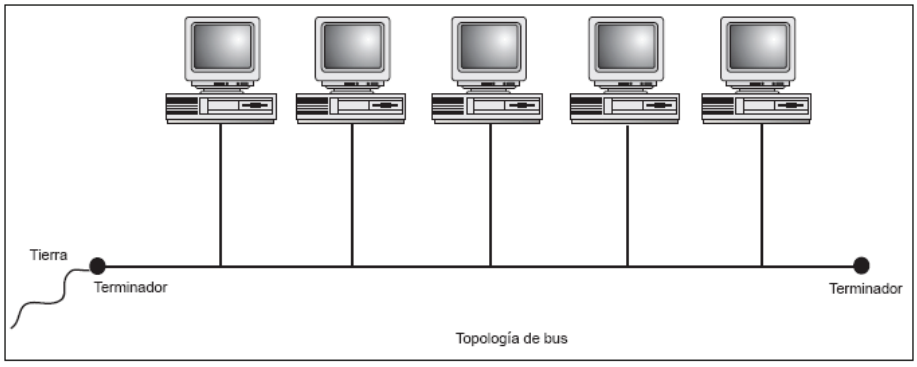


**Figura 2.2.** Topología de Bus.

En este tipo de topología todos los dispositivos de la red pueden ver las señales de los otros dispositivos, pero en esta topología es común que se produzcan problemas de tráfico y de colisiones, afectando el desempeño normal de la red. Además, si se

produce la ruptura de un segmento de cable las estaciones pueden quedar desconectadas de la red.

#### *2.1.2.1.2 Topología en Anillo*

Una topología en anillo consta de varias estaciones de trabajo o nodos que se conectan entre sí, formando un anillo por medio de un cable común. Los datos viajan en un solo sentido alrededor del anillo como se muestra en la figura 2.3; de esta forma cada estación de trabajo o nodo examina la información que es enviada a través del anillo, en el caso que la información no está dirigida al nodo que la examina, la pasa al siguiente en el anillo.

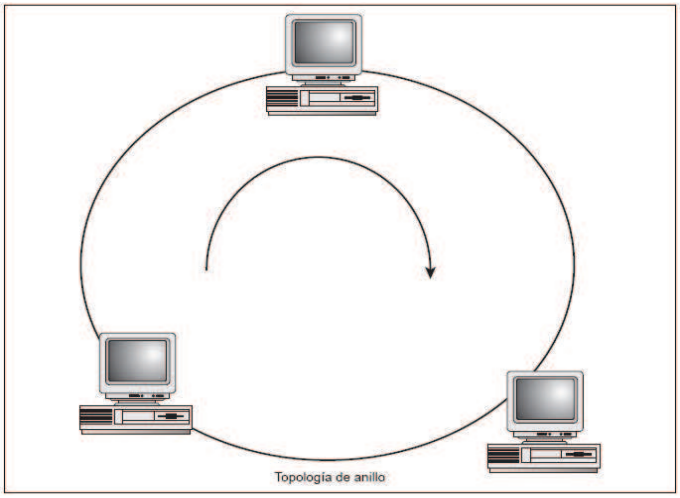


**Figura 2.3.** Topología en anillo.

#### *2.1.2.1.3 Topología en Estrella*

La red en estrella tiene concentrador o switch central conectado a todos los nodos o estaciones de trabajo por medio de cables, como se muestra en la figura 2.4. Todas las comunicaciones entre los nodos se realizan a través del concentrador o switch, el

mismo que controla el flujo de datos. Este tipo de topología se emplea en redes Ethernet. Una de las ventajas es tener un control centralizado y una desventaja es tener un nodo central, ya que si falla la red dejara de funcionar.

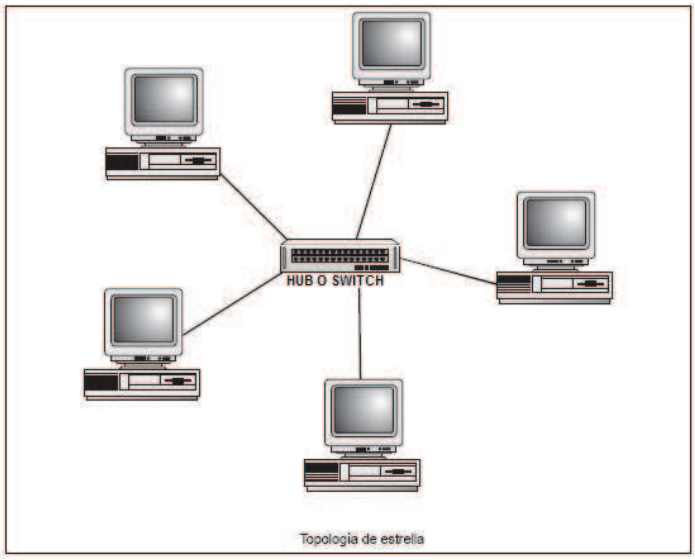


**Figura 2.4.** Topología en Estrella.

### 2.1.2.2 Topología Lógica

La Topología lógica se refiere al trayecto seguido por las señales a través de la topología física, es decir, la manera en que las estaciones se comunican a través del medio físico. Los tipos más comunes de topologías lógicas son broadcast y transmisión de tokens.

#### *2.1.2.2.1 Topología de Broadcast*

En este tipo de Topología cada computador “host” envía sus datos hacia todos los demás hosts dentro del medio de red en el momento que deseen, ya que, no existe un orden para utilizar la red. Esta es la manera en que funciona Ethernet.

*2.1.2.2.2 Topología de Transmisión de Tokens*

La Topología de Transmisión de Tokens controla el acceso a la red mediante la transmisión de un token electrónico a cada host de forma secuencial, es decir, si un host recibe el token, este puede enviar datos a través de la red, pero si el host no tiene ningún dato para enviar, transmite el token al siguiente host y el proceso se vuelve a repetir. Las redes que utilizan este tipo de topología son Token Ring y FDDI.

### 2.1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Un medio de transmisión constituye un soporte físico o inalámbrico que permite la transmisión de información (datos, voz, audio y video), entre dos terminales en un sistema de transmisión. De acuerdo a la forma de conducir la señal a través del medio, estos se clasifican en medios de transmisión guiados y no guiados.

#### 2.1.3.1 Medios de Transmisión Guiados

Los medios de transmisión guiados están constituidos por un cable que se encarga de la conducción de las ondas electromagnéticas desde un extremo a otro. En estos tipos de medios la capacidad de transmisión depende de la distancia y de si el medio se usa para enlaces punto a punto o multipunto. Los medios guiados más utilizados son: el cable coaxial, par trenzado y fibra óptica.

*2.1.3.1.1 Cable Coaxial*

Este cable tiene un núcleo conductor central formado por un hilo sólido de cobre rodeado por una malla metálica que ayuda a reducir la interferencia electromagnética externa; el espacio entre el hilo y la malla lo ocupa un aislante de material dieléctrico, todo el cable está protegido por una cubierta de plástico.

Existen múltiples tipos de cable coaxial, cada uno con un diámetro e impedancia diferentes. El cable coaxial no es habitualmente afectado por interferencias externas, y es capaz de lograr altas velocidades de transmisión (10Mbps) en largas distancias (185 y 500m). Se utiliza en redes de comunicación de banda ancha (cable de televisión) y de banda base (Ethernet), como se muestra en la tabla 2.1.

| CATEGORÍA | IMPEDANCIA | USO |
|---|---|---|
| *RG -59* | 75Ω | Tv por cable |
| *RG -58* | 50Ω | Ethernet de cable fino |
| *RG -11* | 50Ω | Ethernet de cable grueso |

**Tabla 2.1.** Categorías de los cables coaxiales.

Sus inconvenientes principales son: ruido térmico, atenuación, ruido de intermodulación y actualmente está siendo remplazado por fibra óptica.

#### *2.1.3.1.2 Par trenzado*

Un cable de par trenzado está formado por un grupo de cuatro pares de conductores metálicos tranzados entre sí, para reducir la interferencia electromagnética de fuentes externas y la diafonía de cables adyacentes. Los par trenzados se pueden utilizar tanto para transmisión analógica como digital, y su ancho de banda depende del calibre del alambre y de la distancia que recorre.

Los tipos de par trenzado son: cable UTP, STP y FTP.

## Cable UTP (Unshield Twiested Pair)

Es el cable más simple. En comparación con el blindado, éste es más barato, liviano y de fácil manejo. Sus principales desventajas son la susceptibilidad a las interferencias electromagnéticas y sus limitaciones para trabajar a distancias elevadas sin regeneración. Tiene una impedancia característica de 100 ohmios, utiliza los conectores RJ45.

Los servicios como Red de Área Local ISO 8802.3 (Ethernet) e ISO 8802.5 (Token Ring), telefonía digital, son algunos de los que puede soportar este tipo de cable.

Los organismos de normalización, como EIA/TIA, realizan una clasificación de ciertos tipos de cables a los cuales les otorga categorías que definen su capacidad (ancho de banda), atenuación y otros parámetros, como se muestra en la tabla 2.2.

| CATEGORÍAS | ANCHO DE BANDA | VELOCIDAD |
|---|---|---|
| *1* | | 100Kbps |
| *2* | | 4Mbps |
| *3* | 16MHZ | 16Mbps |
| *4* | 20MHZ | 20Mbps |
| *5* | 100MHZ | 100Mbps |
| *5e* | 100MHZ | 100Mbps |
| *6* | 250MHZ | 1Gbps |
| *6A* | 500MHZ | 10Gbps |
| *7* | 600MHZ | Superior a 10Gbps |

**Tabla 2.2.** Categorías del cable UTP de acuerdo a la EIA/TIA.

## Cable STP (Shielded Twisted Pair)

El cable de par trenzado blindado (STP) está formado por cuatro hilos de cobre aislados, cada par individual va envuelto en papel metálico, y a su vez los dos pares

de cables se recubren con una malla, disminuyendo el ruido eléctrico, la diafonía, la interferencia electromagnética, por lo que mejora la calidad del cable, sin embargo es más caro y más difícil de instalar que el cable UTP.

El cable STP tiene una impedancia característica de 120 ohmios, una longitud máxima de 100m y posee buenas condiciones para trabajar a altas velocidades de hasta 1 Gbps. El conector que suele utilizar es el RJ49.

**Cable FTP (Foiled Twisted Pair)**

Es un tipo de par trenzado recubierto con una envoltura de aluminio. Es utilizado especialmente en la industria o ambientes donde el ruido adyacente a los cables puede causar interferencia. Este tipo de cable tiene una impedancia característica de 150ohmios. La velocidad de transmisión puede llegar hasta 1Gbps, con una longitud máxima de 100m.

#### *2.1.3.1.3 Fibra Óptica*

Se trata de un medio muy flexible y muy fino que conduce energía de naturaleza óptica. Su forma es cilíndrica con tres secciones radiales: núcleo, revestimiento y cubierta. El núcleo está formado por una o varias fibras muy finas de cristal o plástico. Cada fibra está rodeada por su propio revestimiento que es un cristal o plástico con diferentes propiedades ópticas distintas a las del núcleo. Alrededor de este conglomerado está la cubierta plástica para protegerla de la humedad y el entorno.

Es un medio muy apropiado para largas distancias e incluso últimamente para redes LAN. Sus principales beneficios son: mayor ancho de banda, menor peso, aislamiento electromagnético y cubre mayores distancias. Su rango de frecuencias es todo el espectro visible y parte del infrarrojo (de 1014 Hz a 1015 Hz).

El método de transmisión es: los rayos de luz inciden con una gama de ángulos diferentes posibles en el núcleo del cable, entonces sólo una gama de ángulos conseguirán reflejarse en la capa que recubre el núcleo. Son precisamente esos rayos que inciden en un cierto rango de ángulos los que irán rebotando a lo largo del cable hasta llegar a su destino. A este tipo de propagación se le llama multimodal. Si se reduce el radio del núcleo, el rango de ángulos disminuye hasta que sólo sea posible la transmisión de un rayo, y a este método de transmisión se le llama monomodal. Los inconvenientes del modo multimodal es que debido a que dependiendo al ángulo de incidencia de los rayos, estos tomarán caminos diferentes y tardarán en llegar al destino, con lo que se puede producir una distorsión (rayos que salen antes pueden llegar después), con lo que se limita la velocidad de transmisión posible.

Los emisores de luz utilizados son: LED1 (de bajo coste, con utilización en un amplio rango de temperaturas y con larga vida media) y ILD2 (más caro, pero más eficaz y permite una mayor velocidad de transmisión).

#### 2.1.3.2 Medios de Transmisión no Guiados

Los medios no guiados utilizan el aire como medio de transmisión y cada medio de transmisión viene siendo un servicio que utiliza una banda del espectro de frecuencias. Se radia energía electromagnética por medio de una antena y luego se recibe esta energía con otra antena. Hay dos configuraciones para la emisión y recepción de esta energía: direccional y omnidireccional. En la direccional, toda la energía se concentra en un haz que es emitido en una cierta dirección, por lo que tanto el emisor como el receptor deben estar alineados. En el método omnidireccional, la energía es dispersada en múltiples direcciones, por lo que varias antenas pueden captarla. Cuanto mayor es la frecuencia de la señal a transmitir, más factible es la transmisión unidireccional.

[1] **LED.-** Light-Emitting Diode
[2] **ILD.-** Injection láser diode

Básicamente se emplean tres tipos de ondas del espectro electromagnético para comunicaciones: las microondas, radioenlaces e infrarrojos.

#### *2.1.3.2.1 Microondas Terrestres*

En este tipo de microondas la antena típica es la parabólica. Para conexiones de larga distancia, se utilizan conexiones intermedias punto a punto entre antenas parabólicas. Se suelen utilizar en sustitución del cable coaxial o las fibras ópticas ya que se necesitan menos repetidores y amplificadores, el haz es muy estrecho por lo que las antenas trasmisora y receptora deben estar muy bien alineadas.

El ancho de banda potencial y la velocidad de transmisión aumentan con la frecuencia, por lo que su principal uso son las telecomunicaciones de larga distancia para transmitir video y voz. Las principales frecuencias utilizadas en microondas son: 10-15, 18, 23 y 26 GHz. La comunicación por microondas en línea recta a través de la atmósfera terrestre puede ser confiable hasta distancias de más de 50 kilómetros.

El problema fundamental de este tipo de comunicación es la atenuación, la interferencia entre unas y otras emisiones por lo que es necesario regular las bandas.

#### *2.1.3.2.2 Microondas por Satélite*

Un satélite de comunicaciones hace la labor de un repetidor que recoge la señal de algún transmisor en tierra y lo retransmite difundiéndola entre una o varias estaciones terrestres receptoras. Un satélite recibe la señal en una frecuencia ascendente (up link) y la transmite en otra frecuencia descendente (down link), para evitar interferencias.

El rango de frecuencias óptimo para la transmisión vía satélite está en el intervalo comprendido entre 1 y 10 GHz. Para evitar interferencias entre satélites que usan la

misma banda de frecuencias se ha normalizado una separación entre ellos de un mínimo de 3º en la banda de 12 - 14Ghz y de 4º en la banda de 4 - 6GHz y de 8º para aplicaciones de difusión de tv debido a su gran potencia.

Este sistema es usado para la difusión de televisión, transmisión telefónica a larga distancia (enlace punto a punto) y en redes privadas (sistemas VSAT). Un problema importante que surge en la transmisión de microondas vía satélite es el retardo debido a las largas distancias que recorren las ondas (aprox. 0.25 segundos) lo que dificulta el control de errores y flujo.

#### *2.1.3.2.3 Infrarrojos*

Los infrarrojos son ondas electromagnéticas que se propagan en línea recta, siendo susceptibles de ser interrumpidos por cuerpos opacos (obstáculos). Por este motivo no es posible establecer enlaces en medios abiertos debido al cambio de las condiciones climatológicas, que pueden actuar a modo de obstáculos.

Las comunicaciones se llevan a cabo mediante transceivers que modulan luz infrarrojo no coherente. Tiene un rango de frecuencia entre 300 GHz y 400 THz.

Su uso no precisa de licencia administrativa y no se ven afectados por interferencias radioeléctricas externas, pudiendo alcanzar distancias de hasta 200 metros (corto alcance) entre emisor y receptor. Es de fácil instalación.

### 2.1.4 TECNOLOGÍAS LAN

Las nuevas tecnologías estimulan el desarrollo de nuevas aplicaciones, las mismas que aumentan la necesidad de disponer de mejores tecnología, con alta velocidad lo cual requiere de un mayor ancho de banda (AB)[1].

[1] **Ancho de Banda.-** hace referencia a la capacidad del medio de transmisión, cuanto mayor es el ancho de banda, más rápida es la transferencia de datos

En la actualidad, en aplicaciones para sistemas administrativos o comerciales existen varias ofertas tecnológicas en el campo de las LAN con velocidades del orden de 100Mbps o superiores. Entre estas tecnologías Fast Ethernet y Gigabit Ethernet son las dominantes, las más conocidas y comprendidas. El resto de las conexiones de redes rápidas son alguna combinación de Token Ring, FDDI o ATM.

De estas tecnologías, Token Ring no será considerada por la baja aceptación que ha tenido en el mercado pese a proveer una técnica de acceso al medio ligeramente superior al CSMA/CD de Ethernet. Tampoco ATM y FDDI serán consideradas debido a su complejidad y coste.

A continuación se analizaran las tecnologías Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, para determinar cuál o cuáles son las más adecuadas para la Empresa BLASA.

#### 2.1.4.1 Fast Ethernet

Fast Ethernet fue instaurado en 1995, para competir con protocolos LAN como FDDI. El IEEE creó la Fast Ethernet bajo la denominación 802.3u, presenta compatibilidad hacia atrás con la Ethernet estándar. Fast Ethernet representa un aumento de 10 veces en la velocidad respecto de 10BASE-T.

Debido al aumento de velocidad, se debe tener mayor cuidado porque los bits enviados se acortan en duración y se producen con mayor frecuencia. Estas señales de frecuencia más alta son más susceptibles al ruido, para solucionar estos problemas, Fast Ethernet utiliza dos distintos pasos de codificación. La primera parte de la codificación utiliza una técnica denominada 4B/5B, la segunda parte es la codificación de línea específica para el cobre o la fibra.

Los enlaces de Fast Ethernet generalmente consisten en una conexión entre la estación y el hub o switch. Estos están sujetos a la limitación de 100 m de distancia de los medios UTP.

Fast Ethernet tiene una característica denominada auto negociación que permite a dos dispositivos negociar el modo o la velocidad de datos en un cierto rango, logrando de esta manera conectar entre sí dispositivos incompatibles. Además, permite a un dispositivo tener múltiples capacidades.

Fast Ethernet provee muchas ventajas como tener una velocidad de 100 Mbps y ser una tecnología familiar para los administradores de red, además permite utilizar el equipo y cableado existente; es decir, mantiene la esencia de Ethernet y se encarga exclusivamente de hacerlo más rápido bajo la misma estructura.

Fast Ethernet conmutado (Switched Fast Ethernet) permite implementar full duplex, eliminando las colisiones y limitaciones topológicas, además se puede tener una red con características de redundancia necesarias para ser aplicadas en backbones.

#### *2.1.4.1.1 Subnivel MAC*

Un aspecto importante en la evolución de la Ethernet de 10 a 100 Mbps fue mantener el subnivel MAC. Sin embargo, se decidió abandonar la topología de bus y mantener únicamente la topología en estrella. Para este tipo de topología hay dos opciones: half duplex (conexión a través de un conmutador) y full duplex (conexión a través de un conmutador con buffers en cada puerto).

El método de acceso sigue siendo el mismo (CSMA/CD) para la aproximación half duplex y para una Fast Ethernet full duplex no hay necesidad de CSMA/CD. Sin embargo, las implementaciones mantienen CSMA/CD por compatibilidad hacia atrás con la Ethernet estándar.

#### *2.1.4.1.2 Nivel Físico*

Las especificaciones para los medios físicos utilizables con Fast Ethernet son: 100Base-TX que utiliza cable trenzado no apantallado UTP de categoría 5, 100Base-

FX usa fibra óptica multimodo y 100Base-T4 que utiliza cable trenzado no apantallado UTP de categoría 3.

El soporte más común es 100Base-TX ya que usa los mismos medios que 10Base T. Cada implementación tiene un estándar específico.

En la tabla 2.3 se muestran los estándares para la capa física de Fast Ethernet.

| CARACTERÍSTICAS | 100BASE-T4 | 100BASE-TX | 100BASE-FX |
|---|---|---|---|
| ***Topología*** | Estrella | Estrella | Estrella |
| ***Medio de Transmisión*** | UTP CAT. 3, 4 o 5 | UTP CAT. 5 o STP | Fibra multimodo 62,5/125 µm |
| ***Pares*** | 4 ( 3 pares para transmisión y un par para detectar colisiones) | 2 ( un par para transmitir y otro para recibir y detectar colisiones) | 2 Fibras Ópticas (una para transmitir y otro para recibir y detectar colisiones) |
| ***Técnica de señalización*** | 8B/6T | 4B/5B - MLT-3 | 4B/5B - NRZ-I |
| ***Vtx*** | 100 Mbps | 100 Mbps | 100 Mbps |
| ***Distancia Segmento*** | 100m | 100m | 100m |
| ***Cobertura de la red*** | 200m | 200m | 400m |
| ***Tipo de Conector*** | RJ-45 | RJ-45 | SC |
| ***Modo de Transmisión*** | Half dúplex | Half o *Full dúplex* | Half o *Full dúplex* |

**Tabla 2.3.** Estándar para Capa Física de Fast Ethernet.

### 2.1.4.2 Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet fue aprobado por el IEEE en 1998, como el estándar IEEE 802.3z, que especifica una conexión full duplex de 1 Gbps en fibra óptica y el estándar IEEE 802.3ab para 1000BASE-T, que especifica el uso de cable de cobre balanceado de Categoría 5, o mejor.

Para lograr una 1000 BASE-T se usa los cuatro pares de hilos en lugar de los dos pares tradicionales utilizados para 10 Base-T y 100 Base-TX.

Los objetivos del comité 802.3z eran esencialmente los mismos que los del comité 802.3u; hacer que Ethernet fuera 10 veces más rápida y que permaneciera compatible con la Ethernet estándar y con la Fast Ethernet.

Para incrementar la velocidad de 100Mbps a 1Gbps, varios cambios se han hecho a la capa física. Gigabit Ethernet es idéntica a Ethernet a partir de la capa de enlace de datos.

La capa física de la tecnología Gigabit Ethernet está conformada por la mezcla de dos tecnologías: IEEE 802.3 Ethernet y ANSI[1] X3T11 Fiber Channel. La unión de estas dos tecnologías implica que se puede obtener ventaja del interfaz de capa física (codificación/decodificación) de alta velocidad de Fiber Channel y mantener el formato de trama de IEEE 802.3 Ethernet, conservando la compatibilidad de los medios de comunicación y el uso del método de acceso al medio CSMA/CD en full duplex.

Gigabit Ethernet al igual que las otras tecnologías de Ethernet utilizan el método de acceso CSMA/CD y el mismo formato de trama incluyendo los tamaños mínimo y máximo de trama. Gigabit Ethernet se puede aplicar a una red troncal de comunicaciones en una empresa, conectando ordenadores muy potentes a la red.

#### *2.1.4.2.1 Subnivel MAC*

La capa MAC de Gigabit Ethernet usa el mismo protocolo de Ethernet CSMA/CD. La máxima longitud del cable usado para interconectar las estaciones está limitada por el protocolo CSMA/CD. Si 2 estaciones detectan el medio desocupado y comienzan la trasmisión ocurrirá una colisión.

Ethernet tiene una trama mínima de 64 bytes, la razón de tener un tamaño mínimo de la trama es para prever que las estaciones completen la trasmisión de una trama antes de que le primer bit sea detectado al final del cable, donde este puede chocar

[1] **ANSI.-** American National Standards Institute

con otra trama. Sin embargo, el tiempo mínimo de detección de colisión es el tiempo que toma una señal en propagarse desde un extremo a otro del cable. Este tiempo mínimo es llamado Time Slot, que es el número de bytes que pueden ser trasmitidos en ese tiempo. En Ethernet el time Slot es de 64 bytes.

La longitud máxima de un cable en Ethernet es de 2.5 Km. Como la tasa de bit se incrementa hace que aumente la velocidad de transmisión. Como resultado, si el mismo tamaño de la trama y la longitud del cable se mantienen, entonces la estación puede también trasmitir una trama a gran velocidad y no detectar una colisión al final del otro cable. Entonces se considerar una de las condiciones:

- Mantener una longitud máxima del cable e incrementar el time slot
- Mantener un mismo time slot y decrementar la longitud del cable o ambos

Gigabit Ethernet usa un gran tamaño del slot, siendo de 510 bytes. Para mantener la compatibilidad con Ethernet, el mínima tamaño de la trama no es incrementado, pero el "carrier event" es extendido. Si la trama es más corta que 512 bytes, entonces agregamos símbolos de extensiones. Hay símbolos especiales, los cuales no sucede en la carga útil o de valor.

#### *2.1.4.2.2 Extensión de Portadora*

La aproximación con extensión de portadora define la longitud mínima de la trama como 512 bytes. Este método fuerza a una estación a añadir bits de extensión (símbolos especiales) a cualquier trama que sea menor que 512 bytes. De esta forma, la longitud máxima de la red se puede incrementar ocho veces hasta una longitud de 200metros. Esto permite una longitud de 100 metros desde el concentrador a la estación.

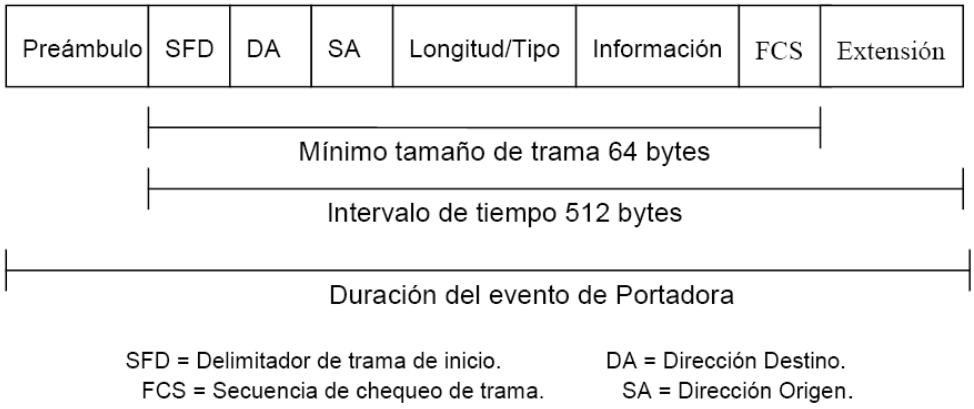


**Figura 2.5.** Transmisión utilizando Extensión de Portadora.

*2.1.4.2.3 Ráfagas de Tramas*

La extensión de portadora es muy poco eficiente si hay series de tramas cortas para enviar, cada trama llevará datos redundantes. Para mejorar la eficiencia se propuso usar ráfagas de tramas. En lugar de añadir una extensión a cada trama, se envían múltiples tramas. Sin embargo, para hacer que estas múltiples tramas parezcan una sola, se añade relleno entre las tramas. La condición es que solo la primera trama podrá utilizar extensión de portadora.

El límite de una ráfaga será de 8192 bytes, este método aumenta el throughput en la transmisión.

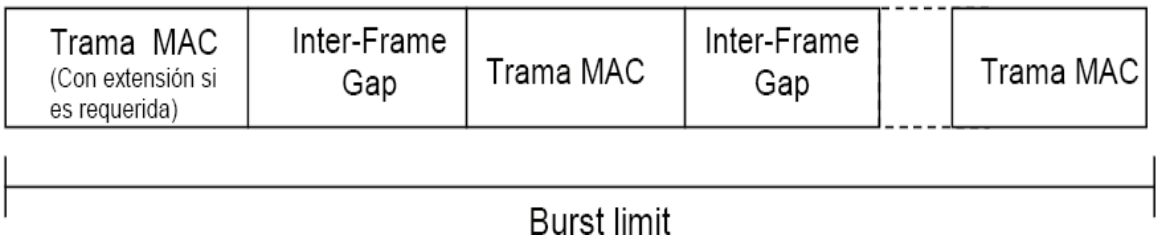


**Figura 2.6.** Transmisión utilizando Ráfagas de Tramas.

*2.1.4.2.4 GMII (Gigabit Interface Independiente del Medio)*

La GMII es la interfaz entre la capa MAC y la capa física, ésta permite interactuar a la capa MAC con gran variedad de medios físicos (cable UTP, fibra óptica). La GMII es una extensión de la MII usada en Fast Ethernet, soporta transmisión de datos de 10, 100 y 1000 Mbps en Full- Duplex.

La GMII posee 2 estados de señal: uno indica la presencia de portadora y el otro indica la ausencia de colisiones. La subcapa de conciliación RS (Reconciliation Sublayer) encamina las señales que entiende la capa MAC.

La GMII está dividida en 3 subcapas: PCS, PMA, PMD.

- **PCS (Subcapa de Codificación Física).-** Esta subcapa ofrece las funciones de codificación/decodificación 8B10B empleado por canales de fibra. Las indicaciones de presencia de portadora y detección de colisión son generadas por esta subcapa.

  En esta subcapa también se manejan los procesos de auto negociación, por el cual la tarjeta de red determina la velocidad de la misma (10, 100 o 1000 Mbps) y el modo de operación (*half-duplex* o *fullduplex*).

- **PMA (Enlace del Medio Físico).-** La PMA es responsable de serializar cada código de 10 bits recibidos de la PCS y enviar los datos serializados a la PDM.

- **PMD (Independiente del Medio Físico).-** Esta capa define la señalización de la capa física usada por diferentes medios.

  La MDI (Interfaz independiente del Medio), la cual es parte de la PMD es la actual Interfaz de la capa física. La PMD es la conexión física al medio: puede ser una unidad óptica para fibra óptica ó un transceiver con conector RJ45 para UTP categoría 5.

*2.1.4.2.5 Capa Física*

Existen diferencias entre Ethernet estándar, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet que se encuentran en la capa física. Debido al incremento de la velocidad en estos últimos estándares, la menor duración de los tiempos de bit requiere una consideración especial. La transmisión a alta velocidad requiere de frecuencias cercanas a las limitaciones de ancho de banda para los medios de cobre, lo cual hace que los bits sean más susceptibles al ruido.

Gigabit Ethernet se ha diseñado para conectar dos o más estaciones. Si hay sólo dos estaciones se pueden conectar punto a punto. Para conectar tres o más estaciones hay que crear una topología en estrella con un conmutador o concentrador en el centro. También es posible conectar varias topologías en estrella.

Se definen las siguientes alternativas para la capa física: 1000Base-SX, 1000Base-LX, 1000Base-CX y 1000Base-T, tal como muestra la tabla 2.4.

| CARACTERÍSTICAS | 1000BASE-T | 1000BASE-CX | 1000BASE-SX | 100BASE-LX |
|---|---|---|---|---|
| ***Topología*** | Estrella | Estrella | Estrella | Estrella |
| ***Medio de Transmisión*** | UTP Cat. 5 | STP | Fibra Óptica en la ventana de 850nm | Fibra Óptica multimodo y monomodo en la ventana de 1300nm |
| ***Pares*** | 4 | 2 | 2 fibras | 2 fibras |
| ***Técnica de señalización*** | 4D – PAM5 | 8B/10B - NRZ | 8B/10B - NRZ | 8B/10B - NRZ |
| ***Vtx*** | 1000Mbps | 1000Mbps | 1000Mbps | 1000Mbps |
| ***Longitud del cable*** | 100 m | 25 m | 275 a 500 m | 550m multimodo 5000m monomodo |
| ***Tipo de Conector*** | RJ-45 | DB-9 | SC | SC |
| ***Modo de Transmisión*** | Full dúplex | Half o *Full dúplex* | Full dúplex | Full dúplex |

**Tabla 2.4.** Estándar para capa física de Gigabit Ethernet.

### 2.1.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS LAN

De acuerdo a la tabla 2.5 en donde se muestran las características más relevantes de las tecnologías estudiadas, se puede concluir que Fast Ethernet es la tecnología más apropiada para mantener un diseño coherente y equilibrado en una red. Además, es esta tecnología la que satisface los requerimientos de comunicación de la empresa BLASA.

| ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS | | |
|---|---|---|
| **CARACTERISTICAS** | **FAST ERHERNET** | **GIGABIT ETHERNIT** |
| *Velocidad* | 100 Mbps | 1000 Mbps |
| *Método Acceso* | CSMA/CD | CSMA/CD |
| *Tamaño de la Trama* | De 64 a 1500 bytes | De 64 a 1500 bytes |
| *Diámetro de la red* | 200m (cable UTP 5) | 200m (cable UTP 5) |
| *Coste* | Bajo | Bajo |
| *Tolerancia a Fallos* | Spanning Tree | Spanning Tree |
| *Aplicaciones* | PCs de escritorio, estaciones de trabajo, como backbone, aplicaciones Cliente/servidor y acceso de datos | Para conectar conmutadores entre sí, conectar servidores a concentradores y para conectar estaciones finales a concentradores. Multimedia, tratamiento de imágenes, etc |
| *Ventajas* | Los datos pueden moverse entre Ethernet y Fast Ethernet sin necesitar un protocolo de traducción, usa las mismas aplicaciones y los drivers usados por Ethernet tradicional y en muchos de los casos las instalaciones pueden actualizarse sin reemplazar el cableado existente | Tiene las mismas ventajas que Fast Ethernet pero con una mayor velocidad. |
| *Desventajas* | Si el cableado existente no se encuentra dentro de los estándares puede haber un costo sustancial en el re cableado | |

**Tabla 2.5.** Comparación de las Tecnologías LAN.

La tecnología Fast Ethernet se utilizará en el cableado horizontal que irá desde las estaciones de trabajo hasta el switch de acceso.

### 2.1.6 CABLEADO ESTRUCTURADO

El Sistema de Cableado Estructurado es capaz de integra tanto a los servicios de voz, datos y vídeo, como a los sistemas de control y automatización de un edificio bajo una plataforma estandarizada y abierta.

Además, permite crear un sistemas de cableado organizado que pueda ser fácilmente comprendido por los instaladores, administradores de red y cualquier otro técnico que trabaje con cables.

El cableado estructurado tiene como objetivos garantizar que el diseño físico de la red sea en base a estándares, agilitar de mejor manera la corrección de errores y garantizar la escalabilidad de la red de computadores.

Las principales características del cableado estructurado son:

- Utiliza normas internacionales de los distintos organismos internacionales como ANSI, EIA, TIA, IEEE, IEC, etc.
- Permite modificaciones y adaptaciones tecnológicas sin necesidad de volver a cablear.
- Permite un tiempo de vida útil de 0 a 10 años.

#### 2.1.6.1 Normas para los Sistemas de Cableado Estructurado

El Cableado Estructurado al ser un conjunto de cables y conectores, sus componentes, diseño y técnicas de instalación deben cumplir con normativas internacionales que den servicio a cualquier tipo de red local de datos, voz y otros

sistemas de comunicaciones, sin la necesidad de recurrir a un único proveedor de equipos y programas. Esto hace que en el mercado internacional haya mucha oferta de materiales para este tipo de instalaciones.

Las normas EIA/TIA más relevantes son: EIA/TIA-568-B, EIA/TIA-569-A, EIA/TIA-606-A y EIA/TIA-607.

#### *2.1.6.1.1 EIA/ TIA -568-B*

Norma que especifica un sistema de cableado de telecomunicaciones para edificios comerciales. Esta norma se divide en tres secciones: 568-B.1, 568-B.2 y 568-B.3.

**EIA /TIA-568-B.1**

Indica los requerimientos generales. Provee información acerca del planeamiento, instalación y verificación de cableados estructurados para edificios comerciales. Establece parámetros de performance de los cableados. Además, este documento reconoce únicamente la categoría 5e o superiores.

Los cables reconocidos para el cableado horizontal son: fibra óptica multimodo de 62.5/125µm, Fibra óptica multimodo de 50/125 µm y cable UTP o STP (no recomendado para nuevas instalaciones).

**EIA /TIA-568-B.2**

Esta norma específica las características de los componentes del cableado UTP de 100 ohm, incluyendo parámetros mecánicos, eléctricos y de transmisión.

En la encomienda 568-B.2-1 se especifica el desempeño de transmisión para el cable UTP de 4 pares 100Ω categoría 6. Las características mecánicas incluidas en la norma para el cable UTP son:

- Colores de los pares del cable UTP

  Par 1: Blanco Azul – Azul

  Par 2: Blanco Naranja – Naranja

  Par 3: Blanco Verde – verde

  Par 4: Blanco Marrón – Marrón

- El diámetro total debe ser menor a 6.35 mm
- Debe admitir un radio de curvatura mínimo de 25.4 mm
- Debe admitir una tensión de 400 N

Características Eléctricas

- No puede exceder 9.38 ohm / 100 m a 20 ºC
- La capacitancia no puede exceder 5.6 nF a 1 kHz en 100 m

Parámetros que afectan la performance del cable UTP

- Atenuación
- Pérdida por retorno
- Diafonía
- Retardo de propagación

**EIA/TIA-568-B.3**

Especifica las características de los componentes y los parámetros de transmisión para un sistema de cableado de fibra óptica (cables, conectores, etc.), para fibras multimodo de 50/125 μm y fibras monomodo.

#### *2.1.6.1.2 EIA/TIA-569-A*

El objetivo de esta norma es brindar una guía estandarizada para el diseño del sistemas de cableado estructurado, la cual incluye detalles acerca de las rutas de cables (ductos, canaletas, escalerillas, tubería) y espacios para equipos de telecomunicaciones (cuarto de equipos y cuarto de telecomunicaciones) en edificios comerciales. Esta norma no cubre los aspectos de seguridad en el diseño del edificio.

La norma identifica los siguientes subsistemas:

- Ruta de Cableado Horizontal
- Ruta de Cableado Vertical
- Área de Trabajo
- Cuarto de Telecomunicaciones
- Cuarto de Equipos
- Entrada de Servicios

#### *2.1.6.1.3 EIA/TIA-606-A*

Es una norma de administración para la infraestructura de telecomunicaciones en edificios comerciales.

Proporciona normas para la codificación de colores, etiquetado (espacios de telecomunicaciones, cables, hardware y puestas a tierra) y documentación de un sistema de cableado instalado.

Seguir esta norma, permite una mejor administración de una red, creando un método de seguimiento de los traslados, cambios y adiciones.

*2.1.6.1.4 EIA/TIA-607*

Provee especificaciones para el diseño de las tierras y el sistema de aterramientos relacionadas con la infraestructura de telecomunicaciones para edificios comerciales.

El sistema de puesta a tierra es muy importante en el diseño de una red ya que ayuda a maximizar el tiempo de vida de los equipos, además de proteger a los usuarios de voltajes peligrosos.

Para crear un camino adecuado y con capacidad suficiente para dirigir las corrientes eléctricas y voltajes pasajeros hacia la tierra, se utiliza tres barras de puesta a tierra, tal como se muestra en la figura 2.7.

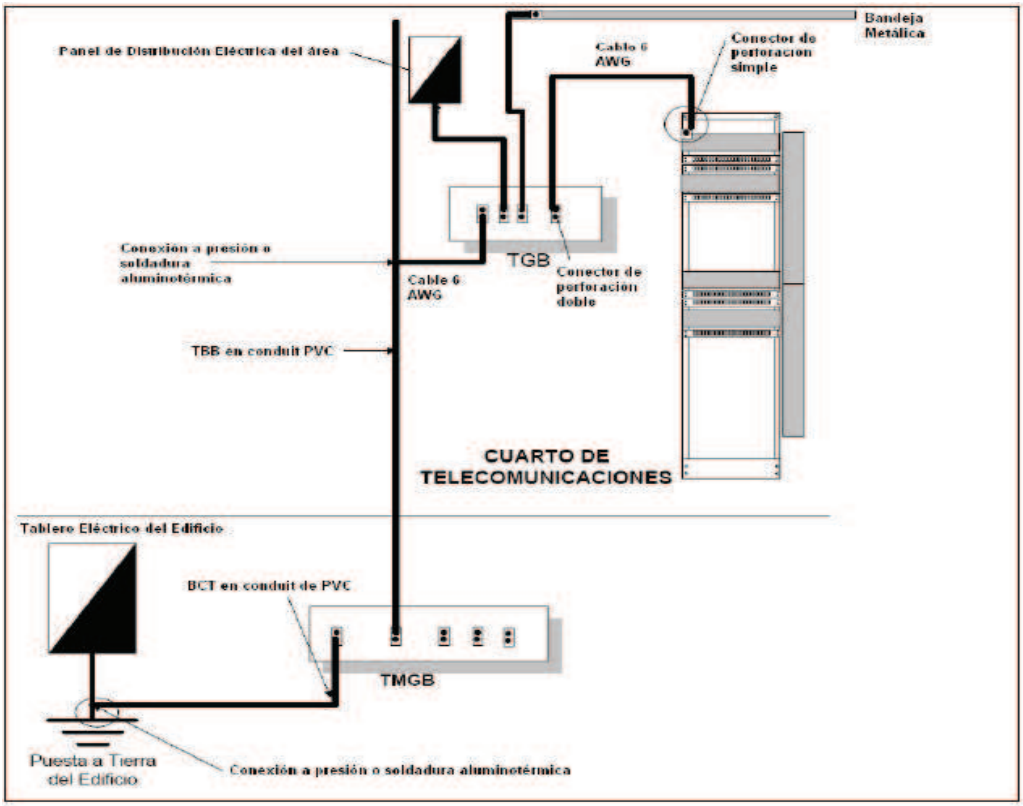


**Figura 2.7.** Puesta a tierra para telecomunicaciones.

TMBG[1] es la barra principal de tierra, ubicada en la entrada de servicios, actúa como un punto central de conexión de los TGB[2], por lo general hay uno solo por edificio.

TGB esta barra de tierra se encuentra ubicada en el armario de telecomunicaciones o en la sala de equipos y es el punto central de conexión a tierra de los equipos.

TBB[3] es un conductor de cobre usado para conectar la barra principal de tierra de telecomunicaciones TMBG con las barras de tierra de los armarios de telecomunicaciones y salas de equipos TGB, con el fin de reducir o igualar diferencias de potenciales entre los equipos de los armarios de telecomunicaciones, este conductor tiene un diámetro mínimo de 6 AWG y no admite empalmes.

### 2.1.6.2 Subsistemas del Cableado Estructurado

Cada subsistema del cableado estructurado realiza funciones determinadas para proveer servicios de voz, datos y video, tal como se muestra en la figura 2.8.

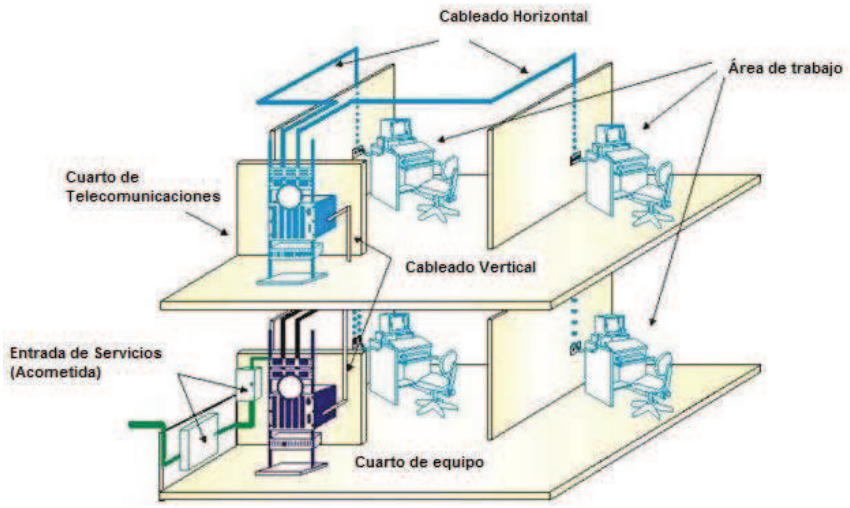


**Figura 2.8.** Subsistema de cableado estructurado.

[1] **TMBG.-** Telecommunications main ground
[2] **TGB.-** Telecommunications Grounding
[3] **TBB.-** Telecommunications bonding backbone

#### *2.1.6.2.1 Subsistema Cuarto de Telecomunicaciones*

Es el lugar donde se realiza la transición entre las rutas de cableado Horizontales y Verticales (Backbone). Debe estar situada tan cerca como sea posible del centro del área que se está sirviendo. El espacio físico asignado al cuarto de telecomunicaciones debe dedicarse exclusivamente a las funciones de telecomunicaciones.

El cuarto de telecomunicaciones debe ser capaz de albergar equipo de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cableado de interconexión asociado.

Todo edificio debe contar con al menos un cuarto de telecomunicaciones o cuarto de equipo.

Los elementos relacionados son: Armarios o Racks, Regletas o cortapicos para alimentación AC, Administradores de cable horizontal y vertical.

#### *2.1.6.2.2 Subsistema Cuarto de Equipos*

El cuarto de equipo es un espacio centralizado con un área mínima de 14 metros cuadrados, de uso específico para equipo de telecomunicaciones tal como central telefónica, equipo de cómputo y/o conmutador de video. Varias o todas las funciones de un cuarto de telecomunicaciones pueden ser proporcionadas por un cuarto de equipo.

Los cuartos de equipo se consideran distintos de los cuartos de telecomunicaciones por la naturaleza, costo, tamaño y/o complejidad del equipo activo que contienen.

#### *2.1.6.2.3 Subsistema Área de Trabajo*

Los componentes del área de trabajo son los contenidos desde la salida de telecomunicaciones (final del cableado horizontal) hasta el equipo del usuario y están

fuera del alcance del estándar. Se asumen cordones de parcheo con una distancia máxima de 3 mts. Cada área de trabajo debe tener por lo menos dos cables, uno para datos y otro para voz. Se debe tener en cuenta la reserva de espacio para otros servicios y futuras expansiones.

#### *2.1.6.2.4 Subsistema Cableado Horizontal*

El cableado horizontal incorpora el sistema de cableado que se extiende desde el área de trabajo de telecomunicaciones hasta el cuarto de distribución. Se encuentra establecido que la distancia máxima del cableado horizontal utilizando el cable par trenzado UTP será de 100 metros tal como se muestra en la figura 2.9.

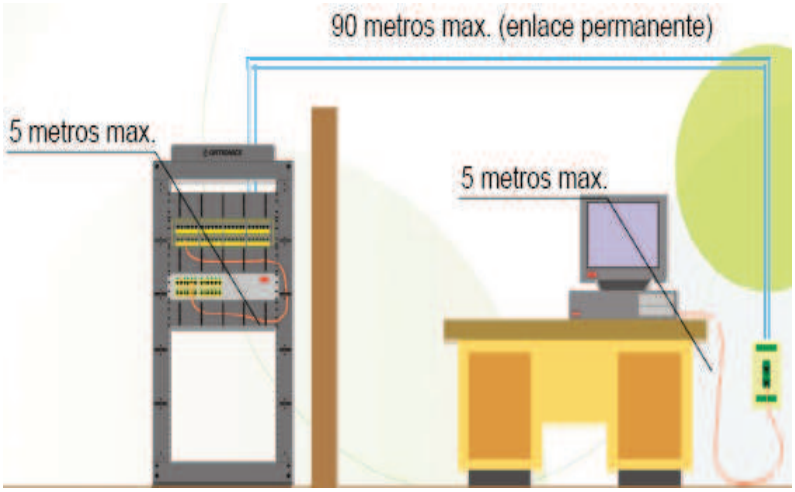


**Figura 2.9.** Longitudes máximas del cableado horizontal.

#### *2.1.6.2.5 Subsistema Cableado Vertical*

El cableado vertical o llamado “Backbone”, permite la conexión entre cuartos de telecomunicaciones y entre gabinetes de telecomunicaciones, generalmente conecta los equipos de red entre pisos. Además de la conexión vertical entre pisos, incluye,

los cables entre edificios, cables entre un cuarto de equipos y cable de entrada a los servicios del edificio (acometida).

#### *2.1.6.2.6 Subsistema Acometida*

La entrada de edificio o acometida se refiere a los cables, hardware de conexión, elementos de protección y equipos requeridos para conectar las instalaciones de planta externa de los proveedores de servicio con el sistema de cableado estructurado propiedad del cliente.

## 2.2 REDES WAN

Una red WAN proporciona un medio de transmisión a grandes distancias de datos, voz y video; se extiende sobre un área geográfica amplia, como un país o un continente y suele utilizar las instalaciones de transmisión que ofrecen las compañías portadores de servicio como las telefónicas.

Utiliza conexiones dedicadas o conmutadas para conectar redes LAN que se encuentran en lugares geográficamente remotos. Estas conexiones de área extensa pueden realizarse bien a través de una red pública o una red privada la cual será construida por la organización a la que sirve. Las redes WAN están diseñadas para realizar lo siguiente:

- Integrar servicios de voz, datos, imágenes y servicios de valor añadido.
- Optimizar los costos de los servicios de telecomunicaciones.
- Posibilitar capacidades de comunicación en tiempo real entre usuarios.
- Brindar servicio de correo electrónico, World Wide Web, Transferencia de archivos, entre otros.

### 2.2.1 ESTÁNDARES WAN

Los estándares WAN normalmente describen los métodos de entrega de la capa física y los requisitos de la capa de enlace de datos, incluyendo direccionamiento, control de flujo y el encapsulamiento.

Estos estándares son definidos y administrados por una serie de autoridades reconocidas, como, por ejemplo: UIT-T, ISO, EIA y TIA.

#### 2.2.1.1 Protocolos WAN de Capa Física

Los protocolos de capa física de las redes WAN describen cómo proporcionar las conexiones eléctricas, mecánicas, operacionales y funcionales a los servicios brindados por un proveedor de servicios de comunicaciones.

Además la capa física de la red WAN describe la interfaz entre el equipo Terminal de datos (DTE) que es el dispositivo asociado y el equipo de conexión de los datos (DCE) que normalmente es el proveedor de servicio.

Algunos de los estándares de la capa física van a definir las normas que rigen la interfaz entre el DTE y el DCE. Como son: EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, V.35, X.21, G.703 y EIA-530.

#### 2.2.1.2 Protocolos WAN de Capa de Enlace

Los protocolos de enlace de datos de las WAN describen cómo se transportan las tramas entre sistemas a través de un solo enlace de datos. Incluyen los protocolos diseñados para operar sobre recursos punto a punto dedicados, recursos multipunto basados en recursos dedicados, y los servicios conmutados, tal como se muestra en la figura 2.10.

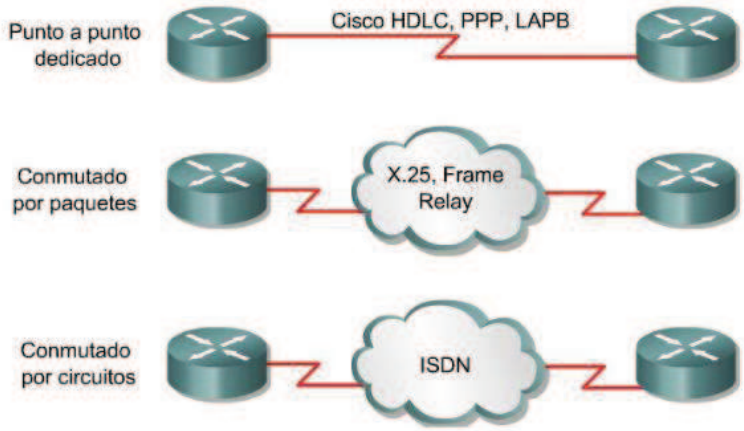


**Figura 2 .10.** Estándares de la capa de enlace de datos[3].

### 2.2.2 TECNOLOGÍAS DE REDES WAN

A medida que la empresa crece y ocupa más de un sitio, es necesario interconectar las LAN de las sucursales para formar una red WAN. Aquí analizamos algunas de las opciones disponibles para efectuar estas interconexiones. En la actualidad existen muchas opciones para implementar soluciones WAN. Ellas difieren en tecnología, velocidad y costo.

Se han considerado ciertas alternativas que podrían, desde el punto de vista tecnológico, satisfacer los requerimientos de la empresa. Las tecnologías que se mencionaran a continuación son empleadas con frecuencia en el ámbito comercial para interconectar o construir redes de datos, sin embargo, existen diferencias importantes que deben tomarse en cuenta al momento de decidir utilizar una u otra.

#### 2.2.2.1 RDSI (Red Digital de Servicios Integrados)

RDSI o ISDN (*Integrated Services Digital Network*) es una red que provee conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de otros tipos, la razón por la que se la denomina de

servicios integrados es porque utiliza la misma infraestructura para muchos servicios que tradicionalmente requerían interfaces distintas (voz, conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, etc.); y es digital porque se basa en la transmisión digital, integrando las señales analógicas mediante la transformación Analógico–Digital ofreciendo una capacidad básica de comunicación de 64Kbps.

Presenta una interoperabilidad con otras tecnologías como Frame Relay, ATM, y servicios de telefonía convencional.

Los protocolos para acceso a la RDSI presentan una arquitectura de capas que se puede hacer corresponder con la del modelo OSI.

RDSI tiene un establecimiento de conexión en un tiempo muy corto (un segundo) lo cual permite que se realice la llamada cuando se necesite enviar datos. El receptor puede identificar al número que llama, con lo que se pueden establecer mecanismos de seguridad. Además, RDSI es un servicio que está compuesto por dos tipos de canales uno es el canal portador y el otro es el de señalización estos dos tipos de canales permiten que RSDI ofrezca varios accesos de tipo básico y primario.

Los tipos de canales son:

**Canales Portadores o Canales B.-** se encargan de transportar los datos, manejan velocidades de 64Kbps que es lo mismo que se utiliza en una llamada telefónica normal, aunque a su vez RDSI maneja canales de tipo digital en lugar de analógicos.

**Canales de Señalización o Canales D.-** están separados de los canales de tipo B, se utilizan principalmente para el manejo de señalización, gestión y control de la llamada (establecimiento y liberación de la llamada). Los canales D también pueden transportar datos cuando no se utilizan para control.

Estos canales trabajan a 16Kbps o 64kbps según el tipo de servicio contratado.

**Canal H**.- es la combinación de varios canales B, estos canales están destinados para transportar datos, video y audio a mayor velocidad. Como tenemos:

Canales H0, que trabajan a 384Kbps (6 canales B)

Canales H10, que trabajan a 1472Kbps (23 canales B)

Canales H11, que trabajan a 1536Kbps (24 canales B)

Canales H12, que trabajan a 1920Kbps (30 canales B)

RDSI maneja dos tipos de acceso que son:

**Acceso Básico a RDSI.-** Conocido por las siglas BRI (*Basic Rate Interface*) este acceso consta de dos canales B y uno D.

BRI = 2B + D = 2(64) + 16 =144 kbps

Sin embargo el usuario puede emplearlos como: **2B+D**, **B+D** o **D** según sean sus requerimientos de transmisión de datos. El servicio básico está destinado al uso doméstico y a las pequeñas empresas. El interfaz físico se llama TR1 (Terminador de Red 1) y se conecta mediante RJ45 usando dos pares para datos y dos para alimentación eléctrica.

**Acceso primario a RDSI.-** Conocido por las siglas PRI (*Primary Rate Interface*), en el continente Americano y Asia se tiende a ofrecer este servicio que consta de 23 canales B y un D de 64 kbps ($PRI_1$) y en el continente europeo y Oceanía el servicio es de 3 0canales B y un D ($PRI_2$).

$PRI_1$ = 23B + D = 23(64) + 64 = 1,544 Mbps (conexión T1)

$PRI_2$ = 30B + D = 30(64) + 64 = 2,048 Mbps (conexión E1)

El servicio primario está orientado a satisfacer requerimientos de mayor capacidad (redes grades).

#### 2.2.2.2 Frame Relay

Frame Relay es una tecnología de datos eficiente, de elevado desempeño, utilizada principalmente para interconectar redes LAN. Es una forma de enviar información a través de una WAN dividiendo los datos en paquetes. Opera en la capa física y en la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI, pero depende de los protocolos de capa superior como TCP para la corrección de errores.

Frame Relay maneja múltiple circuitos virtuales mediante el encapsulamiento de HDLC entre dispositivos conectados.

Frame Relay está pensada para capas físicas con bajas tasas de errores y velocidades relativamente altas (de hasta 2 Mb/s, aunque podría funcionar sin problemas a velocidades mayores). El único control de errores que realiza es la verificación de tramas, sin realizar acuse de recibo. En caso de detectar una trama errónea la descarta, pero no solicita retransmisiones.

La tecnología Frame Relay se beneficia de las ventajas estadísticas de la conmutación de paquetes y hace uso eficiente del ancho de banda, ya que posee un mecanismo dinámico para proveer mayor capacidad de transmisión cuando así lo requiera el usuario, sin necesidad de haber comprado ancho de banda adicional.

Esta tecnología se ha desarrollando teniendo presente las mayores velocidades de transmisión y bajas tasas de error en los circuitos actuales; así, se ha pasado de los 64kbps a una velocidad de 2Mbps llegando incluso a los 34Mbps. Este aumento de velocidad se ha conseguido eliminando información redundante y procesamiento asociado al control de errores.

Frame Relay utiliza circuitos virtuales para realizar conexiones a través de un servicio orientado a conexión. Además permite compartir varias conexiones virtuales a través de una misma interface física con lo cual es posible conectar múltiples localidades remotas entre sí, sin necesidad de equipo adicional ni de enlaces punto a punto. Solamente es necesaria una conexión física entre cada localidad remota y la Red Frame Relay.

Existen dos tipos de circuitos virtuales:

- **PVC (Permanent VC):** son circuitos virtuales permanentes-independientemente del tráfico establecidos por el operador de red. Los PVC son definidos de forma estática, y se requiere la intervención de un operador para establecerlos y liberarlos. Son los más utilizados en Frame Relay.
- **SVC (*Switched VC*)**: Son circuitos que se establecen de forma dinámica en el momento de establecer la conexión. La implementación de circuitos virtuales es más compleja que la de circuitos permanentes, pero permite, en principio, conectar cualquier nodo de la red Frame Relay con cualquier otro.

#### *2.2.2.2.1 Estándares Frame Relay*

Es un estándar especificado por la UIT-T y ANSI en diversas recomendaciones, que definen las señales y la transmisión de datos al nivel de enlace, capa 2 del modelo de referencia OSI.

Los estándares especificados por la UIT-T son:

- **I.122** describe el servicio portador de tramas, incluye PVC y SVC.
- **Q.922** Define el servicio Frame Relay como el nivel 2 de RDSI y las especificaciones de la capa de enlace de datos para servicios de portadora en modo de trama.
- **Q.933** Define los procedimientos de señalización para el establecimiento de los SVC.
- **I.433** Especifica el interfaz físico, tanto para los PVC, como para los SVC.
- **I.370** Describe los métodos opcionales para el control de congestión y gestión dinámica del ancho de banda.

Los estándares especificados por la ANSI son:

- **TI.606** Servicio de portadora con cambios de trama y manejo de congestión.
- **TI.617** Especificación de señalización para servicios de portadora con relevo de trama.
- **TI.618** Aspecto centrales de protocolo de trama para uso de servicios de portadora con relevo de trama.

#### *2.2.2.2.2 Arquitectura de Frame Relay*

Una red Frame Relay proporciona los servicios y las facilidades para que los usuarios puedan conectarse con otros usuarios que también utilizan la tecnología Frame Relay. El servicio ofrecido está estructurado en planos tal como se ve en la figura 2.11.

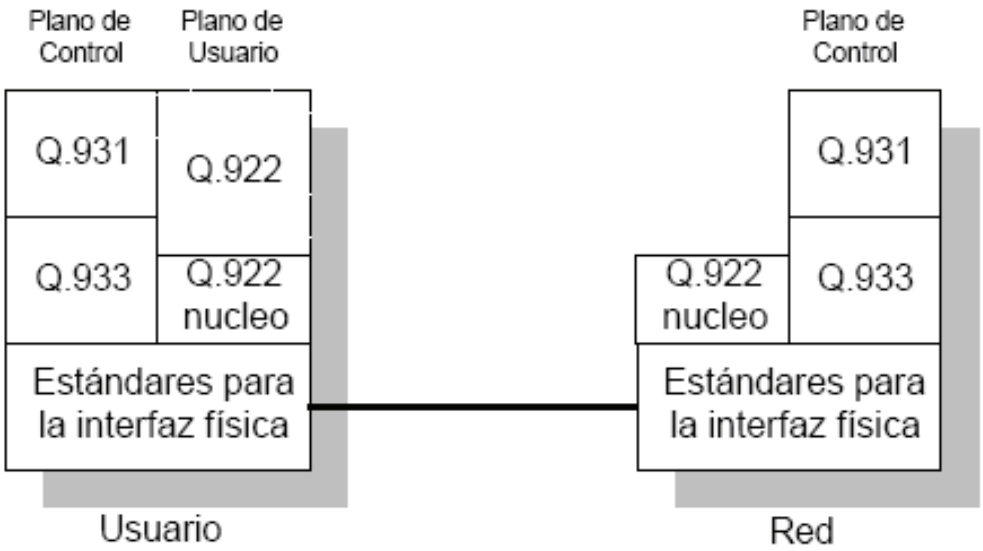


**Figura 2.11.** Arquitectura Frame Relay.

- **Plano de control**

  Proporciona el control de las llamadas (establecimiento y liberación), negociación de parámetros y funciones de administración y mantenimiento.

- **Plano de Usuario**

  Se encarga de la transferencia de información entre usuarios para lo cual utiliza Q.922 que es una versión adaptada de LAP-D. En realidad Frame Relay utiliza el núcleo de Q.922 también denominado LAP-F.

La recomendación Q.922 define funciones tales como delimitación de tramas, (alineación y transparencia), multiplicación de circuitos virtuales utilizando el campo de dirección, verificación de las tramas, detección de errores y control de congestión.

*2.2.2.2.3 Formato de la Trama*

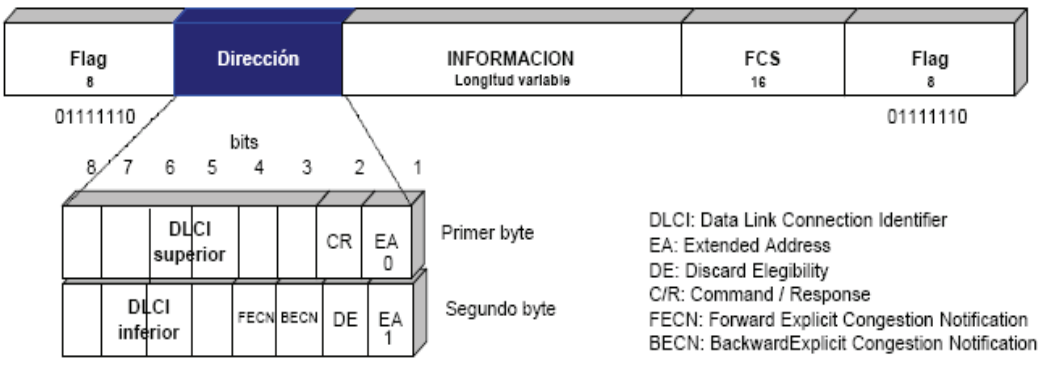


**Figura 2.12.** Formato de la Trama.

Como se puede ver en la figura 2.12, la trama no tiene campo de control, por lo que las tramas solo pueden transportar información; no existiendo tramas de señalización

ya que no hay forma de codificar mensajes de señalización, tampoco existen tramas que permitan a la red realizar un control de flujo.

La trama Frame Relay tiene longitud variable y está compuesta por los siguientes campos:

**Delimitador de Trama (flag o bandera).-** delimita el inicio y el fin de la trama. Entre las tramas consecutivas solo se utiliza una bandera. Todas las tramas comienzan y terminan con la secuencia de bits 0111 1110.

**Campo de Dirección (cabecera).-** pueden ser dos o más octetos. Está compuesto por varios subcampos:

- **DLCI** (Data Link Connection Identifier): El identificador de conexión del enlace de datos es el subcampo principal del encabezado de Frame Relay. Este valor representa la conexión virtual entre el dispositivo DTE y el switch. Cada conexión virtual que se multiplexe en el canal físico será representada por un DLCI único. Los valores de DLCI tienen significado local, es decir que son los únicos para el canal físico en que residen, por lo tanto, los dispositivos que se encuentran en los extremos opuestos de una conexión pueden utilizar diferentes valores DLCI para hacer referencia a la misma conexión virtual.
- **EA (Extended Address):** El bit EA se utiliza para indicar si el byte que lo contiene es el último campo de direccionamiento. Si el valor EA=0, indica que el campo de dirección contiene más bytes, pero si EA=1, entonces se determina que este byte es el último octeto DLCI. El octavo bit del campo de direcciones se utiliza para indicar el EA.
- **C/R (comando/respuesta):** Frame Relay no lo utiliza, es usado por las aplicaciones.

- **FECN (Forward Explicit Congestion Notification):** Es un campo de un solo bit que puede fijarse con el valor de 1 por medio de un interruptor para notificar a un dispositivo DTE terminal, como un ruteador, que existe saturación en la dirección de la transmisión de la trama del origen al destino.
- **BECN(Backward Explicit Congestion Notification):** Es un campo de un solo bit que al ser establecido en 1 el valor por un switch, notifica que ha habido saturación en la red en la dirección opuesta a la de la transmisión de la trama, es decir, desde el destino al origen.
- **DE (Discard Eligibility bit):** Se emplea para indicar la prioridad en el descarte de tramas Si DE=1 indica que la trama es elegible para ser descartada en caso de congestión.

**Campo de información.-** contiene información encapsulada de las capas superiores. Cada trama en este campo de longitud variable alineado a octeto incluye un campo de datos de usuario o carga útil que puede oscilar entre 1 y 8250 bytes, aunque por defecto es de 1600 bytes. Este campo sirve para transportar el PDU (Paquete de Protocolos de las Capas Superiores) a través de una red Frame Relay.

**FCS (Frame Check Sequence).-** Es un campo de 16 bits que asegura la integridad de los datos transmitidos. Este valor es calculado por el dispositivo de origen y verificado por el receptor para asegurar la integridad de la transmisión.

#### *2.2.2.2.4 Control De Congestión*

Frame Relay no tiene control de flujo de datos de los usuarios, esto puede ser beneficioso ya que permite la transmisión de ráfagas de datos en un instante determinado, sin embargo la red puede llegar a congestionarse si se transmiten más datos de los que puede manejar, debido a que los nodos no tienen forma de limitar el tráfico de datos de los usuarios.

Para que la situación de congestión no se produzca se desarrollo el concepto de caudal de datos comprometido o CIR (Committed Information Rate), que es la cantidad media de datos que los usuarios pueden enviar a la red en cualquier momento para que los nodos no se congestionen. Este concepto no está relacionado con la velocidad real de la línea ya que se puede tener una línea de velocidad superior al CIR, siendo esta la velocidad media que alcanzara ese acceso y la velocidad de la línea será la máxima que podrá alcanzar en algunos instantes de tiempo. En relación con el CIR aparecen tres nuevos parámetros:

- **Bc (**Committed Burst Size)**:** Es el volumen máximo de datos que el usuario puede enviar a la red durante un intervalo de tiempo Tc. Si Tc es igual a 1 segundo entonces Bc=CIR.
- **Be (**Excess Burst Size)**:** Es el volumen máximo de datos admitido que el usuario puede sobrepasar durante un intervalo de tiempo Tc.

Para el control de todos estos parámetros se fija un intervalo de referencia (Tc). Así, cuando el usuario transmite tramas, dentro del intervalo Tc, a la velocidad máxima (Vt), el volumen de tráfico se acumula y la red lo acepta siempre que esté por debajo de Bc. Pero si se continúa transmitiendo hasta superar Bc, las tramas empezarán a ser marcadas mediante el bit DE (serán consideradas como desechables). El momento que se supera la barrera de Bc + Be sin ninguna excepción las tramas serán descartadas, tal como se muestra en la figura 2.13.

Frame Relay simplemente descarta tráfico de datos para evitar problemas de congestión en la red utilizando para ello el bit “DE” de la cabecera de la trama. También usa los bits FECN y BECN para notificar a los usuarios que existe congestión en la red. El bit BECN se envía a la máquina fuente de los datos para que controle el flujo de los mismos y el bit FECN se envía hacia la máquina destino.

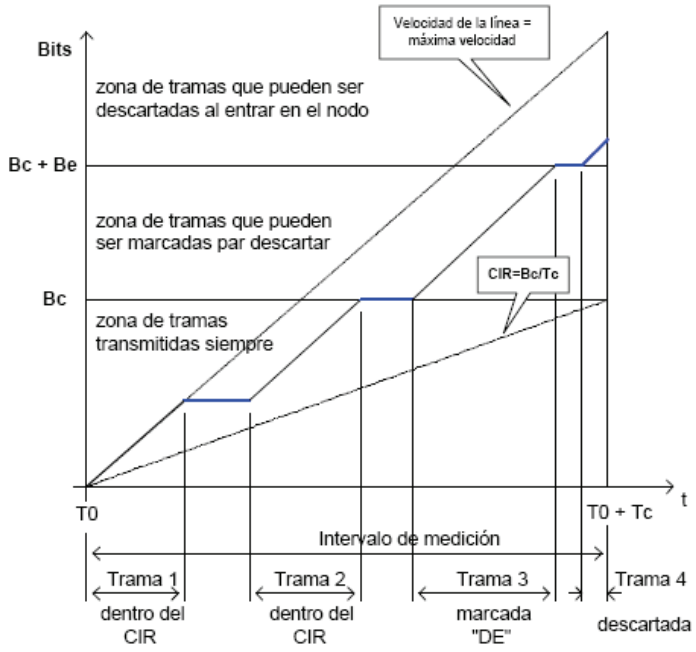


**Figura 2.13.** Relación entre los parámetros utilizados por Frame Relay.

*2.2.2.2.5 Interfaces*

- **UNI.-** User-to-Network, define los procedimientos de comunicación entre el DTE y un conmutador RF. Este estándar fue contemplado por el Frame Relay Forum en 1992 y luego aceptado por ANSI.
- **NNI.-** Network To Network, ratificado en 1992 por el Frame Relay Forum, define como dos conmutadores RF, permiten comunicar diferentes redes públicas o privadas.
- **LMI.-** Local Management Interface, estándar de señalización entre el equipo terminal del abonado y el switch Frame Relay a cargo del manejo de las conexiones y mantenimiento del estado entre los dispositivos. Las LMIs pueden incluir soporte para un mecanismo de mensajes de actividad, que verifica que los datos fluyan. Existen tres tipos de LMI: cisco, ansi y q933a.

### 2.2.2.3 ATM (Modo de Transferencia Asíncrona)

A finales de los años 80 el CCITT decidió que ATM sería la tecnología de conmutación de las futuras redes ISDN en banda ancha. Es un protocolo punto a punto, full dúplex orientado a conexión y basado en la conmutación de paquetes (celdas) que dedican ancho de banda a cada estación. Para controlar el flujo de información en la red se hace uso de TDM (Multiplexación por división de tiempo) actúa en un ancho de banda que varía desde 25 Mbps hasta 622 Mbps.

ATM es una tecnología que permite proporcionar servicios de tasa constante de bits (CBR, continuos Bit Rate) que sirve para transportar datos isócronos (voz) y servicios de tasa variable de bits (VBR, Variable Bit Rate) que permiten transportar de una manera eficiente tráfico de datos (ráfagas). Por lo tanto ATM puede soportar una variedad de servicios que tiene características diferentes de tráfico y de calidad.

Una red ATM está formada por switches y utiliza comúnmente enlaces con fibra óptica por su capacidad de gran ancho de banda. ATM se puede implementarse conjuntamente con otras tecnologías, tales como Frame Relay, Sonet/SDH, FDDI, entre otras.

Los protocolos de ATM están estandarizados por la ITU-T, con especial contribución del ATM Forum y si bien pueden ser utilizados en LANs, se usan principalmente en las redes (*backbone)* de los proveedores de servicios públicos. Sin embargo parece tener poco futuro debido a la aparición de GigaEthernet y de PoS (*Packet Over SONet/SDH*).

En la actualidad, ATM es utilizada donde se necesita dar soporte a velocidades moderadas, como es el caso de la ADSL, aunque la tendencia es sustituir esta tecnología por otras como Ethernet que está basada en tramas de datos.

El protocolo ATM consiste de tres capas como se muestra en la figura 2.14, que ocupan los niveles 1 y 2 del modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos de la OSI. Estas capas son:

- **AAL (Capa de adaptación ATM):** interactúa con el exterior. Recoge la información del exterior y la segmenta en unidades de datos de 48 bytes.

- **Capa ATM:** es la encargada de construir las cabeceras de las celdas, se encarga también del encaminamiento, la multiplexación de las celdas a través de los canales y trayectos virtuales, así como del control de flujo y control de errores en la cabecera de la celda.
- **Capa física:** se encarga de controlar las señales físicas adaptándolas al medio de transmisión e independizándolas de los niveles superiores.

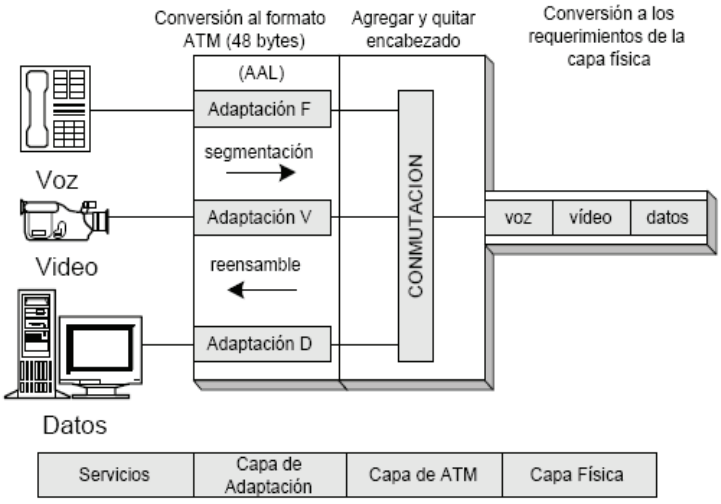


**Figura 2.14.** Capas del modelo ATM.

### 2.2.2.4 MPLS (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo)

MPLS (Multi Protocol Label Switching) es un estándar del IETF y definido en el RFC 3031.El objetivo del grupo IETF sobre MPLS es proponer una tecnología estándar que integre los paradigmas de conmutación de etiquetas y las funciones de encaminamiento. Es decir, una tecnología basada en la integración de las funciones de nivel 2 y las de nivel 3.

MPLS es un mecanismo de envió (forwarding) de paquetes basado en etiquetas, permitiendo una conmutación rápida en los routers, haciendo que solo observe la etiqueta y no la dirección de destino.

Fue diseñada para converger los servicios de transporte de datos de las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes, de forma tal que puede transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz, video y de paquetes IP. En este sentido MPLS utiliza las facilidades de conmutación de capa 2 de las redes ATM y/o Frame Realy en conjunto con los protocolos de ruteo tales como RSVP, OSPF y BGP de las redes IP para ofrecer una eficiente designación, ruteo, envió y conmutación del trafico.

La principal funcionalidad es crear redes flexibles y escalables con un incremento en el desempeño y la estabilidad. Esto incluye Ingeniería de tráfico y soporte de VPNs, el cual ofrece Calidad de servicio (QoS) con múltiples clases de servicio (CoS)

#### *2.2.2.4.1 Arquitectura*

Está compuesto por los siguientes elementos, tal como se muestra en la figura 2.15.

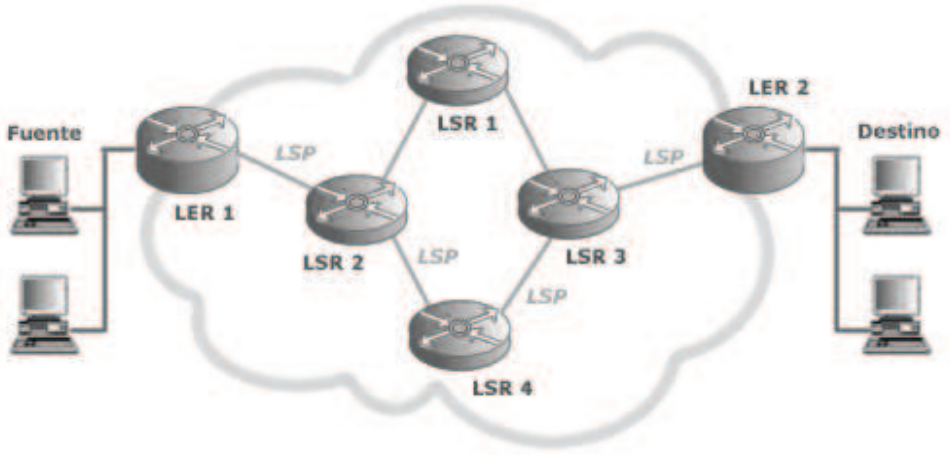


**Figura 2.15.** Arquitectura MPLS.

- **LER** (Label Edge Router).- elemento que inicia o termina el túnel (agrega y quita las etiquetas). Es el punto de entrada/salida a la red MPLS.
- **LSR** (Label Switching Router).- elemento que conmuta etiquetas.
- **LSP** (Label Switched Path).- es un camino de tráfico unidireccional específico a través de una red MPLS establecido entre los extremos.
- **LDP** (Label Distribution Protocol).- un protocolo para la distribución de etiquetas MPLS.
- **FEC** (Forwarding Equivalence Class).- nombre que se le da al tráfico que se encamina bajo una etiqueta. Subconjunto de paquetes tratados del mismo modo por el conmutador.

#### *2.2.2.4.2 Funcionamiento*

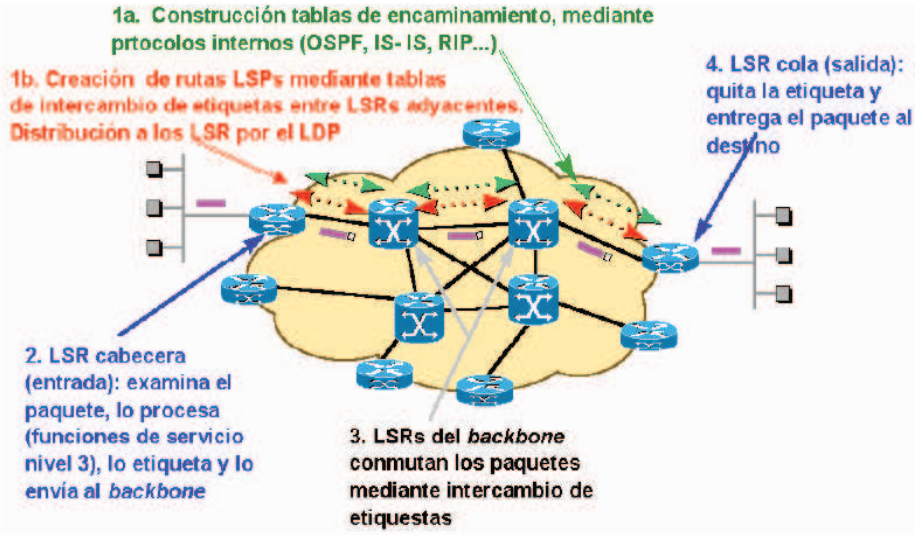


**Figura 2.16** Funcionamiento de una red MPLS.

Una red MPLS está formada por un conjunto de LSRs conectados entre sí. Cuando un paquete entra en la red, el LSR frontera obtiene la FEC del paquete a partir de la

información contenida en las cabeceras de nivel superior. A partir de la FEC el LSR frontera asigna e inserta una etiqueta entre la cabecera de capa 2 y capa 3 del paquete y obtendrá el siguiente salto. De este modo el LSR de borde ha introducido el paquete (lo mismo hará con todos aquellos con la misma FEC) en un LSP que llegará a un router de salida del dominio MPLS. Esto es debido a que cada router MPLS del camino toma la decisión de reenvío basándose únicamente en la etiqueta del paquete, con lo que todos los paquetes con igual FEC y con el mismo LSR de entrada a la red siguen el mismo LSP o camino MPLS.

#### *2.2.2.4.3 Aplicaciones*

Las principales aplicaciones que presenta MPLS, son las siguientes:

- **Ingeniería de Tráfico.-** es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red. La idea es equilibrar de forma óptima la utilización de esos recursos, de manera que no haya algunos que estén reutilizados con puntos congestionados, mientras que otros pueden estar sin utilizar.

- **Calidad de Servicio (QoS).-** es un mecanismo que satisface los requerimientos de las aplicaciones en una red. Se refiere al rendimiento de la red y la eliminación de aspectos como la latencia.

- **Clases de Servicio (CoS).-** Las clases de servicio, en una red de datos, permiten asignar prioridades a distintos flujos de tráfico, de manera que sus datos más importantes tengan preferencia sobre tráfico menos crítico respecto al tiempo.

- **Redes Privadas Virtuales (VPNs).-** (VPN, Virtual Private Network), es una red privada de datos, cuyo transporte se realiza mediante una infraestructura pública de telecomunicaciones, manteniendo privacidad a través de conexiones seguras.

### 2.2.3 TECNOLOGÍAS DE ACCESO

Existen varias tecnologías de acceso que pueden aplicarse para superar las limitaciones de la última milla en una red que se encarga de servir a usuarios finales.

En la tabla 2.6 se muestra una comparación de las diferentes alternativas de redes de acceso.

| TECNOLOGÍA | VELOCIDAD | VENTAJA | DESVENTAJA |
|---|---|---|---|
| **Vía cobre: xDSL, RDSI** | 64 Kbps - 52 Mbps | Accesibilidad alta. Muchos proveedores, terminales sencillos, tiene un bajo costo de comunicación | Errores de transmisión, la velocidad depende de la distancia de la oficina central del proveedor. |
| **Red híbrida cable coaxial-fibra (HFC)** | 40 Mbps/10Mbps | Alta velocidad, gran calidad, puede aplicarse tarifa plana | Requiere terminales específicos (cable módem) para el usuario |
| **PLC** | 2 - 45 Mbps | No requiere de cableado adicional y rápida instalación | Se añade ruido a la señal, tiene limitante la distancia |
| **Fibra óptica (PON, FTTX)** | 1.5 - 100 Mbps | Alta velocidad y fiabilidad | Requiere despliegue de infraestructura SDH. Alto costo |
| **Bucle Inalámbrico: WLL, MMDS, LMDS** | 256 Kbps/4 Mbps | Fácil despliegue de infraestructura | Transmisión sujeta a licencias del uso del espectro |
| **Redes MAN/LAN Inalámbricas** | WiFi (802.11) 11 Mbps/54 Mbps WiMax (802.16) más de 75 Mbps | Generalmente se utiliza en áreas rurales que no tiene acceso a DSL, con WiFi en áreas llamadas "hot spots" principalmente en áreas urbanas | Tiene baja velocidad y sufre de interferencia en 802.11. WiMax está sujeta a licencias del uso del espectro |
| **Satélite (Redes VSAT)** | 64 Kbps - 20 Mbps | Cobertura extensa | Tiene un alto costo y retardo en la transmisión |

**Tabla 2.6.** Tecnologías de acceso.

No existe un sistema de acceso ideal, sino cada uno presenta ciertos condicionantes que lo hacen más apropiado para una determinada situación geográfica o tipo de mercado al que nos dirigimos, tal como muestra la figura 2.17.

De las tecnologías de acceso que se pueden aplicar a las pequeñas y medianas empresas (Pymes) es xDSL la tecnología con mejores características.

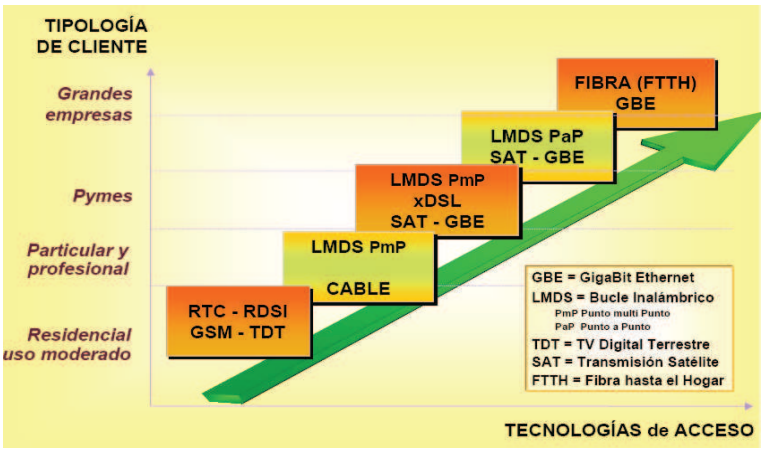


**Figura 2.17.** Tecnologías de acceso en función de la tipología del cliente final.

### 2.2.3.1 XDSL

La tecnología xDSL (X-type Digital Subscriber Line) soporta un gran ancho de banda con unos costos de inversión relativamente bajos debido a que trabaja sobre la red telefónica ya existente. Además la facilidad de instalación de los equipos xDSL reduce los costos por tiempo.

Los servicios basados en xDSL se han establecido como una solución para el acceso de banda ancha a datos, tanto en los mercados comerciales como residenciales. Las principales ventajas de esta tecnología son la capacidad para acomodar al mismo tiempo voz, video y datos.

En la tabla 2.7 se muestra un resumen comparativo de las tecnologías XDSL.

| TECNOLOGÍA | VELOCIDAD | PARES DE COBRE | MODO | TECNICA DE MODULACIÓN | ALCANCE | APLICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **HDSL** | 1,544 Mbps o 2,048 Mbps | 4 | Simétrico bidireccional | 2B1Q | 3.5 Km | Interconexión de PBX, líneas alquiladas, interconexión de LAN |
| **SDSL** | 384 Kbps a 2 Mbps | 1 | Simétrico | CAP (Carrierless Amplitude-Phase) | 5,5 Km | Es ideal para las empresas pequeñas y medianas que necesitan un medio eficaz para subir y bajar archivos a la Web. |
| **ADSL** | 1,5 a 8 Mbps (bajada) 16 a 640 Kbps (subida) | 2 | Asimétrico | DMT (Discrete Multi-Tono) | 5,5 Km | Acceso a internet, servicio telefónico, fax, correo electrónico, video bajo demanda |
| **VDSL** | 13 y 52 Mbps (bajada) 13 a 26 Mbps (subida) | 2 | Simétrico Asimétrico | CAP | 300 a 1300 metros | Acceso a internet, video bajo demanda, Tv de alta definición, interconexión de LAN |

**Tabla 2.7.** Tecnología xDSL.

#### *2.2.3.1.1 HDSL (High data rate Digital Subscriber Line)*

Fue técnica ideada para la transmisión a través de cables de cobre de tramas T1 o E1, las cuales están formadas por varios canales telefónicos. Soporta flujos de hasta 2.048 Mbps.Su inconveniente es que requiere de dos pares para transportar una trama T1 y tres pares para una trama E1, por lo que, no puede emplearse en el bucle de abonado, ya que sólo tiene un par, y se usa principalmente entre centrales de conmutación o estaciones base de telefonía móvil.

#### *2.2.3.1.2 SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)*

Es una versión de HDSL que utiliza tan solo un par de cobre. Además, permite la utilización simultánea del servicio POTS (Plain Old Telephone System, es decir, la

telefonía básica tradicional). Por lo que es utilizable en el bucle del abonado. Su funcionamiento es simétrico, esto significa que el ancho de banda asignado en el sentido abonado-red (upstream) y en el sentido red-abonado (downstream) en el mismo.

#### *2.2.3.1.3 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*

Es similar a SDSL pero con un funcionamiento asimétrico, otorgando un mayor ancho de banda a la comunicación descendente (6 Mbps) que a la ascendente (640 Kbps). Esto se debe a que es una tecnología que se enfoca exclusivamente a su uso en el bucle de abonado.

ADSL2 es una evolución de ADSL que permite incrementar la capacidad hasta 800 Kbps en el enlace ascendente y 8 Mbps en el descendente.

ADSL2+ Mantiene los principios de ADSL2, pero duplica el ancho de banda utilizado, extendiéndolo desde los 1.104 KHz hasta los 2.208 KHz. Con esto se logra duplicar la capacidad del enlace descendente (16 Mbps) y mantener la capacidad del enlace ascendente (800 Kbps).

#### *2.2.3.1.4 VDSL Very high speed Digital Subscriber Line)*

Es la tecnología más reciente de la familia XDSL, cubre únicamente los últimos metros del bucle de abonado, con una velocidad de hasta 52 Mbps en el descendente.

Además, VDSL está asociada a la tecnología FTTC (Fiber to the Curb_ Fibra hasta el bordillo), con ella la mayor parte del bucle de abonado se sustituye por fibra óptica, la cual enlaza la central telefónica con un dispositivo denominado ONU (Optical Network Unit_Terminal de red óptica). VDSL se considera como una buena alternativa a la fibra en el hogar.

### 2.2.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS WAN

Para el análisis de las tecnologías WAN se ha visto necesario describir las principales características de las tecnologías antes mencionadas, como se muestra en la tabla 2.8.

El éxito de una determinada tecnología frecuentemente depende de los beneficios económicos en su implementación además de otras características.

La tecnología RDSI es compleja de manejar y configurar, presenta una tasa de transferencia y un retardo constante, no permite una asignación flexible al canal de transmisión debido a que el ancho de banda RDSI es fijo. RDSI presenta dificultades para aplicaciones que utilizan gran ancho de banda, ya que si hay ráfagas de datos solamente se puede utilizar el ancho de banda disponible. Las aplicaciones soportadas por RDSI como tráfico de voz y video, son soportadas también por Frame-Relay.

ATM ofrece mejores ventajas, tanto en velocidad, rendimiento y aplicaciones que Frame Relay, su costo en equipos y servicio relativamente alto y el encontrar un proveedor de servicios que ofrezca está tecnología fueron limitantes para decidirse por esta alternativa. A pesar de que ATM ha crecido mucho en los últimos años, no es muy difundida.

Por otra parte la tecnología IP MPLS está ganando un sitio predominante en los servicios de transmisión de datos a gran escala. Sin embargo el uso de MPLS no es muy frecuente cuando se requiere una conectividad entre sucursales geográficamente distantes y tampoco resulta práctico para aplicaciones de conectividad remota, dado que MPLS solo funciona en la red del proveedor de servicio, no es posible conectar todas las ubicaciones a menos que la red del proveedor de servicio se extienda hasta dichas ubicaciones.

Frame Relay ha obtenido un lugar importante en el mercado principalmente para aquellos usuarios que requieren transmitir datos a velocidades no muy altas en el orden de los Kbps.

A pesar de que Frame Relay tiene la probabilidad de saturación, se lo recomienda para el diseño de la red WAN de comunicaciones de la Empresa BLASA por las siguientes razones.

- Debido a que varios clientes están compartiendo el enlace Frame Relay, el costo de cada uno será, en general, menor al costo de un enlace directo de la misma capacidad. Esto se cumple siempre y cuando el servicio Frame Relay sea provisto por un proveedor de servicio (Carrier).
- Es ideal para interconectar redes LAN por sus altas velocidades y transparencia a las capas de red superiores, se pueden cargar múltiples protocolos de LAN sobre Frame-Relay.
- Esta tecnología es ofrecida por varios proveedores de servicios de telecomunicaciones en el país, y con el antecedente de que la elección de la tecnología WAN cause el menor impacto técnico y económico posible.

| ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **TECNOLOGÍA** | **RDSI** | **FRAME RELAY** | **ATM** | **MPLS** |
| **Velocidad** | De 2400 bps a 64 Kbps | De 64 kbps a mayores de 2 Mbps | De 2.5 Mbps a 622 Mbps | De45 Mbps a 622 Mbps |
| **Retardo** | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| **Encaminamiento**[1] | Estático | Dinámico | Dinámico | Dinámico |
| **Tamaño de Tramas** | Variable | Variable | Fijo | Fijo (tamaño de la etiqueta) |
| **Corrección de errores** | No | No | No | No |
| **Voz en tiempo real** | Sí | No | Sí | Sí |
| **Vídeo en tiempo real** | Sí | No | Sí | Sí |
| **Ancho de Banda** | Fijo | Dinámico | Dinámico | Dinámico |
| **Tráfico LAN** | Sí | Sí | Sí | Sí |
| **Alta Velocidad (por costo)** | No | Sí | Sí | Sí |

**Tabla 2.8.** Comparación de las Tecnologías WAN.

[1] **Encaminamiento.-** es un proceso mediante el cual tratamos de encontrar un camino entre dos puntos de la red: el nodo origen y el nodo destino. El objetivo que se persigue es encontrar las mejores rutas entre pares de nodos.

# CAPÍTULO 3

# DISEÑO DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES

Al momento de diseñar una red, se deben considerar muchos aspectos y objetivos que son específicos para cada organización. Sin embargo, existen requisitos generales que deben cumplir todos los diseños de red, como son: funcionalidad, escalabilidad y factibilidad de administración.

El presente capítulo, tiene como objetivo diseñar una red WAN que permita unificar las tres oficinas remotas ubicadas en: Quito, Latacunga y Ambato, donde cada una de ellas posee usuarios que se conectarán a través de una red LAN, la cual será también diseñada para cada oficina.

Para el diseño de la red de comunicaciones se ha considerado tecnologías que permiten manejar cada vez mayores aplicaciones, con niveles de servicio garantizado y con una buena estimación del tráfico requerido para los próximos años.

La red de comunicaciones deberá satisfacer la demanda de tráfico requerido por los usuarios como es VoIP, acceso a internet, correo electrónico y el acceso a base de datos; consulta de información: proveedores, inventario, compras, ventas, facturación o algún sistema que se pueda manejar de forma centralizada en un servidor principal ubicado en la matriz.

Además, esta red permitirá integrar dichas aplicaciones en una sola red, en la cual, el ancho de banda contratado estará a disposición de quien lo necesita. De esta forma, el usuario obtiene el máximo del rendimiento de la capacidad que paga.

## 3.1 REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA

La empresa BLASA manejará las siguientes aplicaciones: VoIP acceso a Internet, correo electrónico y acceso a la base de datos en la oficina matriz.

Para estimar la carga de tráfico de cada aplicación existen procesos para la medición y estimación del mismo que generalmente son para redes de área local; sin embargo, para las redes WAN es necesario contar con los equipos adecuados para este fin, o contratar una empresa dedicada a suministrar este servicio.

Puesto que la empresa BLASA no cuenta con una red de comunicaciones, es imposible determinar la capacidad de la misma para el presente proyecto, por ello se tomara como referencia el estudio del comportamiento de redes similares, así como la metodología para determinar el ancho de banda de cada aplicación.

Un aspecto importante que se debe tener en cuenta al momento de seleccionar el ancho de banda con el cual se va a trabajar, es incluir el overhead[1] de una transmisión; lo cual provoca un requerimiento mayor al valor determinado. El overhead depende de la tecnología que se utilice.

En la tabla 3.1 se resume el número de usuarios que van a utilizar la red. Se considera que los usuarios de las oficinas en Latacunga y Ambato realizaran consultas remotas a los servidores que se encuentran ubicados en la oficina matriz en Quito. Con esta información se podrá analizar el tráfico de datos que va a circular a través de la red WAN.

Además, para el tráfico de datos se analizaran usuarios por aplicación considerando que todos los usuarios requieran el acceso a internet, correo electrónico y acceso a la base de datos.

Para el cálculo del ancho de banda de la transmisión de datos se considera los siguientes criterios para cuantificar el tráfico de la red:

[1] **Overhead.-** Datos adicionales generados por la transmisión de la información.

- En promedio una base de datos por usuario ocupa aproximadamente una capacidad de canal de 24Kbps[4] .
- El tamaño promedio de un mensaje de correo electrónico es de 500Kbytes[5] y se estima que un usuario revisa en promedio 4 correos por hora[6].
- Para el acceso a internet se considera que el tamaño promedio de una página de internet es de 312Kbytes[7] y se estima que un usuario puede abrir un promedio 4 páginas en una hora.

| AGENCIA | DEPARTAMENTOS | USUARIOS POR DPTO | USUARIOS POR AGENCIA | USUARIOS POR APLICACIÓN | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Acceso a la Base de Datos | Acceso a Internet | Correo Electrónico |
| Quito (Matriz) | *Gerencia* | 1 | 12 | 8 | 8 | 8 |
| | *Dpto de Contabilidad* | 1 | | | | |
| | *Caja* | 1 | | | | |
| | *Secretaría* | 1 | | | | |
| | *ventas* | 3 | | | | |
| | *Gerencia de Operaciones* | 1 | | | | |
| | *Transporte/ Despachos* | 4 | | | | |
| Latacunga | *Caja* | 1 | 6 | 4 | 4 | 4 |
| | *Secretaría* | 1 | | | | |
| | *Ventas* | 1 | | | | |
| | *Jefe de Almacén* | 1 | | | | |
| | *Transporte/ Despachos* | 2 | | | | |
| Ambato | *Caja* | 1 | 6 | 4 | 4 | 4 |
| | *Secretaría* | 1 | | | | |
| | *Ventas* | 1 | | | | |
| | *Jefe de Almacén* | 1 | | | | |
| | *Transporte/ Despachos* | 2 | | | | |
| **Total de Usuarios** | | | 24 | 16 | 15 | 16 |

**Tabla 3.1.** Distribución de usuarios por Departamentos, Agencias y Aplicaciones.

## 3.2 DISEÑO DE LA RED LAN

### 3.2.1 CÁLCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA

#### 3.2.1.1 Requerimientos de ancho de banda para datos

Para determinar los requerimientos de ancho de banda necesario para la transmisión de datos, es importante determinar los orígenes del tráfico y sus características. De esta forma se debe tener en claro factores fundamentales, tales como: el tamaño del paquete, las características que presenta el ancho de banda de acuerdo al medio de transmisión, la tolerancia a retardos, el tiempo de respuesta en un determinado tiempo, de las aplicaciones.

Además no se deberá admitir pérdidas, debido a que la información que se maneja es de vital importancia para las actividades comerciales de la empresa.

Para la transmisión de datos es necesario considerar el formato de trama de acuerdo a la tecnología que se va a utilizar, en este caso Ethernet, como se muestra en la figura 3.1.

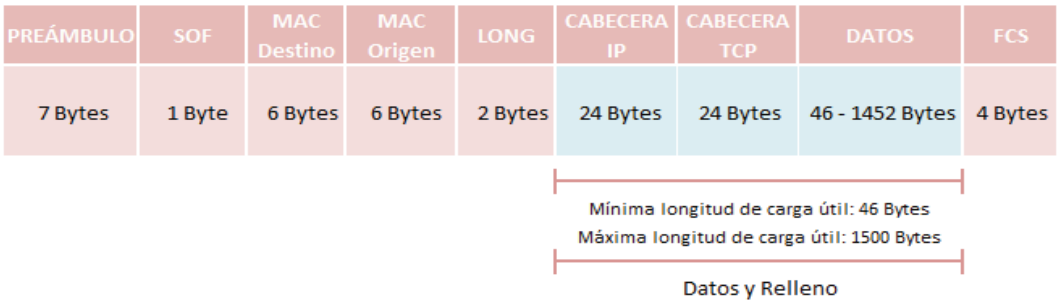


**Figura 3.1.** Formato de la trama Ethernet para transmisión de datos[8].

Una trama Ethernet debe tener una longitud mínima de 64 Bytes y una longitud máxima de 1518 Bytes.

En la figura 3.2 se indica como el campo de datos de la trama Ethernet encapsula en su interior protocolos de las capas superiores con sus respectivas cabeceras, de acuerdo al modelo OSI, lo cual disminuye la tasa efectiva de la red.

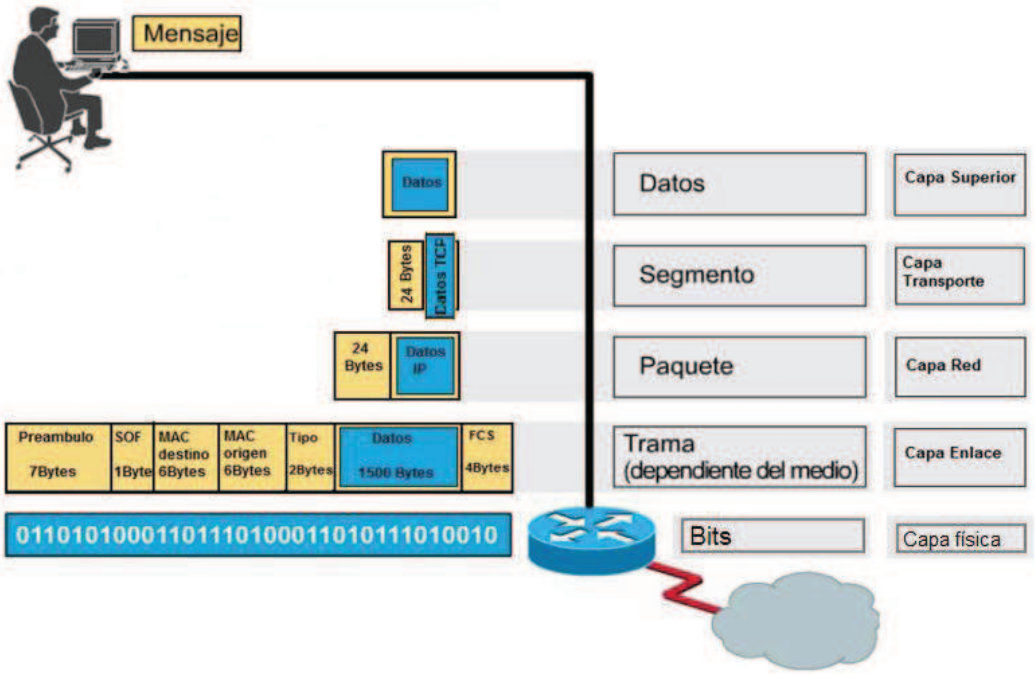


**Figura 3.2.** Encapsulamiento de datos.

A continuación se realiza el análisis del número de Bytes totales transmitidos para las aplicaciones de acceso a internet, correo electrónico y el acceso a base de datos.

#### *3.2.1.1.1 Acceso a la Base de Datos*

Para el dimensionamiento de esta aplicación no se tiene la información suficiente para describir la forma en la cual estos datos serían encapsulados en cada una de las capas antes de ser transmitidos; para lo cual se estima que una base de datos por usuario tiene un ancho de banda de 24 Kbps aproximadamente.

En la tabla 3.2 se muestra el ancho de banda requerido por cada Agencia para el acceso a una base de datos.

| AGENCIA | No. de Usuarios | Ancho de Banda /usuario [Kbps] | Ancho de Banda Total [Kbps] (No.usuarios x ancho de banda/usuario) |
|---|---|---|---|
| Quito | 8 | 24 | 192 |
| Latacunga | 4 | 24 | 96 |
| Ambato | 4 | 24 | 96 |

**Tabla 3.2.** Ancho de Banda requerido por cada Agencia para el acceso a la Base de Datos.

*3.2.1.1.2 Correo Electrónico*

Se considera que el tamaño del mensaje es de 500 KBytes y se estima que un usuario revisa en promedio 4 correos por hora.

A continuación se presenta el cálculo para obtener el número de tramas.

$$\textbf{Número de Tramas} = \frac{\textbf{Bytes de datos por mensaje}}{\textbf{Bytes de datos por trama}}$$

$$\textbf{Número de Tramas} = \frac{\textbf{500 KBytes}}{\textbf{1452}\,\frac{\textbf{Bytes}}{\textbf{trama}}} = \textbf{352.62 tramas}$$

Del resultado anterior se puede concluir que es necesario enviar 352 tramas de 1452 Bytes y una de 900 Bytes en el campo de datos; tomando en cuenta que Ethernet adiciona 74 Bytes (Header (22Bytes)+cabecera TCP/IP (48 Bytes)+ Trailler (4 Bytes)) por cada trama se tiene:

$$\textbf{Bytes de sobrecarga} = \textbf{Número de Tramas} \times \textbf{Bytes adicionales por Trama}$$

$$\textbf{Bytes de sobrecarga} = 353 \times 74 \text{ Bytes} = 26122 \text{ Bytes}$$

Por lo tanto el número total de Bytes transmitidos será:

$$\textbf{Bytes total por mensaje} = [(1452 \times 352) + (900 \times 1) + 26122] = 538126 \text{ Bytes}$$

Para calcular el ancho de banda (AB) requerido se debe tomar en cuenta la sobrecarga y el número de usuarios.

A continuación un ejemplo de cálculo.

$$\textbf{AB} = \frac{538126 \text{ Bytes}}{1 \text{ correo}} \times \frac{4 \text{ correos}}{1 \text{ hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}}$$

$$\textbf{AB} = 4.78 \text{ Kbps}$$

*3.2.1.1.3 Acceso a Internet*

Se estima que un usuario accederá al servicio de internet con un promedio de 4 páginas Web por hora, el tamaño promedio de una página Web es de 312 KBytes.

$$\textbf{Número de Tramas} = \frac{\textbf{Bytes de datos por página}}{\textbf{Bytes de datos por trama}}$$

$$\textbf{Número de Tramas} = \frac{312 \text{ KBytes}}{1452 \text{ Bytes}} = 220 \text{ tramas}$$

Del resultado anterior se puede concluir que es necesario enviar 220 tramas de 1452 Bytes en el campo de datos; tomando en cuenta que Ethernet adiciona 74 Bytes (Header (22Bytes)+cabecera TCP/IP (48 Bytes)+ Trailler (4 Bytes)) por cada trama se tiene:

$$\textbf{Bytes de sobrecarga} = \textbf{Número de Tramas} \times \textbf{Bytes adicionales por Trama}$$

$$\textbf{Bytes de sobrecarga} = 220 \times 74 \text{ Bytes}$$

$$\textbf{Bytes de sobrecarga} = 16280 \text{ Bytes}$$

Por lo tanto el número de Bytes transmitidos por página es:

$$\textbf{Bytes total por página} = [(1452 \times 220) + 16280]$$

$$\textbf{Bytes total por página} = 335720 \text{ Bytes}$$

Para calcular el ancho de banda requerido se debe tomar en cuenta la sobrecarga.

$$\textbf{AB} = \frac{335720 \text{ Bytes}}{1 \text{ página}} \times \frac{4 \text{ páginas}}{1 \text{ hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}}$$

$$\textbf{AB} = 2.98 \text{ Kbps}$$

En la Tabla 3.3 se presenta el ancho de banda requerido para el correo electrónico y el acceso a internet en las tres Agencias.

| AGENCIA | APLICACIÓN | Tamaño Total [Bytes] | No. De aplicaciones accedidas por usuario [por hora] | AB [Kbps] | No. de Usuarios | AB/Agencia [Kbps] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Quito [matriz]* | Correo Electrónico | 538126 | 4 | 4.78 | 8 | 62.08 |
| | Acceso a Internet | 335720 | 4 | 2.98 | 8 | |
| *Latacunga* | Correo Electrónico | 538126 | 4 | 4.78 | 4 | 31.04 |
| | Acceso a Internet | 335720 | 4 | 2.98 | 4 | |
| *Ambato* | Correo Electrónico | 538126 | 4 | 4.78 | 4 | 31.04 |
| | Acceso a Internet | 335720 | 4 | 2.98 | 4 | |

**Tabla 3.3.** Ancho de Banda requerido para el correo electrónico y el acceso a Internet en las Agencias.

#### 3.2.1.2 Requerimientos de ancho de banda para Voz sobre IP

Para establecer los requerimientos de ancho de banda para voz se debe determinar el número de canales de voz necesarios para cada punto de conexión en concordancia con las necesidades de la empresa, para ello se considera el volumen de tráfico que se genera y la duración de las llamadas.

En la tabla 3.4 se muestran los resultados obtenidos en la hora de mayor utilización de servicio telefónico.

El flujo de tráfico (A) que un único enlace principal puede manejar, se define como el producto del número de llamadas y su duración promedio durante un periodo de observación de una hora[9].

$$\mathbf{A} = Ca * tp \text{ (Erlangs)} \qquad \text{[ec. 3.1]}$$

Donde:

**Ca:** es el número de llamadas originadas en una hora

**tp:** es el tiempo promedio de duración de una llamada

**A:** representa la intensidad de tráfico ofrecido o velocidad de flujo de llamadas

| AGENCIAS | NÚMERO DE LLAMADAS | TIEMPO DE DURACIÓN (minutos) |
|---|---|---|
| *Quito (matriz)* | 4 | 2 |
| *Latacunga* | 2 | 1.5 |
| *Ambato* | 2 | 1.5 |

**Tabla 3.4.** Datos del servicio telefónico en la hora pico[10].

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo para la obtención del flujo de tráfico en la matriz:

$$A = 4\frac{llamadas}{hora} \times \frac{1\ hora}{60\ minutos} \times 2\ minutos$$

$$\mathbf{A = 0.13\ Erlang}$$

Una vez calculada la intensidad de tráfico (A) y considerando una probabilidad de **P** (GoS[1]) igual a 1%[2] (0.01) que representa una llamada descartada por cada 100 intentos, se utiliza la tabla 3.5 para seleccionar el número de enlaces o canales requeridos.

[1] **GoS.-** Grado de servicio, representa un estimado de la cantidad de llamadas que no podrán ser cursadas por un enlace.
[2] Valor recomendado para telefonía, indica que de cada 100 intentos de llamada una será descartada

| n | Probabilidad de pérdida | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 |
| 1 | .00705 | .00806 | .00908 | .01010 | .02041 | .03093 | .05263 | .11111 | .25000 | .66667 |
| 2 | .12600 | .13532 | .14416 | .15259 | .22347 | .28155 | .38132 | .59543 | 1.0000 | 2.0000 |
| 3 | .39664 | .41757 | .43711 | .45549 | .60221 | .71513 | .89940 | 1.2708 | 1.9299 | 3.4798 |
| 4 | .77729 | .81029 | .84085 | .86942 | 1.0923 | 1.2589 | 1.5246 | 2.0454 | 2.9452 | 5.0210 |
| 5 | 1.2362 | 1.2810 | 1.3223 | 1.3608 | 1.6571 | 1.8752 | 2.2185 | 2.8811 | 4.0104 | 6.5955 |
| 6 | 1.7531 | 1.8093 | 1.8610 | 1.9090 | 2.2759 | 2.5431 | 2.9603 | 3.7584 | 5.1086 | 8.1907 |
| 7 | 2.3149 | 2.3820 | 2.4437 | 2.5009 | 2.9354 | 3.2497 | 3.7378 | 4.6662 | 6.2302 | 9.7998 |
| 8 | 2.9125 | 2.9902 | 3.0615 | 3.1276 | 3.6271 | 3.9865 | 4.5430 | 5.5971 | 7.3692 | 11.419 |
| 9 | 3.5395 | 3.6274 | 3.7080 | 3.7825 | 4.3447 | 4.7479 | 5.3702 | 6.5464 | 8.5217 | 13.045 |
| 10 | 4.1911 | 4.2889 | 4.3784 | 4.4612 | 5.0840 | 5.5294 | 6.2157 | 7.5106 | 9.6850 | 14.677 |
| 11 | 4.8637 | 4.9709 | 5.0691 | 5.1599 | 5.8415 | 6.3280 | 7.0764 | 8.4871 | 10.857 | 16.314 |
| 12 | 5.5543 | 5.6708 | 5.7774 | 5.8760 | 6.6147 | 7.1410 | 7.9501 | 9.4740 | 12.036 | 17.954 |
| 13 | 6.2607 | 6.3863 | 6.5011 | 6.6072 | 7.4015 | 7.9667 | 8.8349 | 10.470 | 13.222 | 19.598 |
| 14 | 6.9811 | 7.1155 | 7.2382 | 7.3517 | 8.2003 | 8.8035 | 9.7295 | 11.473 | 14.413 | 21.243 |
| 15 | 7.7139 | 7.8568 | 7.9874 | 8.1080 | 9.0096 | 9.6500 | 10.633 | 12.484 | 15.608 | 22.891 |
| 16 | 8.4579 | 8.6092 | 8.7474 | 8.8750 | 9.8284 | 10.505 | 11.544 | 13.500 | 16.807 | 24.541 |
| 17 | 9.2119 | 9.3714 | 9.5171 | 9.6516 | 10.656 | 11.368 | 12.461 | 14.522 | 18.010 | 26.192 |
| 18 | 9.9751 | 10.143 | 10.296 | 10.437 | 11.491 | 12.238 | 13.385 | 15.548 | 19.216 | 27.844 |
| 19 | 10.747 | 10.922 | 11.082 | 11.230 | 12.333 | 13.115 | 14.315 | 16.579 | 20.424 | 29.498 |
| 20 | 11.526 | 11.709 | 11.876 | 12.031 | 13.182 | 13.997 | 15.249 | 17.613 | 21.635 | 31.152 |

**Tabla 3.5.** Tabla de Erlang B[11].

En la tabla 3.6 se indican los canales de voz requeridos por cada agencia de la empresa BLASA.

| CANALES DE VOZ | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **AGENCIAS** | **C (llamadas/hora)** | **Tp (minutos)** | **A (Erlang)** | **Canales de Voz** |
| *Quito (matriz)* | 4 | 2 | 0.13 | 2 |
| *Latacunga* | 2 | 1.5 | 0.05 | 2 |
| *Ambato* | 2 | 1.5 | 0.05 | 2 |

**Tabla 3.6.** Número de canales.

Una vez que se ha determinado el número de canales de voz, se debe traducir ese valor al ancho de banda requerido por la red.

Para calcular el ancho de banda se debe tomar en cuenta el tipo de comprensión y overhead, estos parámetros variarán dependiendo de la tecnología de transporte que se elija para la red.

Para la transmisión de voz se considerará la tecnología VoIP (voz sobre IP).

Para el diseño se escoge el CODEC G.729 debido a que cuenta con una mayor calidad de voz y un ancho de banda relativamente bajo, tal como se muestran en las tablas 1.2 y 1.3 del subcapítulo 1.4.3.2.2, además es el más utilizado para aplicaciones de Voz sobre IP. Tiene una capacidad en el canal de 8 Kbps y el tiempo de duración del paquete óptimo es de 20ms.

En el caso del entorno de área local (LAN) se calcula en base a la trama Ethernet, el formato de la trama se indica en la figura 3.3.

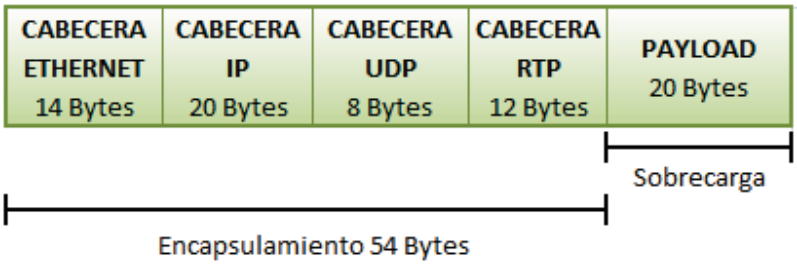


**Figura 3.3.** Trama Ethernet.

El tráfico de VoIP se puede calcular de la siguiente manera:

$$\mathbf{AB_{VoIP}} = \mathbf{AB_{Codec}} \times \frac{\mathbf{longitud\ de\ sobrecarga + longitud\ de\ encapsulamiento}}{\mathbf{longitud\ de\ sobrecarga}}$$

Aplicando las características de la trama Ethernet en la ecuación anterior se tiene:

$$\mathbf{AB_{VoIP} = 8\ Kbps \times \frac{20\ Bytes + 54\ Bytes}{20\ Bytes}}$$

$$\mathbf{AB_{VoIP} = 29.6\ Kbps}$$

Tomando en cuenta el número de canales de voz necesarios para cada agencia a la velocidad de 29.6 Kbps, se procede a determinar el requerimiento de ancho de banda real de voz. Así para el caso de la agencia matriz con 2 canales, el ancho de banda real si todos los canales se están usando al mismo tiempo será:

$$\mathbf{AB = 2 \times 29.6\ Kbps = 59.2\ Kbps}$$

En la tabla 3.7 se indica el tráfico real requerido para la aplicación de voz de cada agencia:

| AGENCIAS | Canales de Voz | Ancho de Banda |
|---|---|---|
| *Matriz_ Quito* | 2 | 59.2 Kbps |
| *Sucursal_Latacunga* | 2 | 59.2 Kbps |
| *Sucursal_Ambato* | 2 | 59.2 Kbps |

**Tabla 3.7.** Ancho de banda necesario para VoIP.

## RESULTADOS DE LOS REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA

El ancho de banda requerido para las aplicaciones de datos y voz de manera simultánea en cada una de las agencias se presenta en la tabla 3.8.

| AGENCIAS | AB PARA DATOS [Kbps] [Base de datos + correo electrónico + acceso a internet] | AB PARA VOZ [Kbps] | AB TOTAL [Kbps] | AB TOTAL [Mbps] |
|---|---|---|---|---|
| *Quito (matriz)* | 202 | 59.2 | 313.38 | 0.313 |
| *Latacunga* | 103.76 | 59.2 | 186.24 | 0.186 |
| *Ambato* | 103.76 | 59.2 | 186.24 | 0.186 |

**Tabla 3.8.** Ancho de banda para transmisión de datos y voz.

### 3.2.1.3 Estimación de tráfico a 10 años

Para realizar un correcto diseño del sistema, es importante la estimación del tráfico a futuro, ya que con esto se garantiza un buen funcionamiento. Por ejemplo para la oficina Matriz el tráfico actual se encuentra alrededor de los 0.313 Mbps, pero es importante considerar su crecimiento de acuerdo a la duración de la red. Por este motivo se considera la proyección de crecimiento del 3%[1] a diez años, la estimación se hará al tráfico de datos y voz.

La estimación del tráfico se determinara mediante la siguiente ecuación:

$$D_f = D_o(1 + f_c)^n \qquad \text{[ec. 3.2]}$$

[1] Información proporcionada por la empresa de acuerdo a sus ventas.

Donde:

Df = tráfico proyectados a n años

Do = tráfico inicial actual

fc = factor de crecimiento anual

n = número de años

$$D_f = 0.313 \text{ Mbps} * (1 + 0.03)^1$$

$$D_f = 0.322$$

| n | Do [Mbps] | Df [Mbps] |
|---|---|---|
| 1 | 0.313 | 0.322 |
| 2 | 0.313 | 0.332 |
| 3 | 0.313 | 0.342 |
| 4 | 0.313 | 0.352 |
| 5 | 0.313 | 0.363 |
| 6 | 0.313 | 0.374 |
| 7 | 0.313 | 0.385 |
| 8 | 0.313 | 0.396 |
| 9 | 0.313 | 0.408 |
| 10 | 0.313 | 0.421 |

**Tabla 3.9.** Estimación del tráfico a 10 años en la matriz.

| n | Do [Mbps] | Df [Mbps] |
|---|---|---|
| 1 | 0.186 | 0.192 |
| 2 | 0.186 | 0.197 |
| 3 | 0.186 | 0.203 |
| 4 | 0.186 | 0.209 |
| 5 | 0.186 | 0.216 |
| 6 | 0.186 | 0.222 |
| 7 | 0.186 | 0.229 |
| 8 | 0.186 | 0.236 |
| 9 | 0.186 | 0.243 |
| 10 | 0.186 | 0.250 |

**Tabla 3.10.** Estimación del tráfico a 10 años en las sucursales.

En las tablas 3.9 y 3.10 se presenta la estimación del tráfico a 10 años para la matriz y para las sucursales.

Para el diseño de la red de área local de cada agencia se utilizara la tecnología Fast Ethernet, de acuerdo a las tablas 3.9 y 3.10 se determina que el tráfico de la red no sobrepasará el ancho de banda asignado para cada red LAN al cabo de 10 años. Sin embargo es necesario tomar en cuenta que este análisis de tráfico es solo una estimación y dependerá de los cambios tecnológicos y administrativos que sucedan en la empresa BLASA.

### 3.2.2 DISEÑO DE LA RED EN LA AGENCIA MATRIZ

Para realizar el diseño de la red LAN de la Empresa BLASA se utilizará la tecnología Fast Ethernet por las características ya indicadas en el subcapítulo 2.1.5.

Además, al realizar el diseño con la tecnología Fast Ethernet se obtendría algunas ventajas para la empresa como:

- Proporciona una velocidad de transmisión de 100Mbps a menor costo.
- Con esta tecnología es más fácil detectar los problemas que con otras tecnologías, ya que tiene un esquema de cableado en estrella.
- Es una de las tecnologías de redes LAN más introducidas en el mercado ecuatoriano, por lo tanto existen una variedad de accesorios y modelos de equipos, al igual que personal calificado.
- Fast Ethernet permite modificar y manipular de manera más dinámica y eficiente, los anchos de banda y la cantidad de usuarios.

#### 3.2.2.1 Diseño de la Red Pasiva

El cableado físico es uno de los componentes más importantes que se deben tener en cuenta al diseñar una red.

El diseño de la red pasiva contemplará los siguientes subsistemas que son: Área de trabajo, cableado horizontal, cuarto de telecomunicaciones y la infraestructura de entrada/acometida. Para el cableado se utilizará cable UTP categoría 6, que ofrece un ancho de banda de 250 MHz por cada 100 metros, adecuado para las aplicaciones de voz, datos y video. Además, no limita el uso de futuras tecnologías.

##### *3.2.2.1.1 Área de Trabajo*

El diseño comprende la distribución total de los puntos de red. Para la determinación de los puntos de red, se utilizaron los planos arquitectónicos de cada una de la

agencias (Anexo A) y se procedió a ubicarlos de acuerdo al espacio físico existente y a la función que desempeña cada una de ellas.

Las áreas de trabajo están compuestas por un cajetín, jacks y patch cord. Los cajetines deben incluir un faceplate con salida doble y deben estar colocados a 50 [cm] de altura desde el piso. Los jacks que se utilizarán deben ser de color azul (voz) y rojo (datos), de tipo RJ-45 categoría 6 y tendrán un esquema de conexión de acuerdo a la normativa T568B como se muestra en la figura 3.4. Los Patch Cords destinados a las áreas de trabajo, serán de cable UTP categoría 6 con conector RJ-45 y de 7 pies (2.136m) de largo, con lo que se tiene suficiente flexibilidad para conexión entre la salida de telecomunicaciones y la estación de trabajo.

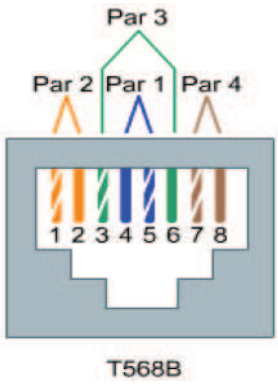


**Figura 3.4.** Esquema de conexión T568B.

En la tabla 3.11 se muestra el número total de elementos de cableado para el área de trabajo.

| Descripción | Cantidad Total |
|---|---|
| Cajetines con salidas dobles | 9 |
| Jacks categoría 6 | 18 |
| Patch Cords | 18 |

**Tabla 3.11.** Elementos de cableado para el área de trabajo en la agencia Matriz.

*3.2.2.1.2 Cableado horizontal*

El cableado horizontal comprende el tipo de topología física y todos los elementos que se necesitan desde el área de trabajo hacia el cuarto de Telecomunicaciones.

La topología física del diseño es estrella ya que cada salida se conecta al cuarto de telecomunicaciones. El medio de transmisión a utilizar de acuerdo a la norma EIA/TIA-568 B.2, es el cable UTP de 4 pares categoría 6.

Para determinar la ruta que seguirá el cableado dentro de cada agencia, se debe ubicar los puntos de red en los planos.

El cálculo del cableado horizontal se lo realiza de la siguiente manera:

1. Ubicar las salidas de información
2. Determinar la ruta del cable
3. Establecer el área a servir por cada cuarto
4. Medir la distancia al punto más lejano
5. Medir la distancia al punto más cercano
6. Sumar las distancias y dividirlas para dos
7. Añadir un 10% de holgura.
8. Añadir la holgura de terminación (2.5 m)
9. El número de corridas será calculado al dividir 305 m. (longitud estándar del rollo de cable), para el resultado de la suma de los literales 7 y 8; aproximar al inmediato inferior. Para obtener el número de rollos necesarios, se divide el número total de salidas de telecomunicaciones para el número de corridas por rollo, aproximando al inmediato superior.

El terminal de red que se encuentra más alejado al cuarto de telecomunicaciones es el punto número 1 y su distancia en metros es de 28.88 metros; el terminal más cercano es el número 3 que esta a una distancia de 17.79 metros. Tal como se puede ver en la figura A-1 del Anexo A

Cálculo del número de corridas y el número de rollos.

Cálculo de la distancia promedio (dp):

$$\mathbf{dp} = \frac{\mathbf{dmax} + \mathbf{dmin}}{\mathbf{2}} = \frac{\mathbf{28.88} + \mathbf{17.79}}{\mathbf{2}} = \mathbf{23.34\ metros}$$

Para cubrir el margen de error que provoca tomar solamente dos medidas se añade un 10% al valor promedio calculado y se añade una holgura de terminación de 2.5 metros.

$$\mathbf{dp'} = (\mathbf{dp} \times \mathbf{1.1}) + \mathbf{2.5m}$$

$$\mathbf{dp'} = (\mathbf{23.34} \times \mathbf{1.1}) + \mathbf{2.5m} = \mathbf{28.17}$$

Cálculo del número de corridas:

$$\#\ de\ corridas = \mathbf{305}m/(dp') = \mathbf{305}m/\mathbf{28.17}m = \mathbf{10}$$

Cálculo del número de rollos:

$$\#\ de\ rollos = (\#\ puntos)/(\#corridas) = \mathbf{18/10} = \mathbf{2}$$

**SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

El sistema de distribución del cableado horizontal que se muestra en la figura3.5, se lo hará mediante canaletas plásticas decorativas para pared y piso, debido a que las agencias no poseen techos ni pisos falsos para el enrutamiento del cable mediante otros métodos de distribución.

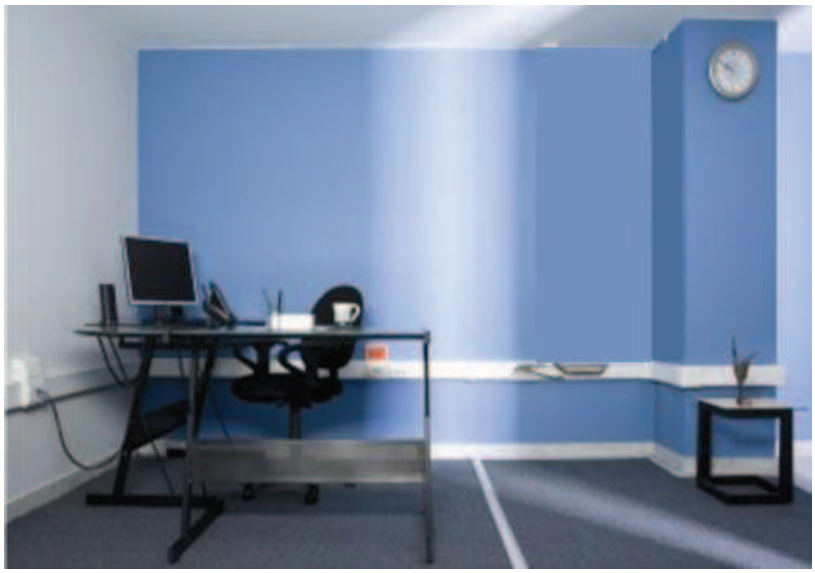

**Figura 3.5.** Sistema de Distribución.

El sistema de canaletas tendrá un rango de ocupación del 30% al 60% de la capacidad máxima dependiendo del radio de curvatura del cable y dejando como mínimo un 40% de espacio para mantener la holgura de los cables.

Para la instalación de las canaletas se deberá incluir la colocación de sus respectivos accesorios tales como: ángulos externos, ángulos internos, uniones y tapas finales; con el fin de garantizar los radios de curvatura y las tensiones mecánicas permitidas por las normas.

*3.2.2.1.3 Cuarto de telecomunicaciones*

La ubicación del cuarto de telecomunicaciones se indica en la figura A-1 del Anexo A. De acuerdo a las especificaciones de la norma ANSI/TIA/EIA 569 A, el cuarto de telecomunicaciones presentará las siguientes características:

- Un cuarto de telecomunicaciones deberá ser como mínimo de 3m x 2.1m
- Colocar los dispositivos de iluminación a 2.6m del piso.
- No existirán tuberías de agua a través (alrededor o sobre) del cuarto de telecomunicaciones.
- El cuarto de telecomunicaciones contará con una barra de puesta a tierra, la cual se conectará mediante un cable 6 AWG (mínimo) al sistema de puesta a tierra de telecomunicaciones (ANSI/TIA/EIA 607). La energía eléctrica será regulada a través de un UPS.

Esta área contiene el Patch Panel y el Rack.

## PACH PANEL

Se utilizará 1 Patch Panel de 24 Jacks categoría 6 para poder cubrir las terminales de red. Cada Patch Panel deberá tener un organizador horizontal de dos unidades de rack (UR)[1], para un adecuado manejo de los Patch Cord de 3 pies de largo que se encargarán de unir el switch con el Patch Panel.

## RACK

El Rack será de tipo abierto por razones económicas y de piso con sus respectivos organizadores horizontales y verticales, tal como se muestra en la figura 3.6.

La altura del Rack será de 24 UR (1.219mt) y 19″ (0.4826mt) de ancho, tendrá dos organizadores verticales, dos organizadores horizontales y una bandeja.

[1] UR: Unidad de Rack y es equivalente a 1.75”

En él se colocarán los equipos regeneradores de señal, Patch Panels, organizadores horizontales y una regleta multitoma polarizada de ocho salidas eléctricas, cada salida eléctrica funciona a 110V.

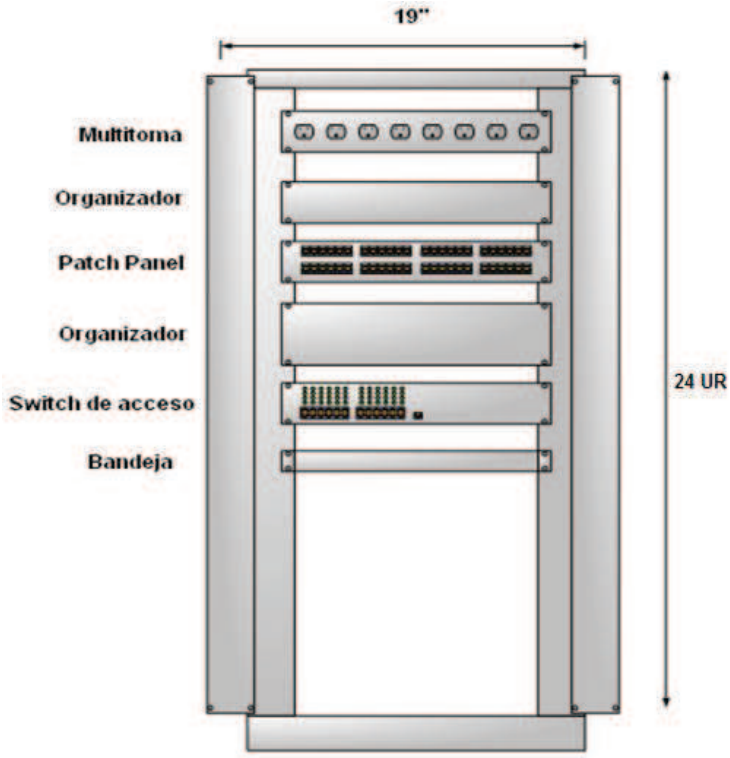


**Figura 3.6.** Distribución del Rack en la matriz.

*3.2.2.1.4 Acceso a la red (entrada/acometida)*

Este subsistema está formado por la conexión al IPS y a la red telefónica pública conmutada. Los proveedores de estos servicios ofrecen la conexión de última milla, pero se deben hacer las adecuaciones de pasamuros para las acometidas.

En resumen los materiales necesarios para la instalación del cableado estructurado se muestran en la tabla 3.12.

| ELEMENTO | CANTIDAD |
|---|---|
| Salidas dobles datos y/o voz y flaceplate | 9 |
| Jack RJ-45 Cat 6 | 18 |
| Patch cord de 3 pies, plug RJ-45 | 18 |
| Patch cord de 7 pies, Plug RJ-45 | 18 |
| Rollos de cable UTP Cat 6 | 2 |
| Rack tipo abierto para piso 19´´ y 24 UR | 1 |
| Patch Panel Cat 6 de 24 puertos RJ-45, 19´´ y 1 UR | 1 |
| Organizador horizontal de 2 UR con canales | 2 |
| Organizador vertical para rack | 2 |
| Bandeja metálica ajustable | 1 |
| Canaletas 60mm x 13 mm | 3 |
| Canaletas 60mm x 40 mm | 8 |
| Canaletas 40mm x 25 mm | 28 |
| Multitoma 4 tomas dobles 110V | 1 |

**Tabla 3.12.** Materiales de cableado estructurado necesarios para la matriz.

#### 3.2.2.2 Diseño de la Red Activa

Los criterios para el desarrollo de la red activa dependen del tráfico que tendrá la red y el número de puntos, analizados en subcapítulos anteriores.

La red activa considera las estaciones de trabajo, los servidores, equipos activos de red y de VoIP.

**Estaciones de Trabajo**

Las estaciones de trabajo interactúan directamente con el usuario de la red y dependen de los servicios de la red. Las características son:

- Modelo CPU Pentium IV
- Memoria RAM de 512 MB
- capacidad de almacenamiento de 80 GB
- Monitor de 17"
- Tarjeta de red 10/100
- Sistema operativo Windows XP
- Unidad de CD-ROM y CDRW

**Servidores**

Los servidores deben ser capaces de cumplir con los requerimientos de disponibilidad y eficacia, debido a que brindan servicios a muchos usuarios finales o clientes. Los servidores deberán poseer las siguientes características:

Intel Core i7

Core I7 920 2.66 Ghz 8 procesadores lógicos

2 Gb, DDR3, 500 Gb, DX58SO, Video VGA - DVI 1 Gb

Monitor LG/Samsung LCD 18,5

Teclado, mouse, parlantes

Los servidores que se necesitan para la empresa Blasa son: servidor WEB, servidor Email que es el encargado de manejar el correo interno; de esta manera los usuarios internos tienen el acceso al correo electrónico desde cualquier sitio que tenga

conexión a internet y el servidor para la base de datos donde se almacenará la información de la empresa.

**Switch de acceso**

Dispositivo que permite conectar las estaciones de trabajo mediante el cableado horizontal. Las características son:

- 24 puertos 10/100 Mbps Autosense
- Conmutación a nivel de capa 2
- Manejo y administración de VLANs (IEEE 802,1Q)
- Velocidad de backplane de 5 Gbps
- Soporte para paquetes de telefonía IP (VoIP)
- Protocolo Spanning tree (802.1 d)
- Identificación de puertos conectados a la red LAN

**Firewall**

Dispositivo de seguridad que inspecciona y controla todo el tráfico entre la red local e internet de tal manera que permite detectar y rechazar el trafico peligroso (hackers o crackers). Optimiza el ancho de banda al controlar el acceso a internet. Las características que debe tener son:

- 1 Puerto LAN 10/100BASE-TX, 1 puerto DMZ 10/100BASE-TX, 1 puerto WAN 10/100BASE-TX
- Filtrado de contenidos

- Gestión de configuración basada en web

**Teléfono IP**

Las características mínimas que debe cumplir los terminales teléfonos IP son:

- Estandares H.323, G.711, G.729 y 802.3
- Puerto de red Ethernet 10/100base-Tx
- Permita llamada en espera y transferencia de llamadas
- Configuración personalizada del terminal

### 3.2.3 DISEÑO DE LA RED PARA LAS SUCURSALES

El diseño de las redes para las sucursales de la empresa BLASA se lo realizará en dos partes, el diseño de la parte pasiva de la red para luego realizar el diseño de la parte activa.

Para el diseño de las redes de área local para las dos sucursales se tomaran las mismas consideraciones que para el diseño de la red de la matriz en lo referente al diseño de la red pasiva y activa, de tal forma que los resultados y la cantidad de elementos se presentaran en tablas.

Debido a que las sucursales básicamente tienen la misma estructura, el diseño de la red se lo hará de manera conjunta.

#### 3.2.3.1 Diseño de la Red Pasiva

La distribución del número de terminales de voz y datos se puede ver en los planos (Anexo A).

Los terminales de red se componen de cajetines que incluyen un faceplate con salida doble, deben estar colocados a una altura razonable del piso. Los jacks serán de color azul (voz) y rojo (datos), de tipo RJ-45 categoría 6 y tendrán un esquema de conexión de acuerdo a la normativa T568B. Los Patch Cords de los terminales de la red serán de cable UTP categoría 6 con conector RJ-45 y 7 ft (2,133 m) de largo.

La tabla 3.13 muestra la cantidad de puntos de red y el número total de elementos necesarios para los terminales de red.

| DESCRIPCIÓN | SUCURSALES | | TOTAL |
|---|---|---|---|
| | *Latacunga* | *Ambato* | |
| Punto de Datos | 5 | 5 | 10 |
| Puntos de Voz | 5 | 5 | 10 |
| Cajetines con salida doble | 5 | 5 | 10 |
| Jacks Cat.6 | 10 | 10 | 20 |
| Patch cord | 10 | 10 | 20 |

**Tabla 3.13.** Diseño de las áreas de trabajo en las sucursales.

A continuación se presentan los resultados del diseño del cableado horizontal para las sucursales, el cual consiste en determinar la cantidad de cable UTP Cat.6 y canaletas que se necesitan en cada sucursal, se dimensionó midiendo las distancias que existe entre cada uno de los intervalos de los puntos indicados en los planos del anexo A-2, por tratarse de pocas terminales de red.

La tabla 3.14 muestra los resultados totales para el cableado horizontal.

| ELEMENTOS | Unidad | SUCURSALES | | TOTAL[1] (voz + datos) | Cantidad Total para cada sucursal |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Latacunga* | *Ambato* | | |

[1] Suma total del cable UTP incluido un 10% de holgura y 2.5m para el cuarto de telecomunicaciones.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Cable [metros]*** | salida doble 1 | m | 3.73 | 3.73 | 7.46 | 111.58 |
| | salida doble 2 | m | 9.58 | 9.58 | 19.16 | |
| | salida doble 3 | m | 12.56 | 12.56 | 25.12 | |
| | salida doble 4 | m | 14.18 | 14.18 | 28.36 | |
| | salida doble 5 | m | 15.74 | 15.74 | 31.48 | |
| ***Canaletas*** | 40mm x 25mm | 2m | 24.91 | 24.91 | 49.82 | 26 |
| | 60mm x 13mm | 2m | 3.70 | 3.70 | 7.4 | 4 |

**Tabla 3.14.** Cantidad total de cable UTP y canaletas.

| ELEMENTOS | Unidad | CANTIDAD | | Total |
|---|---|---|---|---|
| | | Latacunga | Ambato | |
| Salidas dobles datos y/o voz y faceplate | c/u | 5 | 5 | 10 |
| Jack RJ-45 Cat 6 | c/u | 10 | 10 | 20 |
| Patch cord de 3 pies, plug RJ-45 | c/u | 10 | 10 | 20 |
| Patch cord de 7 pies, Plug RJ-45 | c/u | 10 | 10 | 20 |
| Rollos de cable UTP Cat 6 | c/u | | | 1 |
| Rack de pared 19´´ y 24 UR | c/u | 1 | 1 | 2 |
| Patch Panel Cat 6 de 24 puertos RJ-45, 19´´ y 1 UR | c/u | 1 | 1 | 2 |
| Organizador horizontal de 1 UR con canales | c/u | 2 | 2 | 4 |
| Organizador vertical para rack | c/u | 2 | 2 | 4 |
| Bandeja metálica ajustable | c/u | 1 | 1 | 2 |
| Canaletas 60mm x 13 mm | 2m | 2 | 2 | 4 |
| Canaletas 60mm x 16 mm | 2m | 13 | 13 | 26 |
| Multitoma 4 tomas dobles de 110V | c/u | 1 | 1 | 2 |

**Tabla 3.15.** Materiales necesarios para el cableado estructurado de las sucursales.

Se utilizará un Patch Panel de 24 Jacks categoría 6, para poder cubrir la demanda actual y futura de las terminales de red. El Rack que se utilizará será abierto de piso, tendrá un ancho de 19 pulgadas y 24 UR de altura.

El acceso al servicio de internet desde las sucursales será a través de la matriz, lo que no sucede con el servicio de la telefonía pública, por tal razón es necesario hacer las adecuaciones de pasamuros para la acometida.

La tabla 3.15 muestra un resumen de los materiales necesarios para la instalación del cableado estructurado en las dos sucursales.

#### 3.2.3.2 Diseño de la Red Activa

Los equipos necesarios son teléfonos IP, estaciones de trabajo y switches de 24 puertos. Las características de estos equipos son similares a los utilizados en la matriz.

## 3.3 DISEÑO DE LA RED WAN

### 3.3.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

En todo diseño de red WAN se presentan dos alternativas que están basadas en:

- Infraestructura propia.
- Infraestructura de *carrier*.

La primera alternativa es realizar un diseño que permita tener una infraestructura propia para BLASA, esto implica realizar en primer lugar un análisis de costos.

En cambio en la segunda alternativa es el diseño utilizando una infraestructura de un carrier o portador de servicios de datos, por tratarse de un portador de servicios cuenta con una infraestructura propia a nivel nacional.

#### 3.3.1.1 UTILIZANDO INFRAESTRUCTURA PROPIA DE BLASA

Para la posibilidad de instalar una red mediante infraestructura propia, se debe considerar que todos los recursos humanos y físicos serán provistos por BLASA de manera que tendrá un departamento exclusivo sólo para la administración de la red, proporcionando un ambiente seguro.

Para tener una infraestructura propia se considera las siguientes alternativas: con tecnología VSAT (Very Small Aperture Terminals) y mediante una red inalámbrica.

Los sistemas VSAT son redes de comunicación por satélite que permiten el establecimiento de enlaces hacia múltiples destinos, utilizando un único punto de conexión (estación maestra) mediante el direccionamiento en el sistema de gestión de la red. Además, se elimina el problema de la última milla.

Estas redes VSAT ofrecen enlaces para clientes que requieren redes de punto a multipunto mediante enlaces dedicados, confiables y privados de comunicación.

La desventaja de este tipo de red, es el costo del sistema satelital. Este tipo de infraestructura conlleva a una fortísima inversión en lo que se refiere a la adquisición de las antenas receptoras y al satélite mismo que será el punto crítico de la red. Además las redes VSAT se enfocan principalmente para áreas de gran cobertura, es decir que, para cubrir nuestras necesidades se estaría sobre dimensionando y desperdiciando recursos de la misma.

Para implementar una red inalámbrica que cubra los sitios donde se encuentran localizadas las agencias de BLASA se tendría que instalar toda la infraestructura necesaria. Para ello es necesario realizar inspecciones a los lugares, pruebas de campo de las antenas, etc. Este tipo de trabajo resulta innecesario, ya que para realizar las tareas descritas anteriormente, se necesita de una fuerte inversión por parte BLASA. Además, se necesita que esté en constante vigilancia de los equipos que serían instalados en las radio bases.

Los principales aspectos para la implementación de este tipo de infraestructura son: el terreno a ocupar por la torre, mantenimiento de las torres, legalizar la red privada y la configuración de equipos, así como la administración del software.

De este análisis se desprende que no es conveniente para BLASA invertir y adquirir una infraestructura propia, básicamente porque el costo inicial y el proceso de mantenimiento de la infraestructura son elevados.

#### 3.3.1.2 UTILIZANDO INFRAESTRUCTURA DE UN CARRIER

La mejor opción en función del costo-beneficio para BLASA resulta ser la utilización de la infraestructura de un carrier o portador, porque se trata de un servicio prestado por una empresa, cuyo núcleo de negocio y especialidad es la prestación de este servicio, en donde el cliente no se preocupa del mantenimiento de los enlaces y de las radio bases instaladas, tampoco de la configuración de los equipos, lo único que debe ser supervisado constantemente es que el enlace permanezca siempre funcionando.

El carrier tiene servicios de transmisión de datos y ofrece su tecnología en función del costo y necesidades del cliente, el carrier se encarga del transporte de datos desde un punto a otro mediante su infraestructura y el precio de sus enlaces está en función de la velocidad a transmitir y distancia.

Por otro lado, existe la ventaja de que la respuesta ante fallas de la red es mejor que con la infraestructura propia, debido a que al pagar los servicios de un carrier este está en la obligación de dar solución, además al ser una empresa dedicada al transporte de datos, ésta brinda redundancia en sus enlaces, mejorando la disponibilidad del servicio.

Por todo lo expuesto anteriormente, la solución recomendada para la infraestructura de la red WAN es la contratación de una empresa de servicios portadores.

*3.3.1.2.1 Proveedor de Servicio Frame Relay*

Para seleccionar a un proveedor de servicio, se debe considerar a las empresas que están autorizadas, que ofrezcan cobertura en los sitios que se requiere comunicación y la tecnología requerida, así como el costo y las facilidades al momento de implementar soluciones de datos y voz.

En la tabla 3.16 se muestra las dos operadoras que ofrecen servicios Frame Relay, así como el número de usuarios y enlaces que disponen estas operadoras.

Es el CONATEL y la SUPERTEL las entidades de controlar y regular este tipo servicio en el Ecuador.

| OPERADORA | COBERTURA | NÚMERO DE USUARIOS | NÚMERO DE ENLACES | ACTUALIZADO |
|---|---|---|---|---|
| **CNT S.A** | Territorio Nacional | 151.151 | 131.922 | 31-dic-09 |
| **CONECEL S.A** | Territorio Nacional | 144 | 1.204 | 31-dic-09 |

**Tabla 3.16.** Empresas que ofrecen servicios Frame Relay[12][10].

De estas dos operadoras se considerará a la CNT S.A por su bajo costo. En el anexo B se muestra la propuesta de las dos operadoras.

### 3.3.2 DISEÑO DE LA RED DE DATOS Y VOZ

El diseño a desarrollarse para la Empresa Blasa tiene como objetivo principal interconectar las sucursales de Ambato y Latacunga con la matriz ubicada en la ciudad de Quito, mediante la tecnología Frame Relay, por las razones ya descritas en el numeral 2.2.4.

### 3.3.2.1 Topología de la red

Dado que las aplicaciones de toda la red corren en los servidores que se ubicarán en la matriz, la topología que se considerará para el diseño será tipo estrella. Este tipo de topología minimiza el número de PVC y el resultado es un diseño de bajo coste. La topología de la WAN incluye la topología física y lógica.

En la figura 3.7 se muestra la topología tipo estrella, en esta configuración las sucursales de Latacunga y Ambato enviaran sus datos al punto central de la matriz en Quito. En relación al tráfico de Internet, la matriz permitirá el acceso a este servicio a todas las sucursales, ya que es en ese sitio donde existirá el punto de conectividad hacia el ISP.

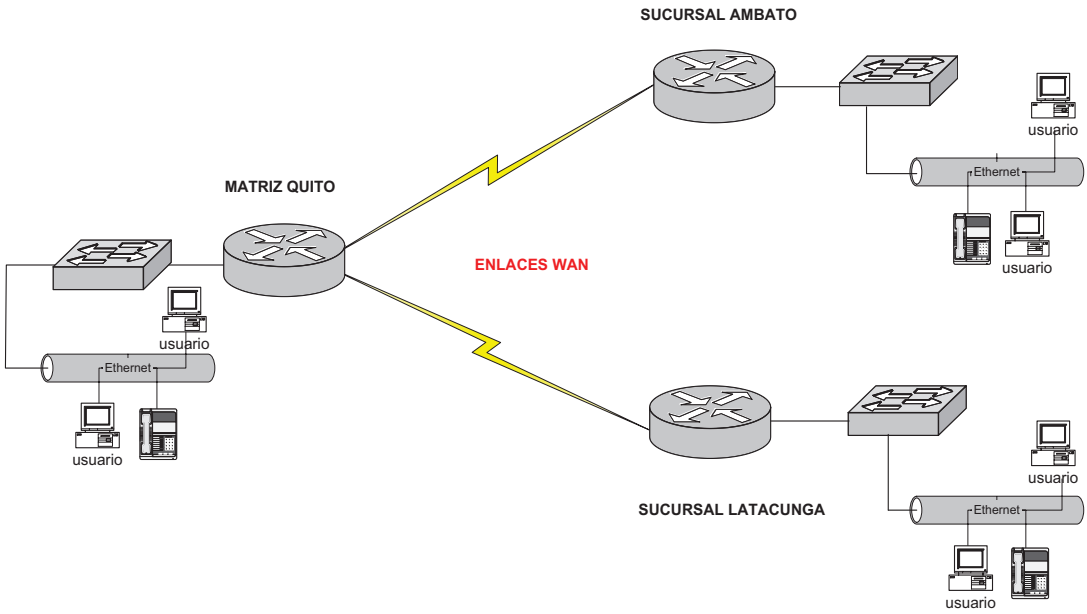


**Figura 3.7.** Topología tipo estrella.

El operador de servicios de telecomunicaciones puede ser un ISP y también un *carrier*, es decir, está en capacidad de conectar al Internet a los usuarios finales y ser el responsable del transporte de datos de los usuarios mediante sus redes troncales.

Para el presente proyecto el proveedor representa al operador que a más de proveer el servicio de *carrier* ofrece el servicio de Internet.

La principal ventaja de una topología en estrella es su facilidad de gestión, ya que, se dispone de una administración centralizada. Sin embargo, la desventaja de esta topología es que el router de núcleo es el punto crítico considerando su posible avería.

#### 3.3.2.2 Consideraciones de diseño

Los aspectos de diseño relacionados con Frame Relay y con QoS (para VoIP sobre Frame Relay) son los siguientes [13]:

##### *3.3.2.2.1 Fiabilidad del Nivel Físico*

Frame Relay es una tecnología que asume en el nivel físico medios de transmisión confiables con una tasa baja de errores, como la fibra óptica o cobre. Para mantener bajas tasas de error en VoIP sobre Frame Relay.

##### *3.3.2.2.2 CIR (commited information rate) en comparación con la velocidad*

El ancho de banda disponible para un circuito Frame Relay se describe en función de la velocidad de puerto y CIR, tal como se muestra en la figura 3.8.

La velocidad del puerto se refiere a la velocidad de la interfaz de acceso, que conecta el router del acceso remoto con el puerto físico de un switch Frame Relay en la red del proveedor.

Para mejorar la calidad de servicio en el tráfico de datos y voz a través de una red frame Relay es indispensable no superar la CIR, para lograr esto se considera lo siguiente:

- Contratar un CIR igual a la velocidad de puerto.
- Hacer uso del modelado de tráfico en el router para que no permita que entre a la red del proveedor tráfico que sobrepase el CIR.

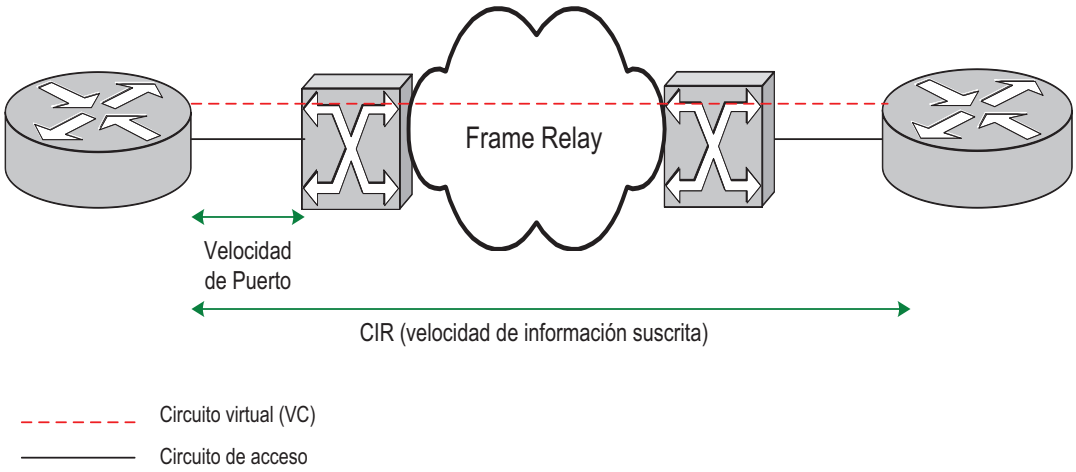


**Figura 3.8.** Relación existente entre velocidad de puerto y CIR en Frame Relay.

#### *3.3.2.2.3 Bit DE*

Al usar el bit DE (posible para descarte) se mejora la calidad de voz, porque se activa el bit DE solo en las tramas de datos con el objetivo de que en caso de congestión, sean estas las descartadas en lugar de las tramas de voz.

#### *3.3.2.2.4 Modelado del Tráfico*

El objetivo del modelado de tráfico en Frame Relay es permitir al router mantener el control sobre el momento en que se debe almacenar o descartar las tramas cuando

la carga de tráfico supere el CIR. Caso contrario, el proveedor de la red podrá descartar o retrasar de forma aleatoria las tramas que superen el CIR.

#### *3.3.2.2.5 Fragmentación e Intercalado en Frame Relay*

La fragmentación de las tramas de datos reduce el retardo que puede sufrir una trama de voz.

Si una trama de datos llega a una interfaz para ser transmitida antes de una trama de voz, esta es dividida en fragmentos, en donde cada fragmento es encolado para su transmisión, pero si llega una trama de voz esta será encolada en primer lugar para su envió, detrás del fragmento que está siendo enviado en ese momento.

### 3.3.2.3 Rendimiento de las redes Frame Relay

El efecto de la transmisión simultánea a varios accesos remotos, es la preocupación fundamental en el cálculo del ancho de banda y número de PVCs necesarios para tener una red viable. Por lo que se consideran los requisitos de ancho de banda máximo, el CIR y la gestión de tráfico de múltiples protocolos.

- **Determinación de la velocidad máxima.-** Las métricas utilizadas para determinar el ancho de banda Frame Relay son: CIR, Bc, y Be. El cálculo de estas métricas, se basa en la velocidad real de la línea física. Los valores máximos no pueden superar la velocidad máxima del enlace. Además, las características de la aplicación influirán en las métricas en base al tipo de servicio.
- **CIR.-** Es el ancho de banda garantizado que el servicio de Frame Relay proporciona para cada PVC en el enlace físico. Esta métrica influye en la capacidad de cumplir los niveles de servicio para las aplicaciones. Al no ser

calculado correctamente, el rendimiento de la red es pobre y no cumple con los niveles de servicio.

- **Gestión de tráfico de múltiples protocolos.-** La compatibilidad con múltiples protocolos a través de conexiones de Frame Relay exige pensar en la gestión del tráfico.

  Con la creación de interfaces virtuales en una interfaz física, se logra utilizar todas las funciones de ajuste, generación de informes y gestión de los ordenadores de interfaz para cada PVC individual. Lo que genera un mejor rendimiento y gestión.

#### 3.3.2.4 Dimensionamiento de la red WAN

Para el dimensionamiento de la capacidad del enlace se debe partir del tráfico de mayor prioridad como es: la VoIP, acceso a la base de datos, correo electrónico y acceso a internet.

##### *3.3.2.4.1 Cálculo de la capacidad del canal para tráfico de voz*

Un punto fundamental en el diseño de redes para el transporte de voz sobre IP (VoIP), es el cálculo de la capacidad de canal requerida para las llamadas de voz.

La capacidad de canal requerida para las llamadas de voz depende del codificador, opciones de compresión y del protocolo de capa 2 que se van a utilizar en la red.

El formato del paquete de VoIP está formado por IP, UDP, RTP y el payload, el cual depende del tipo de codificador. Tal como se muestra en la figura 1.4.

La capacidad requerida para cada llamada se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad por llamada} = \text{Tamaño total del paquete} \times \text{pps}$$

Donde se tiene:

$$(_{\text{DEL}}\text{PAQUETE}^{\text{TAMAÑO TOTAL}} = \textbf{header de capa 2 (FR)} + \textbf{header(IP + UDP + RTP)} + \textbf{payload de voz}$$

En la tabla 1.3 se muestra los codecs mas utilizados, de los cuales se considera el G.729, ya que brinda una mejor calidad de voz y un ancho de banda relativamente bajo; además, es el más utilizado para aplicaciones de VoIP por presentar un buen factor de calidad de audio (MOS).

Para reducir la capacidad requerida por una llamada G.729, se puede utilizar cRTP, el cual permite comprimir el header IP/UDP/RTP de 40 bytes a 2 o 4 bytes. Esto es beneficioso para enlaces de baja capacidad.

El tamaño del header de capa 2 es de 6 bytes por tratarse de Frame Relay.

$$\text{Tamaño total del paquete} = 6 \text{ bytes} + 2 \text{ bytes} + 20 \text{ bytes} = 28 \text{ bytes}$$

$$\textbf{Tamaño total del paquete} = \textbf{28 bytes x} \frac{\textbf{8 bits}}{\textbf{1 byte}} = \textbf{224 bits}$$

Para determinar la capacidad por llamada es necesario determinar la tasa de paquetes por segundo generado por el códec (pps).

pps = *bit rat*e códec / payload

$$\text{pps} = 8 \text{ kbps (codec bit rate g.729)} / 160 \text{ bits} = 50 \text{ pps}$$

$$\text{Capacidad por llamada} = 224 \text{ bits x } 50 \text{ pps} = 11.2 \text{ Kbps}$$

La capacidad del enlace para la transmisión de voz, tomando en cuenta el cálculo de los canales de voz calculados en la sección 3.2.1.2.

$$\textbf{Capacidad Total} = \text{canal de voz} \times \text{capacidad por llamada}$$

$$\textbf{Capacidad Total} = 2 \times 11.2\text{Kbps} = 22.4 \text{ Kbps}$$

#### *3.3.2.4.2 Cálculo de la capacidad del canal de datos y cálculo del CIR*

Conocer el tráfico que se difundirá por la red Frame Relay es fundamental para el cálculo de la capacidad del canal de datos.

Para el dimensionamiento de la capacidad de los enlaces requeridos, se procede a calcular el ancho de banda de las siguientes aplicaciones: acceso a la Base de datos, correo electrónico y el acceso a Internet.

| Enlaces | Número de Usuarios | Capacidad/usuario [Kbps] | Capacidad Total [Kbps] |
|---|---|---|---|
| Quito - Latacunga | 4 | 24 | 96 |
| Quito - Ambato | 4 | 24 | 96 |

**Tabla 3.17.** Capacidad para el acceso a la Base de Datos.

El acceso a una Base de Datos por usuario ocupa aproximadamente una capacidad de 24 Kbps. Esta capacidad es utilizada por los usuarios que se encuentran

accediendo a la Base de Datos de manera remota. Para el cálculo de cada enlace, se considera a los usuarios que acceden a la Base de Datos de cada sucursal.

En la Tabla 3.17 se muestra la capacidad que cada enlace requiere para el acceso a la base de datos ubicada en la matriz.

La capacidad que consumen los servicios de internet y correo electrónico, es aproximadamente de 8 Kbps por usuario.

| Enlaces | Número de Usuarios | Capacidad/usuario [Kbps] | Capacidad Total [Kbps] |
|---|---|---|---|
| Quito - Latacunga | 4 | 8 | 32 |
| Quito - Ambato | 4 | 8 | 32 |

**Tabla 3.18.** Capacidad para el correo electrónico y acceso a Internet.

La tabla 3.18 muestra la capacidad de cada enlace requerida para el correo electrónico y el acceso a internet.

Para el cálculo del enlace a ser contratado para el acceso al Internet se debe considerar el número total de usuarios que tendrán acceso simultáneo al servicio por medio de una computadora. El número de usuarios simultáneos considerado es de 16 y como la conexión al servicio de internet desde una computadora con un usuario promedio será de 8 Kbps, esto nos da un total de 128 Kbps, pero para cubrir con el requerimiento de voz sobre IP se contratara el valor de 512 Kbps, con lo que se garantiza llamadas de alta calidad a través de internet.

La capacidad total requerida se obtiene de la integración de todas las aplicaciones de datos, tal como se muestra en la tabla 3.19.

| Enlaces | Base de Datos [Kbps] | e-mail y Acceso a Internet [Kbps] | Capacidad Total [Kbps] |
|---|---|---|---|
| Quito - Latacunga | 96 | 32 | 128 |
| Quito - Ambato | 96 | 32 | 128 |

**Tabla 3.19.** Ancho de Banda Total requerido por las aplicaciones de datos.

Se debe considerar el overhead generado cuando se realiza la transmisión de datos, por lo que se tiene un ancho de banda real para datos que dependerá del factor a calcularse. Este factor se obtiene dividiendo la longitud del paquete con el overhead para la longitud del paquete sin overhead, la longitud del paquete va a depender de la tecnología que se esté utilizando en este caso Frame Relay, el tamaño de la trama se escoge de 500 Bytes .

$$\textbf{factor} = \frac{\textbf{longitud del paquete con overhead}}{\textbf{longitud del paquete sin overhead}}$$

$$\textbf{factor} = \frac{506}{500} = 1.01$$

$$\textbf{Capacidad real del canal de datos} = \textbf{capacidad del canal de datos} \times \textbf{factor}$$

$$\textbf{Capacidad real del canal de datos} = 128 \times 1.01 = 129.28 \text{ Kbps}$$

La CIR se la calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\textbf{CIR} = \textbf{Capacidad de voz} + \textbf{Capacidad del canal de datos}$$

$$\textbf{CIR} = 22{,}4 \text{ Kbps} + 129.28 = 151.68 \text{ Kbps}$$

Como 151.68 Kbps no es un valor estándar se tomará un CIR de 256 Kbps.

Tc es un intervalo de tiempo variable, generalmente este Tc tiene un valor de 1 segundo para los operadores de red.

$$\mathbf{CIR} = \frac{\mathbf{B_c}}{\mathbf{T_c}}$$

Por lo que CIR=Bc

$$\frac{\boldsymbol{CIR}}{\boldsymbol{Bc}} = \frac{256}{256}\ \mathbf{Kbps}$$

#### 3.3.2.5 Esquema de Direccionamiento

##### *3.3.2.5.1 Asignación de DLCI*

Las subinterfaces son una característica de la tecnología Frame Relay que permiten ver una sola conexión física como múltiples interfaces virtuales. La utilización de subinterfaces permite al ruteador aplicar atributos de interfaz virtual. Estas subinterfaces tienen direcciones de red diferentes para cada interfaz virtual y, por tanto, para el protocolo de enrutamiento parecen interfaces distintas.

Cada circuito virtual dispone de un identificador en sus extremos, denominado DLCI. Los DLCI tienen importancia local, es decir, que los valores en sí no son únicos en la red WAN Frame Relay, ya que, dos dispositivos conectados por un circuito virtual podrían utilizar un valor DLCI distinto para referirse a la misma conexión.

Los DLCI utilizan 10 bits por lo cual se tiene 1024 posibilidades, sin embargo ciertas direcciones son reservadas. Para el direccionamiento en Frame Relay se utiliza el rango 16-1007. En la figura 3.9 se muestra la distribución de los PVC así como de los DLCI asignados.

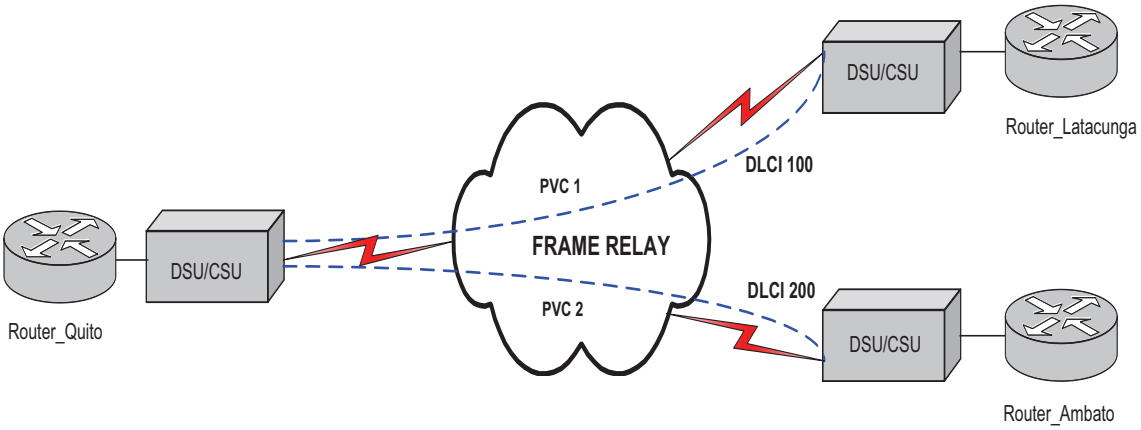


**Figura 3.9.** Asignación de PVC`s y DLCI.

La asignación de un DLCI en Frame Relay se realiza de forma estática o dinámica.

- **Asignación Estática:** Es posible configurar una asignación estática en forma manual para un DLCI específico. La asignación estática se utiliza si el router en el otro extremo no admite el ARP inverso.
- **Asignación Dinámica:** Usa ARP. Por defecto, si se configura en un extremo DTE un circuito virtual, el protocolo ARP inverso automáticamente busca el circuito virtual y se enlaza sin hacer una configuración manual en el otro extremo, para evitar esto debemos deshabilitar el ARP-inverso.

#### *3.3.2.5.2 Direccionamiento IP*

El esquema de direccionamiento IPv4 es dividido en cinco clases identificadas por el primer bit de la dirección. Las clases de direcciones IP unicast son: Clase A, Clase B y Clase C. Las direcciones IP de clase D son multicast y las direcciones IP de clase E son reservadas.

Las direcciones IP asignan un número lógico único a un dispositivo o interfaz de red. Este número de 32 bits es dividido en 4 grupos de 8 bits, que ayudan a especificar los bits que son para direcciones de red y para direcciones de host, tal como se muestra en la tabla 3.20.

| CLASE | Bits de Inicio | DIRECCIONES DISPONIBLES | | | | | | | | CANTIDAD DE REDES | CANTIDAD DE HOST | APLICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | DESDE | | | | HASTA | | | | | | |
| A | 0xxxxxxx | Red | Host | Host | Host | Red | Host | Host | Host | 128 | 16777214 | Redes Grandes |
| | | 0. | 0. | 0. | 0 | 127. | 0. | 0. | 0 | | | |
| B | 10xxxxxx | Red | Red | Host | Host | Red | Red | Host | Host | 16384 | 65534 | Redes Medianas |
| | | 128. | 0. | 0. | 0 | 192. | 255. | 0. | 0 | | | |
| C | 110xxxxx | Red | Red | Red | Host | Red | Red | Red | Host | 2097152 | 254 | Redes Pequeñas |
| | | 192. | 0. | 0. | 0 | 223. | 255. | 255. | 0 | | | |
| D | 1110xxxx | 224.0.0.1 | | | | 239.255.255.255 | | | | No aplica | No aplica | Multicast |
| E | 1111xxxx | 240.0.0.0 | | | | 254.255.255.255 | | | | No aplica | No aplica | Investigación |

∗ x puede ser 1 o 0, dependiendo del direccionamiento
∗∗ Las direcciones 0.0.0.0 y 127.0.0.0 son reservadas para propósitos especiales

**Tabla 3.20.** Clases de Direcciones de Ipv4.

Todo este espacio de direcciones, se puede clasificar en direcciones públicas y direcciones privadas. Las direcciones públicas son utilizadas para interconectar redes que forman parte de la red Internet y las direcciones privadas son reservadas especialmente para uso de empresas en su red privada y están detalladas en el RFC 1918.

En la tabla 3.21 se muestran los tres bloques de la dirección IP para uso interno y privado, asignado por el RFC 1918.

Para el presente diseño se puede utilizar cualquiera de las direcciones de la tabla 3.22, para cada una de las redes, e incluso se puede optimizar si se utiliza una sola dirección y se la divide, es decir creando subredes.

| CLASE | PRIMERA DIRECCIÓN | ÚLTIMA DIRECCIÓN |
|---|---|---|
| A | 10.0.0.0 | 10.255.255.255 |
| B | 172.16.0.0 | 172.31.255.255 |
| C | 192.168.0.0 | 192.168.255.255 |

**Tabla 3.21.** Intervalo de Direcciones IP privadas.

Para crear las subredes se deben tomar los bits de la porción de host de la dirección IP y reservarlos para definir la dirección de la subred. Por lo tanto para crear la subred se deben tomar en cuenta los siguientes pasos:

1. Determinar el número de direcciones IP de red requeridas:
   - Una para cada LAN
   - Una para cada conexión WAN

2. Determinar el número de direcciones IP de hosts para cada subred:
   - Una para cada host TCP/IP
   - Una para cada interfaz del router

3. Basados en los pasos anteriores, se debe crear lo siguiente:
   - Una máscara de subred para cada subred
   - Una única dirección IP de red para cada segmento físico
   - Un rango de direcciones IP host para cada subred

## MÁSCARA DE SUBRED

Para poder crear subredes, cada equipo en la red debe saber que parte de dirección de host usará como dirección de subred y eso se lo realiza por medio de la máscara de subred.

La máscara de subred es una secuencia de 32 bits compuesta de números 1s y 0s, la cual permite a un dispositivo de capa 3 distinguir en una dirección IP, la parte de red y la parte de host. Los 1s en la máscara de subred representan la posición que se refiere a las direcciones de red o subred. No todas las redes necesitan ser divididas en subredes utilizando la máscara de subred ya que dependiendo a qué clase pertenezcan, ellas ya poseen una máscara por defecto, tal como se muestra en la tabla figura 3.22.

| CLASE | FORMATO | Máscara de Red (binario) | Máscara de Red |
|---|---|---|---|
| A | red.host.host.host | 11111111.00000000.00000000.00000000 | 255.0.0.0 |
| B | red.red.host.host | 11111111.11111111.00000000.00000000 | 255.255.0.0 |
| C | red.red.red.host | 11111111.11111111.11111111.00000000 | 255.255.255.0 |

**Tabla 3.22.** Máscaras de red por defecto.

## VLSM (Variable Length Subnet Mask)

A diferencia del subneteo (subnetting) que genera una máscara común (fija) y cantidad de hosts iguales a todas las subredes, el proceso de VLSM toma una dirección de red o subred y la divide en subredes más pequeñas adaptando las máscaras según las necesidades de hosts de cada subred, generando una máscara diferente para las distintas subredes de una red. Esto permite un mejor aprovechamiento y optimización del uso de direcciones.

| Formato | Máscara (Clase C) 255.255.255. | Host | Tamaño de la subred |
|---|---|---|---|
| /26 | .192 | 62 | 64 |
| /27 | .224 | 30 | 32 |
| /28 | .240 | 14 | 16 |
| /29 | .248 | 6 | 8 |
| /30 | .252 | 2 | 4 |

**Tabla 3.23.** Tamaños de subredes para una red clase C.

Para crear VLSM rápidamente, se necesita entender cómo el tamaño de la subred y el esquema (números de host por red) trabajan juntos para crear las máscaras VLSM.

La Tabla 3.23 muestra los distintos tamaños de subred usados cuando se utiliza VLSM en una red de clase C.

#### *3.3.2.5.3 Diseño del esquema de direccionamiento*

En el presente diseño se va a escoger la dirección IP de red Clase C 192.168.1.0, a la cual se la va a dividir (subnetting) utilizando VLSM. En la tabla 3.24 se resumen los requerimientos para poder realizar el esquema de direccionamiento.

| RED | DESCRIPCION | Número Host/Red | Tamaño de la subred | Rango de Host | Formato | Máscara |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Quito | 18 | 32 | 192.168.1.0 a 192.168.1.31 | /27 | .224 |
| B | Latacunga | 10 | 16 | 192.168.1.32 a 192.168.1.47 | /28 | .240 |
| C | Ambato | 10 | 16 | 192.168.1.48 a 192.168.1.63 | /28 | .240 |
| D | Enlace Quito-Latacunga | 2 | 4 | 192.168.1.64 - 192.168.1.67 | /30 | .252 |
| E | Enlace Quito-Ambato | 2 | 4 | 192.168.1.68 - 192.168.1.71 | /30 | .252 |

**Tabla 3.24.** Identificación de la máscara para cada subred.

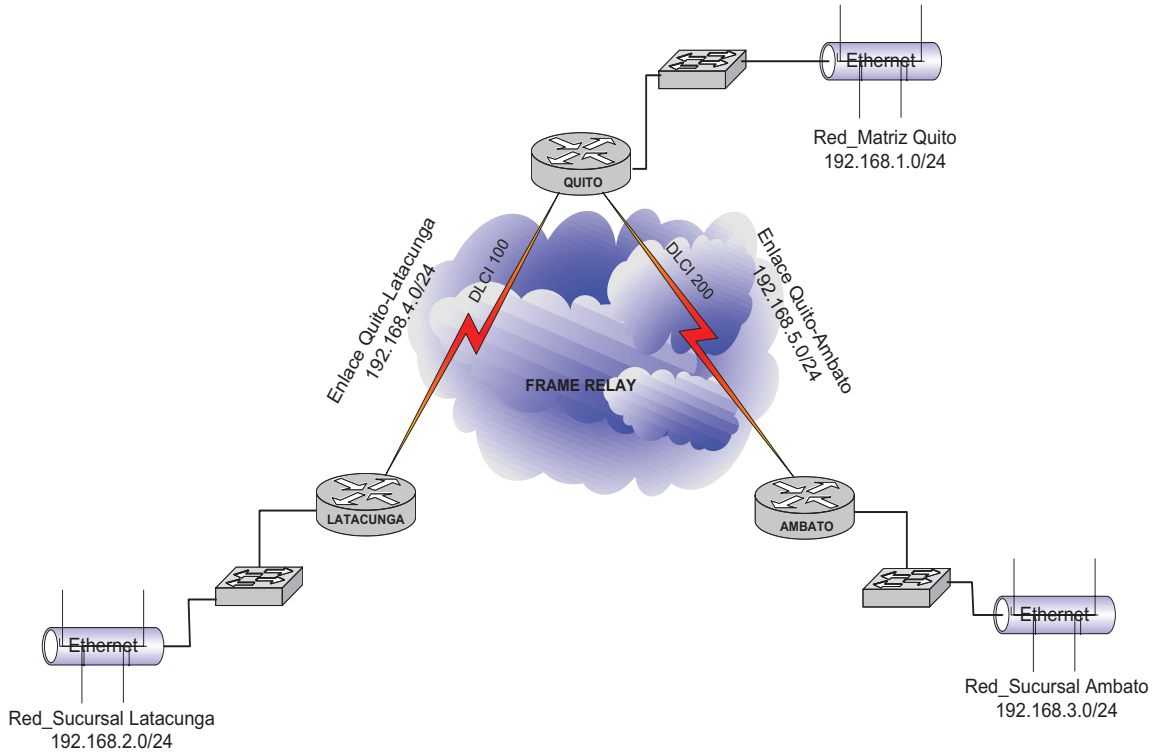


**Figura 3.10.** Esquema de direccionamiento sin VLSM.

Para el diseño se puede ocupar una dirección clase C para cada una de las redes (Quito, Latacunga, Ambato y enlaces WAN) como se indica en la tabla 3.25.

| RED | DESCRIPCION | Dirección de Red | Máscara de subred | Número de Host |
|---|---|---|---|---|
| A | Quito | 192.168.1.0 | 255.255.255.0 | 256 |
| B | Latacunga | 192.168.2.0 | 255.255.255.0 | 256 |
| C | Ambato | 192.168.3.0 | 255.255.255.0 | 256 |
| D | Enlace Quito-Latacunga | 192.168.4.0 | 255.255.255.0 | 256 |
| E | Enlace Quito-Ambato | 192.168.5.0 | 255.255.255.0 | 256 |

**Tabla 3.25.** Direccionamiento IP con clase C sin VLSM.

Como se va a utilizar las direcciones públicas, en el diseño también se puede ocupar el espacio de direcciones que ofrece cada una de las clases, es decir sin realizar VLSM.

En la figura 3.10 se indica el esquema de direccionamiento, sin aplicar VLSM, ocupando el espacio de direcciones de una dirección clase C. Además, se describen las redes de área locales y las direcciones que se ocuparán para los enlaces desde las sucursales hasta la Matriz situada en la ciudad de Quito.

#### 3.3.2.6 Protocolo de Enrutamiento

Un protocolo de enrutamiento es el esquema de comunicación entre routers, permite que un router comparta información de enrutamiento con otros routers. Dicha información se usa para construir y mantener las tablas de enrutamiento. Estas tablas brindan la información sobre cual interfaz del equipo se alcanza con una dirección de red determinada, incluyendo además ciertos criterios de selección de rutas y las métricas asociadas con dichas rutas.

Los protocolos de enrutamiento usan métricas para determinar el mejor camino hacia la red destino, estas pueden ser: número de saltos, ancho de banda, retardo, costo.

Las tablas de rutas pueden formarse por enrutamientos estáticos, dinámicos o híbridos (características de vector-distancia y estado de enlace).

El enrutamiento estático es la forma más simple de enrutamiento y se recomienda utilizarlo en redes pequeñas en las que existan pocos ruteadores, o en redes que tengan un esquema de direccionamiento simple. El enrutamiento estático es simple y fácil de implementar y de determinar problemas de enrutamiento.

El enrutamiento dinámico proporciona a los ruteadores la información de redes alcanzables proporcionada por los equipos vecinos con los que se intercambia información de ruteo. Ya que la información se obtiene periódicamente, los equipos

pueden reaccionar a las caídas de enlaces y proporcionar rutas alternas para el transporte de datos.

Los protocolos de enrutamiento dinámico se clasifican en dos categorías principales: protocolos de vector distancia y protocolos de estado de enlace.

El vector – distancia hace llamadas a los routers vecinos para intercambiar periódicamente sus tablas de rutas, pero no permite que tenga un conocimiento global de la topología de la red. Por el contrario, en los protocolos de estado de enlace cualquier cambio de la topología de la red se hace conocer a todos los routers.

En la tabla 3.26 se muestra una comparación entre los protocolos de enrutamiento más utilizados.

| | PROTOCOLOS | | | |
|---|---|---|---|---|
| **CARACTERÍSTICAS** | **RIP** | **RIPv2** | **IGRP** | **EIGRP** |
| *Tipo* | Vector Distancia | Vector Distancia | Vector Distancia | Hibrido |
| *Soporta VLSM* | no | si | no | si |
| *Métrica* | # de saltos (max. 15) | | saltos, ancho de banda y retardo | |
| *Intervalo de actualizaciones* | Cada 30 seg. | | Cada 90 seg. | Cuando existe cambios |
| *Soporta autenticación* | no | si | no | si |
| *Distancia administrativa* | 120 | 120 | 100 | 90 |
| *Consumo ancho de banda* | Alto | | | Bajo |
| *Escalabilidad* | no | | si | si |

**Tabla 3.26**. Protocolos de Enrutamiento.

El protocolo de enrutamiento que se va a considerar para el diseño de la red es el protocolo EIGRP[1], ya que es un protocolo que solamente actualiza sus tablas de

[1] **EIGRP.-** Enhanced Interior Gateway Routing Protocol.

enrutamiento cuando existen cambios o caídas en la red global, esto hace que no se inunde el canal con actualizaciones periódicas.

### 3.3.2.7 Equipos de Enrutamiento

Para el presente diseño se ha creído conveniente la utilización de routers Cisco de la serie 2800 de servicios integrados, debido a su escalabilidad y a la integración de servicios de voz, datos y video, además facilitan un crecimiento futuro de la red y aumento en los servicios que ésta pueda brindar.

Los routers de Servicios Integrados de la serie 2800 de Cisco están diseñados especialmente para las pequeñas y medianas empresas y ofrecen las siguientes prestaciones destacadas: Servicios de seguridad integrados, rendimiento superior, la posibilidad de conectar hasta 96 teléfonos IP y una serie de nuevas ranuras para nuevos módulos y tarjetas de interfaz.

En cada uno de los equipos se requiere de la existencia de interfaces que permitan la conexión con la red LAN o hacia la WAN, y además de una interfaz de voz que permita la conexión de la PBX.

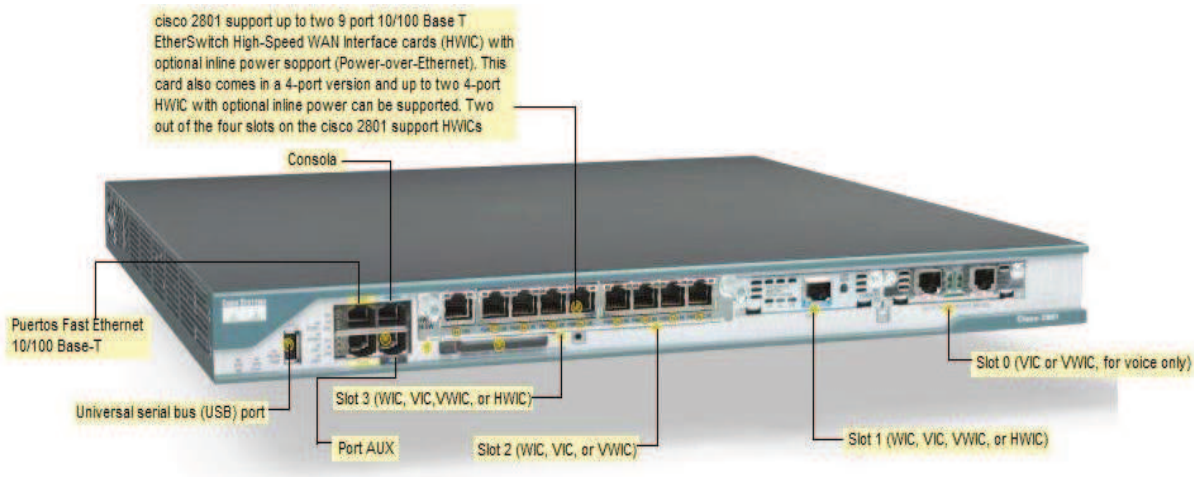


**Figura 3.11.** Router 2801[14].

De la serie 2800 se ha visto conveniente el 2801 (Figura 3.11) por que cumple las principales características que son la calidad de servicio y VoIP.

El router 2801 está equipado con dos puertos LAN 10/100 Base-T que serán utilizados para la conexión con la red LAN y provee 4 ranuras de expansión, tres de las cuales pueden ser equipadas con tarjetas 10/100 Base-T o tarjetas WIC/VIC/VWIC/HWIC (tarjetas FXS o FXO), la cuarta ranura es únicamente para tarjetas de voz como VIC/VWIC (FXS y FXO).

Para nuestro diseño se utilizará dos ranuras, en la una se instalará una tarjeta Cisco WIC-1T, que posee un puerto de comunicación serial sincrónica (DB-60) que soporta velocidades de hasta 2.048 Mbps y en la otra se instalará una tarjeta VIC o VWIC.

La conexión de la tarjeta WIC-1T a la DSU/CSU se realiza mediante cables seriales que soportan los siguientes conectores: EIA/TIA RS-232, EIA/TIA 449, V.35, X.21 o EIA-530.

Para acceder a los servicios de portadora se utilizan las CSU (unidad de servicio de canal). En la actualidad la DSU y la CSU se integran en una sola unidad, las funciones que tiene esta unidad son la generación de la señal, monitoreo de señales, servicio de detección de señales y servicio de prueba y diagnostico. La DSU/CSU es otorgada por la empresa portadora.

Cisco Unified Communications Manager Express permite a los routers de servicios integrados de Cisco proporcionar procesamiento de llamadas para teléfonos analógicos y teléfonos IP conectados localmente. Todos los archivos y configuraciones necesarias para los teléfonos IP se almacenan internamente en el router, lo que proporciona una solución de una sola plataforma. Además, la solución ofrece un sólido conjunto de interfaces de la red de telefonía pública conmutada (RTC) y soporta una amplia selección de interfaces WAN, contestador automático integrado con correo electrónico y una completa cartera de teléfonos.

En la tabla 3.27 se muestran las principales especificaciones del router cisco 2801.

| | |
|---|---|
| **GENERAL** | |
| Tipo de dispositivo | Encaminador |
| Forma | Externo - modular - 1U |
| Dimensiones (ancho x altura x profundidad) | 44.5 cm x 41.9 cm x 4.4 cm |
| **MEMORIA** | |
| Memoria Flash | 128 MB (instalados) / 128 MB (máx.) |
| Menoría RAM | 256 MB (instalados) / 384 MB (máx.) |
| **CONEXIÓN DE REDES** | |
| Tecnología de conectividad | Cableado |
| Formato frame | G.711, G.723.1 |
| Protocolo de interconexión de datos | Ethernet, Fast Ethernet |
| Red/protocolo de transporte | IPSec |
| Protocolo de gestión remota | SNMP v3 |
| Características | Protección firewall, cifrado del hardware, asistencia técnica VPN, soporte de MPLS, filtrado de URL |
| **TELEFONÍA IP** | |
| Códec de voz | G.711, G.723.1, G.728, G.729, G.729a, G.729ab, G.726 |
| Funciones de telefonía IP | Cancelación de eco (G.168) |
| IP Phones max. | 24 |
| **DIVERSO** | |
| Algoritmo de cifrado | DES, Triple DES, AES de 128 bits, AES de 192 bits, AES de 256 bits |
| OS proporcionado | Cisco IOS SP |
| **EXPANSIÓN Y CONECTIVIDAD** | |
| Ranuras de expansión | 2 slots support HWIC, WIC, VIC, or VWIC type modules |
| | 1 slot supports WIC, VIC, or VWIC type modules |
| | 1 slot supports VIC or VWIC type modules |
| Interfaces | 1 x USB |
| | 1 x serial - auxiliar - RJ-45 |
| | 1 x gestión - consola - RJ-45 |
| | 2 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45 |
| **ALIMENTACIÓN** | |
| Dispositivo de alimentación | Fuente de alimentación – interna |
| Voltaje necesario | 100 a 240 VAC, autoajustable |
| Corriente de entrada | 2A a 110V AC / 1A a 230V AC |
| **PARÁMETROS DE ENTORNO** | |
| Temperatura de funcionamiento | Min. 0 °C y max. 40 °C |
| Ámbito de humedad de funcionamiento | 10 - 85% |

**Tabla 3.27.** Especificaciones del Router cisco 2801.

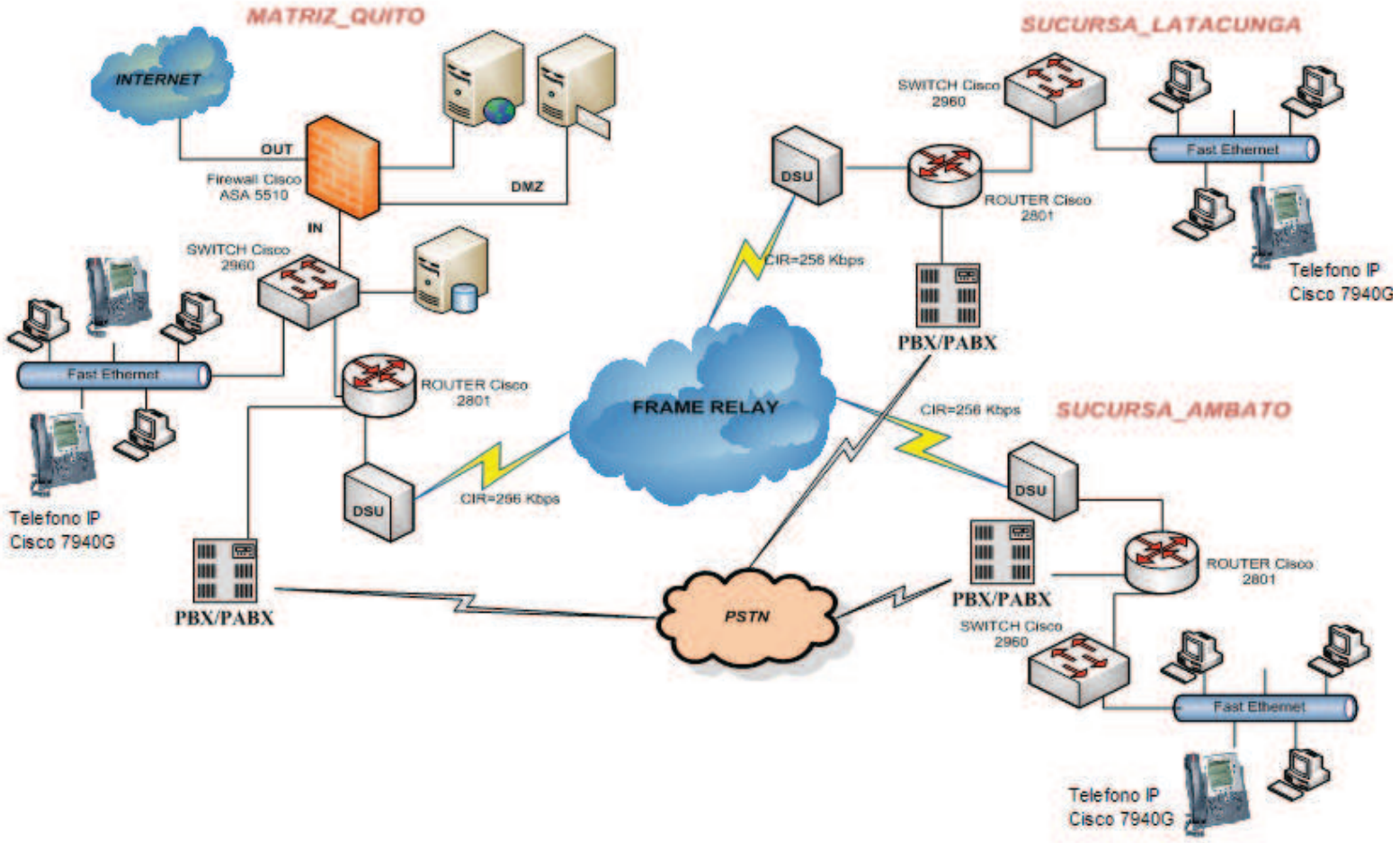


**Figura 3.12.** Diagrama de la red Integral de la Empresa BLASA.

# CAPITULO 4

# PRESUPUESTO DE COSTOS

En este capítulo se presenta el costo total que tendría la implementación del proyecto, el mismo que comprende de los costos de inversión, costos de operación y costos de implementación.

## 4.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Los costos de inversión corresponden a todas aquellas inversiones que se deben realizar para implementar la red de comunicaciones. Además se incluyen los costos de instalación, configuración.

Actualmente la Empresa BLASA no cuenta con equipos de red, lo que implica realizar una inversión inicial para el material de cableado estructurado y equipos de red.

El equipamiento de las agencias de la empresa BLASA, se realizara con equipos de marcas CISCO, porque ofrecen una mayor disponibilidad de la red, seguridad y control a través de la calidad de servicio (QoS). Además de su calidad y bajo costo, está su gran penetración en el mercado ecuatoriano lo que proporciona una gran ventaja a la hora de administrar la red.

Todos los costos de materiales y equipos que se mencionan a continuación son referenciales.

En la tabla 4.1 se detallan los costos de los materiales para el cableado estructurado en la matriz.

| MATRIZ_QUITO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Material** | **Unidad** | **Cantidad** | **Precio Unitario [$]** | **Precio Total [$]** |
| Salidas dobles datos y/o voz y faceplate | c/u | 9 | 2,59 | 23,31 |
| Jack RJ-45 Cat 6 (rojo y azul) | c/u | 18 | 4,85 | 87,30 |
| Patch cord de 1 metro, plug RJ-45 | c/u | 18 | 3,52 | 63,36 |
| Patch cord de 2 metros, Plug RJ-45 | c/u | 18 | 5,20 | 93,60 |
| Rollos de cable UTP de 305 m, Cat 6 | c/u | 2 | 183,00 | 366,00 |
| Rack tipo abierto para piso 19´´ y 24 UR | c/u | 1 | 98,50 | 98,50 |
| Pach Panel Cat 6 de 24 puertos RJ-45, 19´´ y 1 UR | c/u | 1 | 110,00 | 110,00 |
| Organizador horizontal de 2 UR con canales | c/u | 2 | 10,50 | 21,00 |
| Organizador vertical para Rack | c/u | 2 | 32,50 | 65,00 |
| Bandeja metálica ajustable | c/u | 1 | 16,5 | 16,50 |
| Canaleta de Piso 60mm x 13 mm | 2m | 3 | 7,27 | 21,81 |
| Canaletas 40mm x 25 mm | 2m | 28 | 4,33 | 121,24 |
| Accesorios para canaleta 40mm x 25mm (ángulos, uniones, Ts) | c/u | 15 | 0,70 | 10,50 |
| Canaletas 60mm x 40 mm | 2m | 8 | 7,27 | 58,16 |
| Accesorios para canaleta 60mm x 40mm (ángulos, uniones, Ts) | c/u | 5 | 1,71 | 8,55 |
| Regleta de 8 tomas eléctricas 110V para Rack 19'' | c/u | 1 | 31,47 | 31,47 |
| Consumibles | - | 1 lote | 70,00 | 70,00 |
| **SUBTOTAL:** | | | | **1266,30** |
| **12% IVA:** | | | | **151,96** |
| **TOTAL:** | | | | **1418,26** |

**Tabla 4.1.** Costos del material de cableado estructurado para la Matriz_Quito[1].

El material necesario para el cableado estructurado de las dos sucursales fue determinado en el capítulo 3. En la tabla 4.2 se muestra la cantidad y los costos del material para el cableado estructurado de las dos sucursales.

[1] Costos proporcionados por la empresa ELECTRONICS en el mes de marzo/2010.

| SUCURSALES _LATACUNGA Y AMBATO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Material** | **Unidad** | **Cantidad** | **Precio Unitario [$]** | **Precio Total [$]** |
| Salidas dobles datos y/o voz y faceplate | c/u | 10 | 2,59 | 25,90 |
| Jack RJ-45 Cat 6 (rojo y azul) | c/u | 20 | 4,85 | 97,00 |
| Patch cord de 1 metro, plug RJ-45 | c/u | 20 | 3,52 | 70,40 |
| Patch cord de 2 metros, Plug RJ-45 | c/u | 20 | 5,20 | 104,00 |
| Cable UTP Cat 6 | m | 250 | 0,60 | 150,00 |
| Rack tipo abierto para piso 19´´ y 24 UR | c/u | 2 | 98,50 | 197,00 |
| Patch Panel Cat 6 de 24 puertos RJ-45, 19´´ y 1 UR | c/u | 2 | 110,00 | 220,00 |
| Organizador horizontal de 1 UR con canales | c/u | 4 | 10,50 | 42,00 |
| Organizador vertical para Rack | c/u | 4 | 32,50 | 130,00 |
| Bandeja metálica ajustable | c/u | 2 | 16,50 | 33,00 |
| Canaleta de Piso 60mm x 13 mm | 2m | 3 | 7,27 | 21,81 |
| Canaletas 40 mm x 25 mm | 2m | 28 | 4,33 | 121,24 |
| Accesorios para canaleta 40 mm x 25mm (ángulos, uniones, Ts) | c/u | 18 | 0,70 | 12,60 |
| Regleta de 8 tomas eléctricas 110V para Rack 19'' | c/u | 2 | 31,47 | 62,94 |
| Consumibles | - | 1 lote | 40,00 | 80,00 |
| **SUBTOTAL:** | | | | **1367,89** |
| **12% IVA:** | | | | **164,15** |
| **TOTAL:** | | | | **1532,04** |

**Tabla 4.2.** Costos del material de cableado estructurado para las sucursales de Latacunga y Ambato[1].

En la tabla 4.3, se detallan los costos de los equipos necesarios para las redes LAN de las dos sucursales y para la red WAN. Estos equipos fueron detallados en el capítulo 3.

[1] Costos proporcionados por la empresa ELECTRONICS en el mes de marzo/2010.

| Matriz_Quito | | | |
|---|---|---|---|
| **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario [$]** | **Precio Total [$]** |
| **RED LAN**[1] | | | |
| Servidor WEB | 1 | 1080,00 | 1080,00 |
| Servidor de correo electrónico | 1 | 1080,00 | 1080,00 |
| Servidor para una Base de Datos | 1 | 1080,00 | 1080,00 |
| Firewall cisco ASA 5510 | 1 | 2950,00 | 2950,00 |
| WS-C2960-24 TT -T<br>Switch CISCO Catalyst 2960 24 10/100 LAN | 1 | 1014,00 | 1014,00 |
| CISCO IP Phone 7940G, Global, spare | 9 | 216,00 | 1944,00 |
| APC Smart-UPS XL 3000VA 120V, tower/rack convertible | 1 | 1740,18 | 1740,18 |
| APC BACK-UPS 900VA 120V | 7 | 177,68 | 1243.76 |
| **RED WAN**[2] | | | |
| Router Cisco 2801<br>2801 Router/AC PWR, 2 FE, 4 slot (2 HWIC), 2PVDM, 2AIM, IP BASE, 64F/128D. SMARTNET 8X5XNBD 2 FE Router w/2 HWIC/IP | 1 | 1865,00 | 1865,00 |
| Tarjeta de voz (FXO Y FXS) | 1 | 1600,00 | 1600,00 |
| **Sucursales_Latacunga y Ambato** | | | |
| **RED LAN** | | | |
| WS-C2960-24 TT -T<br>Switch CISCO Catalyst 2960 24 10/100 LAN | 2 | 1014,00 | 2028,00 |
| CISCO IP Phone 7940G, Global, spare | 10 | 216,00 | 2160,00 |
| APC Smart-UPS 1000VA USB & Serial RM 120V, para rack | 2 | 499,20 | 998,40 |
| APC BACK-UPS 900VA 120V | 8 | 177,68 | 1421.44 |
| **RED WAN** | | | |
| Router Cisco 2801<br>2801 Router/AC PWR, 2 FE, 4 slot (2 HWIC), 2PVDM, 2AIM, IP BASE, 64F/128D. SMARTNET 8X5XNBD 2 FE Router w/2 HWIC/IP | 2 | 1865,00 | 3730,00 |
| Tarjeta de voz (FXO Y FXS) | 2 | 1600,00 | 3200,00 |
| **SUBTOTAL** | | | **29134,78** |
| **12% IVA** | | | **3496,17** |
| **TOTAL** | | | **32630,95** |

**Tabla 4.3.** Costos de los equipos necesarios para las redes LAN y WAN.

[1] Los costos de los equipos para las redes LAN fueron proporcionados por las siguientes empresas: Conlinux y PC&PC (Servidores), DOS Compuequip (switchs, IP Phone, firewall) y Computron (UPS), en el mes de marzo/2010 .

[2] Los costos de los equipos para la red WAN fueron proporcionados por La Competencia S.A (abril/2010).

### 4.1.1 COSTOS DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN

Los costos de instalación y configuración se detallan en la tabla 4.4.

| Descripción | Cantidad | P. Unitario [$] | Costo Total [$] |
|---|---|---|---|
| **Instalación** | | | |
| Servicio de Internet 512 Kbps | 1 | 112,00 | 112,00 |
| Enlace a 256 Kbps entre la sucursal Latacunga y la matriz en Quito. | 1 | 150,00 | 150,00 |
| Enlace a 256 Kbps entre la sucursal Ambato y la matriz en Quito. | 1 | 150,00 | 150,00 |
| Instalación y certificación de los puntos de red en la matriz | 18 | 38,00 | 684,00 |
| Instalación y certificación de los puntos de red en la sucursal Latacunga. | 10 | 38,00 | 380,00 |
| Instalación y certificación de los puntos de red en la sucursal Ambato. | 10 | 38,00 | 380,00 |
| **Configuración** | | | |
| Switches Cisco Modelo 2960 | 3 | 100,00 | 300,00 |
| Router Cisco Serie 2801 | 3 | 100,00 | 300,00 |
| Firewall ASA 5510 | 1 | 100,00 | 100,00 |
| Servidores con S.O Linux | 3 | 298,00 | 894,00 |
| **SUBTOTAL:** | | | **3450,00** |
| **12% IVA:** | | | **414,64** |
| **TOTAL:** | | | **3864,00** |

**Tabla 4.4.** Costos por instalación y configuración[1].

## 4.2 COSTOS DE OPERACIÓN

[1] Los costos de instalación y configuración fueron proporcionados por las siguientes empresas: CNT (Internet, enlaces) , La competencia S.A (switchs, routers y firewall), Macronet (puntos de red) y Conlinux (S.O Linux). En el mes de abril/2010.

Se refiere a los gastos de operación o egresos por la utilización periódica de recursos (insumos, servicios) dentro del ciclo productivo del proyecto. Se contempla bajo esta categoría: arrendamiento, gastos de mantenimiento, etc.

El costo de operación de la red WAN dependerá de los requerimientos del diseño realizado y del proveedor del servicio que se vaya a contratar. Además, los equipos nuevos vienen por defecto sin ser configurados, lo que representa un valor adicional en la compra de los equipos.

Los gastos de operación se presentan en la tabla 4.5.

| Descripción | Costo Mensual [$] | Costo Anual [$] |
|---|---|---|
| Contratación Internet Quito de 512/512 Kbps | 188,00 | 2256,00 |
| Enlace a 256 Kbps entre la sucursal Latacunga y la matriz en Quito, utilizando la tecnología Frame Relay. | 195,00 | 2340,00 |
| Enlace a 256 Kbps entre la sucursal Ambato y la matriz en Quito, utilizando la tecnología Frame Relay. | 195,00 | 195,00 |
| Mantenimiento | 50,00 | 600,00 |
| **SUBTOTAL:** | **628,00** | **7536,00** |
| **12% IVA:** | **75,36** | **904,32** |
| **TOTAL:** | **703,36** | **8440,32** |

**Tabla 4.5.** Costos de operación[1].

## 4.3 COSTOS DE INGENIERIA

El costo de ingeniería solo involucra el diseño de la red integrada de datos y voz, más no los servicios de instalación del sistema, ya que, esta es una decisión que tomara la Empresa BLASA en el futuro. Sin embargo, se dará un valor referencial de los costos de implementación para lo cual se tomara en cuenta los costos de ingeniería y de mano de obra calificada.

[1] Costos proporcionados por la empresa CNT S.A en el mes de abril/2010

Se considera que la implementación de la red de comunicaciones tardará un tiempo estimado de un mes, tiempo por el cual se contratara un Ingeniero que se encargue de supervisar la obra y de dos técnicos de la instalación.

En la tabla 4.6 se resumen los costos de implementación.

| COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN | | | |
|---|---|---|---|
| **CARGO** | **NÚMERO DE TRABAJADORES** | **SUELDO APAGAR** | **TOTAL** |
| Ingeniero que realiza el diseño de la red. | 1 | 2000,00 | 2000,00 |
| Persona encargada de la supervisión de la red | 1 | 450,00 | 450,00 |
| Personal especializado en la implementación de redes | 2 | 225,20[1] | 450,40 |
| | | | 2900,40 |

**Tabla 4.6.** Costos de Implementación.

## 4.4 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

La tabla 4.7 presentan el costo total del, este costo es un precio referencial que puede variar, pero muestra una idea del capital que se necesita para la implementación de la red.

| **Descripción** | **Costo Total [$]** |
|---|---|
| Costos de inversión | 39445,25 |
| Costos de operación | 703,36 |
| Costo de implementación | 2900,40 |
| **TOTAL** | **43049,01** |

**Tabla 4.7.** Costo Total del Proyecto.

[1] Valor tomado del acuerdo10000209 del ministerio de trabajo

# CAPITULO 5

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 CONCLUSIONES

- ✓ Al contar con una red de comunicaciones que integre a las dos sucursales de la empresa BLASA, permite mejorar ciertos aspectos que benefician a la empresa en sus actividades diarias, tales como: una administración centralizada, el manejo de información actualizada, la rapidez en el servicio a los clientes, mayor seguridad para la información, satisfacción del personal y una mejor imagen de la empresa frente a los usuarios y competidores. Además de los beneficios administrativos y de mantenimiento

- ✓ Los beneficios de poseer una sola red convergente para la manipulación de datos y voz son evidentes, como el ahorro en el costo de comunicaciones, ya que las llamadas entre las distintas oficinas de la empresa BLASA saldrían relativamente gratis.

- ✓ Para dimensionar el ancho de banda de las aplicaciones, fue necesario considerar valores apoyados en aplicaciones reales y con similitud a la aplicación requerida.

- ✓ Existen diferentes tecnologías para obtener mayor rapidez en las redes LAN, del presente estudio se determina que Fast Ethernet es una de las alternativas

más fáciles de implementar y menos costosa para proporciona ancho de banda instantáneo a la red.

- ✓ De acuerdo a lo especificado por la tecnología Fast Ethernet, en medios compartidos puede proveer tasas de transferencia de información sólo de 30 a 40% del ancho de banda del canal, si el porcentaje es mayor habría un incremento en el número de colisiones y retransmisiones.

- ✓ Un sistema de cableado estructurado que cumpla con las normas internacionales se considera como una inversión importante en infraestructura, ya que permite garantizar el soporte de una gran variedad de servicios.

- ✓ En este proyecto se decidió utilizar el cable UTP categoría 6 porque cumple con los requerimientos de los usuarios y con las proyecciones de tráfico de la red. En la actualidad es el más difundido en el mercado.

- ✓ Se considero la tecnología Frame Relay por ser mas económica en comparación con Clear Channel y por su flexibilidad para la asignación del ancho de banda, lo cual le hace apta para aplicaciones de VoIP, ya que las llamadas telefónicas son esporádicas y no todo el tiempo es necesario tener el ancho de banda completamente fijo. Además es una tecnología de gran difusión a nivel nacional lo que involucra un gran número de empresas portadoras que brindan este servicio.

- ✓ Uno de los beneficios de utilizar una red Frame Relay, es que a pesar de ser una red compartida, se puede aplicar mecanismos para el tratamiento de la

VoIP como la fragmentación de los grandes frames de datos para permitir el entrelazado de los pequeños paquetes de voz y lograr una buena calidad de la voz.

- ✓ La red WAN integrada se ha diseñado con una tecnología que permite la escalabilidad de la misma y la fácil comunicación con otras redes, por lo que no existirán problemas a futuro para incrementar el número de usuarios a nivel nacional o para migrar a otra tecnología como por ejemplo a MPLS.

- ✓ En el mercado existen varias equipos que pueden satisfacer las necesidades del presente diseño de red, pero solo se ha considerado aquellos equipos de servicios integrados que permiten obtener un buen nivel de confiabilidad y desempeño de la red. Como por ejemplo equipos que manejen enrutamiento y la conexión con la Red de Telefonía Pública Conmutada, como es el caso del router que realiza tareas de Gateway.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ La red FRAME RELAY puede sufrir posibles congestionamientos por tal razón los equipos deben ser capaces de emplear una variedad de mecanismos y técnicas que aseguren un flujo uniforme de información y eviten la degradación del servicio. Por lo que se recomienda la marca CISCO que permite aplicar calidad de servicio a una red.

- ✓ Se recomienda la utilización de VoIP dentro de una empresa que posea sucursales alrededor del país, ya que con esto se optimiza los costos de las

comunicaciones telefónicas y le convierte a la empresa en ágil, moderna y competitiva.

- ✓ Para tener una mayor confiabilidad de la red, se recomienda tener un enlace de backup entre la sucursal de Latacunga y la sucursal de Ambato, ya que si falla cualquiera de los otros enlaces, se podría comunicar con la matriz mediante el enlace de backup.

- ✓ Es recomendable que la empresa BLASA tenga un generador en cada agencia con el fin de ofrecer una solución ante los largos cortes de energía que ocurren en nuestro país.

- ✓ Se recomienda la implementación de nuevas aplicaciones como la video vigilancia, de esta forma la empresa brindaría mayor seguridad a sus empleados y clientes.

- ✓ Como no se sabe con exactitud el ancho de banda que ocupará el trafico generado por las aplicaciones y a pesar de que se encontró una similitud con otras aplicaciones, puede llegar a saturarse el canal, por lo que se recomienda filtrar el tráfico mediante listas de acceso dando prioridad al uso del recurso más importante para que no se congestione y no pierda conectividad con las otras agencias.

- ✓ Se recomienda contratar a una empresa de telecomunicaciones con personal capacitado para el mantenimiento de la red y la capacitación de los usuarios.

- ✓ Se recomienda considerar una puesta a tierra para la red de telecomunicaciones, ya que brinda una referencia a tierra de baja resistencia para los equipos de telecomunicaciones, esto sirve para proteger el equipo y el personal.

- ✓ Se recomienda que el cuarto de telecomunicaciones en la matriz Quito sea destinado para esta función y no para otras actividades.

# REFERENCIA BIBLIOGRAFICA


[1] Datos proporcionados por la Empresa BLASA

[2] www.monografias.com/trabajos33/estandar-voip/estandar-voip2.shtml

[3] CCNA (Cisco Certified Network Associate), cuarto modulo.

[4] Tesis FERNANDO JAVIER CABRERA FAJARDO , “Estudio y Diseño de una red WAN con calidad de servicio para voz sobre IP ” pag.135

[5] www.shareo.com/es/WebHelp/Change_max_size_data_emails.htm

[6] Empresa BLASA

[7] www.taringa.net/posts/info/1224779/Se-triplic%C3%B3-el-tama%C3%B1o-de-las-p%C3%A1ginas-web-desde-el-2003.html

[8] Behrouz Forouzan, Transmisión de datos y redes de comunicaciones, Ed. McGraw-Hill, cuarta edición, España 2006.

[9] http://telecom.fi-b.unam.mx/Telefonía/trafico.html

[10] Datos proporcionados por la empresa

[11] www.itu.int/itudoc/itu-d/dept/psp/ssb/planitu/plandoc/erlangt-es.pdf

[12] www.supertel.gov.ec/pdf/estadisticas/portadores.pdf

[13] KEAGY Scott, Integración de Redes de Voz y datos, Ed. Pearson Education Cisco Press, Primera edición, España 2001

[14] www.cisco.com

CADENA Eduardo, Redes MPLS, Escuela Politécnica Nacional, noviembre 2007.

SACKETT George, Manual de Routers Cisco, Ed. McGRAW-Hill, segunda edición, España 2002.

PARNELL Teré, Guía de Redes de Área Extensa, Ed. McGRAW-Hill, primera edición, España 1997.

VELTE Toby, Manual de Cisco, Ed. McGRAW-Hill, cuarta edición, México 2007.

McQUERRY Steve, Interconexión de Dispositivos de Red Cisco, Ed. Pearson Education S.A, primera edición, España 2001.

GARCIA Jesús, Alta Velocidad y Calidad de Servicio en Redes IP, Ed. Alfaomega, México 2002.

ARIGANELLO Ernesto, Redes Cisco, Ed. Alfaomega, primera edición, México 2007.

www.espoch.edu.ec/.../dacee2_CCNA1_CS_Structured_Cabling_es.pdf

http://programacionunl.com.ar/wpcontent/files/Redes/Introduccion%20a%20la%20Telematica%20y%20Redes%20de%20Datos(Telefonica).pdf

www.daya.cl/manuales/redlan.pdf

www.forpas.us.es/aula/hardware/dia4_redes.pdf

www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml

www.ralco-networks.com/soluciones/wan/tecnologiasacceso/

http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/Ethernet.pdf

http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/Frame-Relay.pdf

http://www.monografias.com/trabajos3/voip/voip.shtml

http://www.masternetsc.com.ar/archivos/pdf/normas_cableado.pdf

http://www.monografias.com/trabajos/protocolotcpip/protocolotcpip.shtml