

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INENIERÍA**

**DISEÑO DE UNA RED METROETHERNET PARA
UN PROVEEDOR DE SERVICIOS, ORIENTADA A
SOLUCIONES PUNTO – PUNTO Y
MULTIPUNTO –MULTIPUNTO DENTRO DE LA
CIUDAD DE QUITO.**

Francisco M. Silva V.

SANGOLQUI – ECUADOR

2009

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado, “Diseño de una Red MetroEthernet para un proveedor de Servicios orientada a soluciones Punto – Punto y Multipunto – Multipunto dentro de la ciudad de Quito”, fue desarrollada en su totalidad por el Sr. Francisco Miguel Silva Viteri, bajo nuestra dirección.

Atentamente,

Ing. Fabián Sáenz
Director

Ing. Carlos Romero
Codirector

RESUMEN

Las redes de comunicaciones han cambiado la forma en la que aprendemos, jugamos y vivimos, los aplicativos de pagos, consultas y en fin de gestión de servicios son cada vez más populares.

El IESS, los Bancos, el SRI entidades que han logrado asegurar su operación con la ayuda de Tecnologías de la Información eficientes, son cada vez más demandantes en la calidad, capacidad y desempeño de los servicios que ofrecen sus operadores.

El proyecto detalla el Diseño de una red de acceso MetroEthernet de alta capacidad, como plataforma que soporte la comunicación de dos o más localidades que estén dentro de la ciudad de Quito, en otras palabras, transporte urbano de información de alta capacidad.

Como ello puede ayudar a disminuir los costos de operación de un proveedor de servicios como Global Crossing y a ofrecer servicios de valor agregado al cliente como son: alta escalabilidad, fiabilidad y redundancia.

AGRADECIMIENTO

A Dios, mis Padres Francisco y Anita, mis Tíos Fabián y Susy... son y seguirán siendo mi
inspiración.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos los que disfrutan lo que hacen para vivir...

PROLOGO

El presente documento, desarrolla el diseño de una Red MetroEthernet como red de acceso para la ciudad de Quito, los departamentos dentro de Global Crossing, que harán uso de este documento son Network e IP Deployment.

En el primer capítulo se ha hecho un análisis de la situación actual de Global Crossing, su cartera de productos y los desafíos que tiene y tendrá que enfrentar con el mercado.

En el segundo capítulo se desarrolla todo el marco teórico sobre el cual se basa Ethernet, incluyendo un análisis comparativo de las tecnologías de acceso antiguas, el modelo, conceptualización de los servicios, parámetros de medición de desempeño y ancho de banda, terminando con las tecnologías Metro con más acogida en las operadoras a gran escala

El tercer capítulo resume las tecnologías de acceso Metro que actualmente tiene Global Crossing, alcance y capacidades.

En el Diseño se analizan los centros de mayor demanda dentro de la ciudad de Quito, incluyendo listados de clientes potenciales y fotografías de cada una de las zonas. Se definen todos los parámetros técnicos para la implementación de la red: Planta externa, equipos terminales pasivos, convertidores y switch's, cerrando el capítulo cinco con el análisis financiero que detalla el margen de ganancia que generaría la implementación de la red.

INDICE

CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. VISION, MISIÓN DE GLOBAL CROSSING	1
1.2. PORTAFOLIO DE GLOBAL CROSSING	3
1.2.1. Accesibilidad	4
1.2.2. Seguridad	5
1.2.3. Continuidad	8
1.2.4. Productividad	9
1.2.5. Colaboración	11
CAPITULO II	12
MARCO CONCEPTUAL	12
2.1. DEFINICIONES	12
2.1.1. Metroethernet	14
2.1.2. Punto de vista comercial	16
2.1.3. Limitaciones actuales de usar Ethernet en la metro	18
2.1.4. Posibles soluciones a los actuales desafíos presentados por Ethernet	19
2.1.5. Servicios Metroethernet	21
2.1.6. MEF (Metro Ethernet Forum)	22
2.2. TECNOLOGÍAS METRO	23
2.2.1. Transporte Ethernet	23
2.2.2. Fundamentos del L2 Switching.	25
2.2.3. Conceptos de Servicios Metroethernet	32
2.2.4. Parámetros y atributos de los servicios ethernet.	33
CAPITULO III	42
SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE ACCESO DE GLOBAL CROSSING	42
3.1. TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE METRO IMPLEMENTADAS EN LA RED DE GLOBAL CROSSING.	42

3.1.1.	Keymile	42
3.1.2.	SDH (Lucent)	44
3.1.3.	NEW BRIDGE	47
CAPITULO IV		50
DISEÑO		50
4.1.	MEDIOS DE TRANSMISION	50
4.1.1.	Planta externa	50
4.1.2.	Conectores, Patch Cord's y ODF's	55
4.2.	EQUIPOS TERMINALES	57
4.2.1.	Conversores TX a FX:	57
4.2.2.	Switches	60
4.3.	CENTROS DE DEMANDA DENTRO DE LA CIUDAD DE QUITO	68
4.3.1.	Nodo Patria	69
4.3.2.	Nodo 6 de Diciembre	74
4.3.3.	Nodo Carolina	79
4.3.4.	Nodo Galarza	84
4.4.	DIAGRAMA DE RED	89
CAPITULO V		94
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERA, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		94
5.1.	ANALISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERA	94
5.1.1.	Tarifario del servicio:	94
5.1.2.	Ingresos Anuales	95
5.1.3.	Costos de Implementación Backbone CAPEX	95
5.1.4.	Costos de Operación Backbone OPEX	96
5.1.5.	Costos de implementación y operación Servicios	97
5.1.6.	Cálculo del TIR y VAN	97
5.2.	CONCLUSIONES	98
5.3.	RECOMENDACIONES	100

BIBLIOGRAFIA	101
ANEXOS	102
DATA SHEET ALPINE SERIE 3800	103
DATA SHEET SUMMIT 48 si	109
DATA SHEET CONVERSION APTTEK SINGLE FIBER	114
DATA SHEET FIBRA AID CORE	117
DATA SHEET FIBRA EZ PREP	119
TIR Y VAN	124
INDICE DE FIGURAS	126
INDICE DE TABLAS	129
GLOSARIO	131

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. VISION, MISIÓN DE GLOBAL CROSSING

Global Crossing (NASDAQ: GBLC¹) provee soluciones de telecomunicaciones sobre la primera red mundial integrada en una plataforma puramente IP. El core de la red conecta más de 300 ciudades en 28 países y entrega servicios a más de 600 ciudades en 60 países y seis continentes alrededor del mundo. El modelo de ventas y soporte de la corporación marcó su huella en las redes mundiales actuales y entrega al cliente una consistente experiencia de servicio alrededor del mundo.

Sus servicios están a escala mundial, enlazando a corporaciones, organizaciones gubernamentales, portadores con sus clientes, empleados y socios en un ambiente seguro que es ideal para la implementación de aplicaciones de negocios basadas en IP. Ofrece un rango amplio de servicios administrados de voz y datos al 36 % de empresas dentro del top 500 de la revista Fortune, así como a 700 portadoras, operadores móviles e ISP's.



Figura. 1. 1 Imagen de la empresa a partir del año 2008

Lleva en el país menos de un año, y encaminándose en la visión global sus servicios están orientados al segmento corporativo, parte de su crecimiento en Latinoamérica y la

¹ GBLC Acrónimo con el cual es conocida la compañía en NASDAQ.

comunidad Europea se lo debe a las adquisiciones recientes de IMPSAT y FIBERNET en el 2007.

VISION: “Ser reconocidos como líderes mundiales en soluciones innovadoras y globales de comunicaciones y tecnologías de la información”

Global Crossing
 One Planet. One Network. Infinite Possibilities.
 200 Park Avenue, Suite 300
 Florham Park, NJ 07932
 New Jersey, USA
 Tel: +1.973.937.0100

<p>Global Crossing Argentina Alférez Pareja 256, C1107BJD Buenos Aires, República Argentina. Tel.+54.11.5170.0000 Fax +54.11.5170.6500 0.800.800.4677</p> <p>Argentina</p> 	<p>Global Crossing Brasil Av. Eid Mansur, 666 Parque São Jorge, Rod. Raposo Tavares, Km 25, Cotia (SP), Brasil Cep. 06708.070 Tel.+55.11.3957.2200 Fax +55.11.3957.2300 0.800.771.4747</p> <p>Brasil</p> 	<p>Global Crossing Chile Av. Presidente Kennedy 5735 Edificio Marriott, Torre Poniente Of 802, Las Condes, Santiago. Chile. Tel.+56.2.422.5900 Fax +56.2.422.5999</p> <p>Chile</p> 	<p>Global Crossing Colombia Autopista Norte No. 122-35 Piso 4 al 7. Bogotá, Colombia. Tel.+57.1.611.9000 Fax +57.1.433.5968</p> <p>Colombia</p> 	<p>Global Crossing Ecuador Urbanización Itaque Alto, Calle Juan Díaz N 37-111, Quito, Ecuador Tel.+593.2.226.4101 Fax +593.2.246.5066</p> <p>Ecuador</p> 
<p>México Global Crossing México Lago Zurich #96, Colonia Ampliación Granada, Del. Miguel Hidalgo, México D.F. 11529, México. Tel.+52 55 2581 6270 Fax +52 55 2581 8290</p> 	<p>Panamá Global Crossing Panamá 0851 A. Arnulfo Arias y Calle Rermon Levy, Armador, Panamá, República de Panamá. Tel: +507 314 0324 / 1172 Fax +507 314 0317</p> 	<p>Perú Global Crossing Perú Av. Manuel Olgún 395, Santiago de Surco, Lima 33, Perú. Tel.+51.1.705.5700 Fax +51 1 705 5718</p> 	<p>USA Global Crossing Florida 701 Waterford Way, Suite 390, Miami FL, 33126, USA. Tel.+1.305.808.5900</p> 	<p>Venezuela Global Crossing Venezuela La Urbina, Calle 7, Caracas 1070, Venezuela. Tel.+58.212.2435044 Fax +58.212.2416948</p> 

Figura. 1. 2 Sedes de Impsatel que pasaron a formar parte de Global Crossing

MISION: “Crecer junto con nuestros clientes, poniendo en sus manos soluciones seguras y avanzadas de comunicaciones IP e información, basadas en el conocimiento y la experiencia”

Tiene presencia en más de 60 países de 6 continentes, especializada en ofrecer soluciones de comunicaciones IP e información de grandes prestaciones y muy alta calidad. Su liderazgo en el mundo y en la región se basa tanto en la experiencia, como en la capacidad para la integración de tecnologías innovadoras que suman valor a sus clientes. El constante compromiso con la calidad de sus casi 5000 profesionales, empleados y directivos y una fuerte orientación al cliente, les permiten lograr relaciones sólidas, duraderas, simétricas y rentables con sus clientes.²

Sus fortalezas se basan en:

- La organización adecuada.
- El más avanzado know-how³.
- Innovación constante.
- La red de fibra más poderosa del mundo.
- 15 Data Centres World-Class.
- Una plataforma diseñada para soportar servicios de última generación.
- Servicios y soluciones de telecomunicaciones y TI de alto rendimiento.



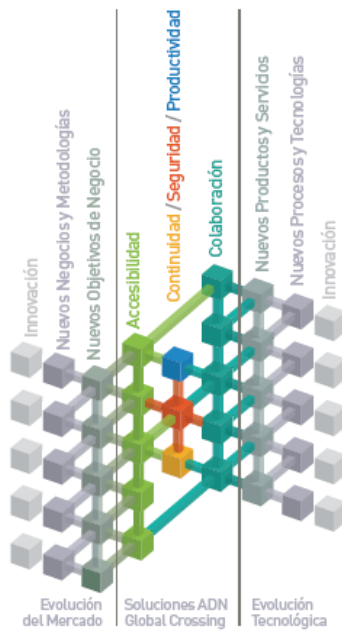
Figura. 1. 3. Fortalezas de la red de Global Crossing.

1.2. PORTAFOLIO DE GLOBAL CROSSING

ADN (Arquitectura Dinámica de Negocios) es la estructura bajo la cual presentan su portafolio de productos, servicios y soluciones. Consiste en resolver los típicos problemas de asincronía entre las necesidades del negocio y las tecnologías requeridas, permitiendo el desarrollo y la aplicación de soluciones integradas y convergentes de todo rango.

²Fuente: Global Crossing press release, http://www.globalcrossing.com/institucional_esp.pdf

³ *Know how* modismo referencia a saber Como hacerlo



“Es un marco de alto nivel conceptual, que no reemplaza las herramientas tradicionales de gestión, administración y control, pues admite sin conflictos diferentes metodologías, procesos, prácticas y recomendaciones.

Optimiza el rendimiento de todas las áreas involucradas, actuando sincrónicamente sobre los componentes claves de la gestión de telecomunicaciones y la información: Accesibilidad, Seguridad, Continuidad, Productividad y Colaboración.”⁴

Figura. 1. 4. Estructura ADN

1.2.1. Accesibilidad

Hoy los negocios muestran una creciente tendencia hacia empresas virtuales, que incorporan trabajadores móviles, oficinas locales y remotas, y hasta vendedores, clientes y socios. Las comunicaciones nunca han sido tan críticas para una empresa como ahora y la accesibilidad es una de las claves del éxito. Global Crossing IP Solutions converge información, voz, video y aplicaciones de multimedia en una única plataforma IP.

Servicios de conectividad IP, servicios de valor agregado, administración de redes, outsourcing, planificación para resolver los desafíos de la migración a IP, flexibilidad y hasta la implementación del cambio, se resumen en los servicios detallados en la Figura 1.5 dentro de las soluciones de accesibilidad de Global Crossing

⁴Fuente: Global Crossing press release, http://www.globalcrossing.com/institucional_esp.pdf

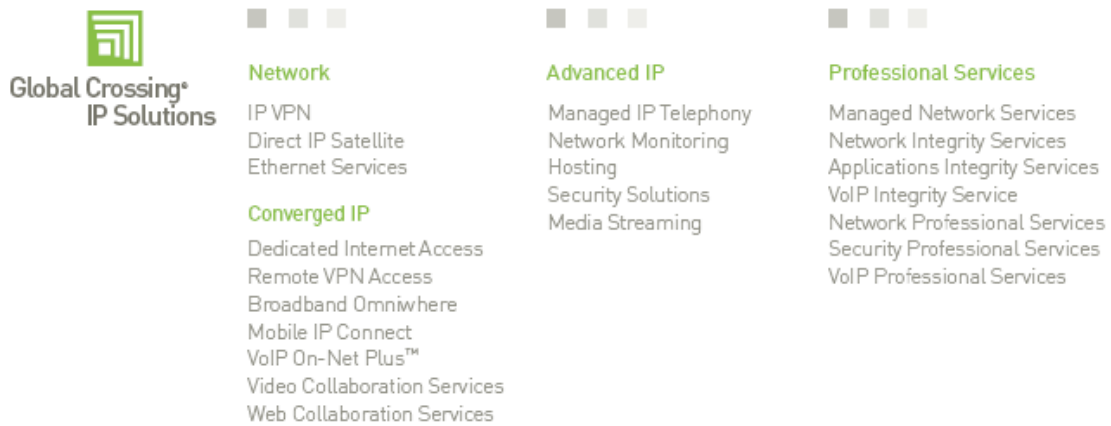


Figura. 1. 5. Global Crossing IP Solutions

Global Crossing Data Transport Solutions provee servicios Ethernet, SDH/SONET, ATM o Frame Relay, en todo momento y en todo lugar, con la mejor relación calidad – costo del mercado. La red global de fibra óptica tiene la extensión y flexibilidad necesarias para proveer los diseños de red, la capacidad y la velocidad que las empresas de hoy en día requieren.

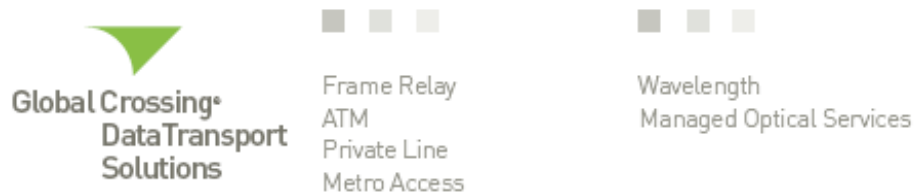


Figura. 1. 6. Global Crossing Data Transport Solutions

1.2.2. Seguridad

Las empresas y los negocios dependen cada vez más de sus redes, la seguridad es indispensable para evitar y neutralizar los ataques externos. El incremento de la automatización de los procesos (indispensable para ser más eficientes y productivas), expone a las compañías a un aumento de los puntos de entrada para intrusión y hacking.

Las soluciones de seguridad end to end permiten que expertos en seguridad evalúen la situación y planifiquen la mejor solución, cumpliendo con todas las regulaciones internacionales de seguridad.

Las vulnerabilidades en el Internet que encaraban las empresas, proveedores de servicios y redes portadoras hace algunos años atrás han evolucionado. En el pasado, los virus, desfiguraciones Web y negación de servicios (Dos)⁵ eran ataques consumados por personas particulares con la única motivación de lograr publicidad, notoriedad o venganza.

Hoy en día los ataques incluyen robo de datos financieros, extorsión, phishing⁶, ataques de negación de servicio distribuidos (DDoS). Estos ataques tienen motivaciones financieras y políticas y son llevados a cabo por organizaciones de gente muy bien entrenada y experimentada.

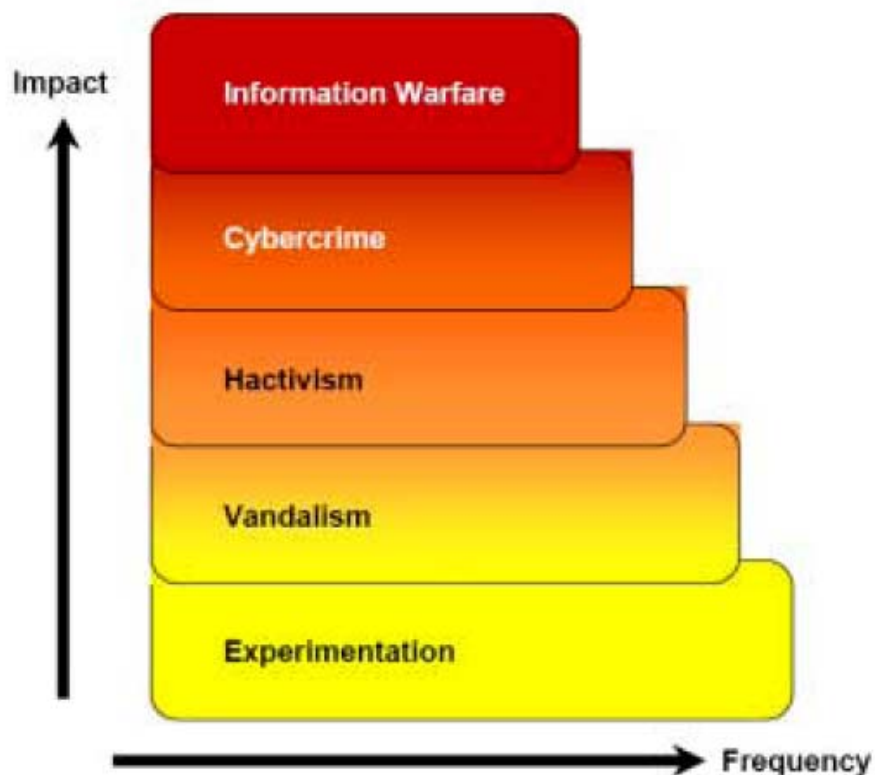


Figura. 1. 7 Niveles y frecuencia de los tipos de ataque de internet.

⁵ Deny of service.

⁶ Suplantación de identidad

A medida que los ataques evolucionan las empresas y proveedores están forzados a adaptarse y combatirlos, como resultado, las compañías están en búsqueda de socios tecnológicos que aseguren una efectiva y completa solución de seguridad que les permita concentrarse en el negocio y olvidarse de los complejos componentes que necesita una efectiva solución de seguridad hoy en día.

Un fuerte indicador de la importancia de la seguridad está reflejado en los resultados de la encuesta realizada por: *Yankees Group Global Network Strategies* en el 2005 para las regiones de América y la comunidad Europea. En ambos estudios de los desafíos que presentan los servicios empresariales a nivel mundial, la "seguridad de las redes" obtuvo el lugar número uno y aclara debería ser el área más importante de inversión dentro de los departamentos de gestión de la información. La figura 1.7 muestra la frecuencia y el impacto que causan los diferentes grupos que atentan a las seguridad de las redes.

El impacto de los ataques a los servicios no están limitados a cierta región, portadora o empresa, de hecho de acuerdo al informe Forrester emitido en Marzo del 2006 que titulaba "*Are we secure yet?*", el 2005 fue una pesadilla para las grandes firmas, más de 52 millones de los respaldos personales de sus clientes fueron violados, esto se debió a la poca inversión hecha por ejecutivos que no tomaron muy en serio la seguridad de la información de sus negocios. La figura 1.9 muestra el reporte realizado por CSI/FBI⁷ del 2006.

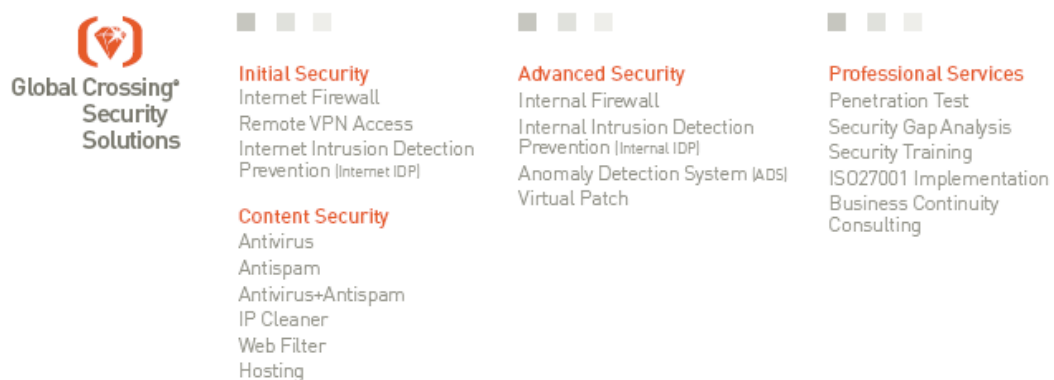


Figura. 1. 8 Global Crossing Security Solutions

⁷ *Computer Security Institute*

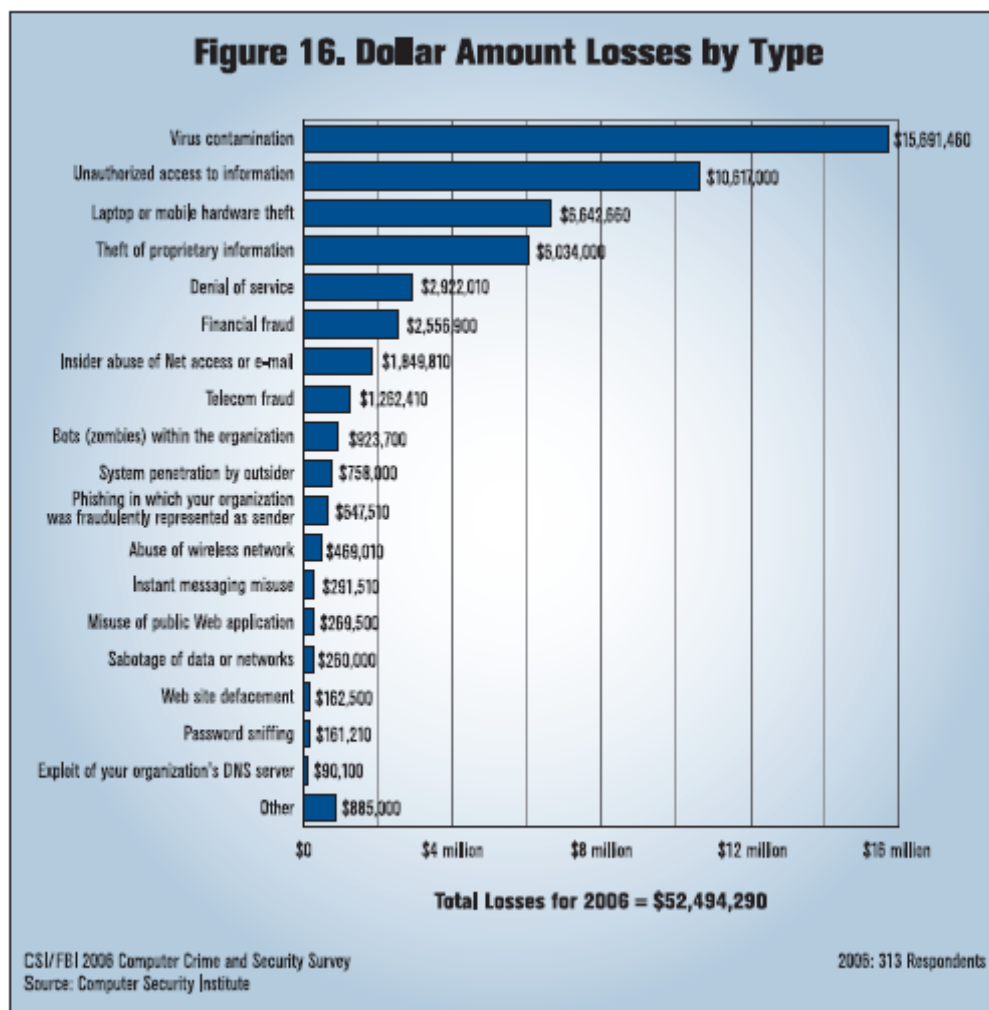


Figura. 1. 9 Reporte Anual del CSI/FBI correspondiente al año 2006.

Entendiendo que la seguridad es una de las prioridades en los negocios de sus clientes, Global Crossing ha desarrollado una estrategia de seguridad para proteger y asistir las redes de sus clientes. La estrategia implementa capas de seguridad múltiples, independientes y entrelazadas que provean una nueva experiencia de servicio en el cliente. La figura 1.8 muestra el pool de soluciones de Seguridad de Global Crossing que están íntimamente ligadas al modelo de capas TCP/IP.

1.2.3. Continuidad

Proteger los sistemas de información y datos es tan importante como asegurar la continuidad de los procesos de misión crítica durante una crisis. Un incidente en un sistema puede ocasionar importantes pérdidas y hasta poner en peligro la vida

misma de la empresa. Global Crossing Continuity Solutions permite prevenir incidentes y retomar, recuperar y restaurar las operaciones afectadas, reduciendo pérdidas económicas y daños a la lealtad del cliente, con costos predecibles.

Las soluciones end to end incluyen la intervención de expertos para evaluar riesgos y consecuencias, 15 Data Centres World Class conectados por la red de banda ancha más poderosa de Latinoamérica y los mejores profesionales gestionando las aplicaciones críticas basadas en procesos y procedimientos de ITIL y auditados en concordancia con SAS70 para cumplir con las regulaciones y mantener el BCP funcionando a lo largo de su vida útil.

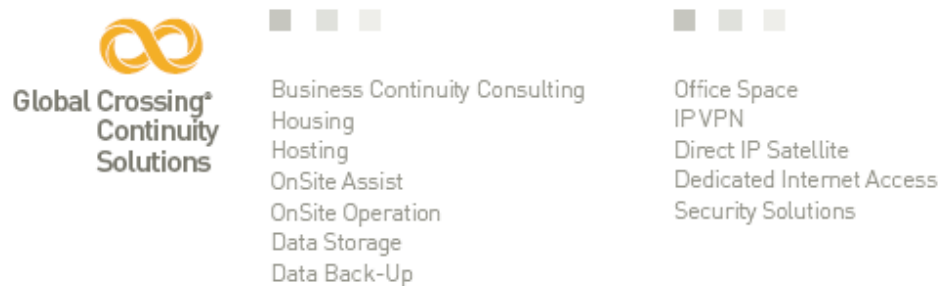


Figura. 1. 10 Global Crossing Continuity Solutions

La figura 1.10. detalla el pool de soluciones que soportan la continuidad de sus negocios.

1.2.4. Productividad

Cambios tecnológicos cada vez más frecuentes y costosos, niveles de competitividad cada vez mayores, presiones económicas fuertes y sostenidas y una mayor cuota de imprevisibilidad y riesgos son cuatro de las tendencias más evidentes que la economía globalizada imprime a los negocios.

Global Crossing On Demand Solutions permite que las empresas puedan convertir sus costos fijos en variables, mejorar el rendimiento, acceder rápidamente

a soluciones TIC⁸ de última generación y reducir los riesgos de obsolescencia tecnológica.



Figura. 1. 11 Global Crossing On Demand Solutions

La figura 1.11 detalla el paquete que ofrece Global Crossing dentro de las soluciones de productividad, con el fin de ajustarse a los presupuestos de los Gerentes de las unidades de TIC y PIC, con el acelerado crecimiento de la tecnología y el costo de tener personal debidamente capacitado estas alternativas son las mejoras ante crecimientos no planificados o implementación de servicios a corto plazo.

Global Crossing Voice IP Solutions integra tecnología, metodología y servicios de soporte profesional, optimizando contactos, mejorando la productividad y reduciendo los costos de migración gradual hacia IP.

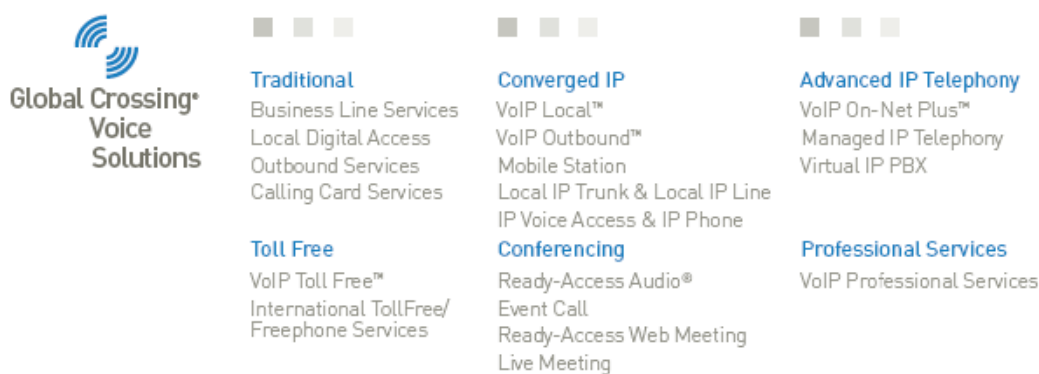


Figura. 1. 12 Global Crossing Voice Solutions

⁸ TIC Tecnologías de Información y Comunicaciones.

El fundamento está en desarrollar la mejor solución de voz que los negocios necesitan, partiendo de un análisis que tiene en cuenta los seis factores claves en toda solución de voz: funcionalidad, compatibilidad, escalabilidad, calidad, operatividad y costos.

1.2.5. Colaboración

Reunir a la gente es ahora más sencillo, con las soluciones de audio, web o video conferencia, que ofrece Global Crossing puede comunicarse y colaborar desde cualquier parte del mundo. Global Crossing Collaboration Solutions ofrece Audio conferencia, Web y aplicaciones de Video.

Audio conferencia: permite crear un foro utilizando el servicio de telefonía existente, cubriendo todas las necesidades desde servicios a pedido “sin reserva”, hasta operadores para ayudar en un auditorio virtual y mundial.

Web: ideal para compartir documentos, presentaciones, aplicaciones y feedback, total o parcialmente integrados con el servicio a pedido “sin reserva” de audio conferencia.

Video: se resumen en tres servicios con la inmediatez, el impacto y el toque personal de las video conferencias.

- IVideoconferencing.
- IPVideo.
- Ready Access Video.

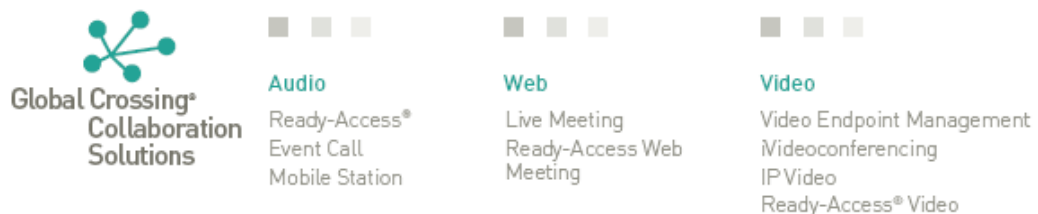


Figura. 1. 13 Global Crossing Collaboration Solutions

CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL

2.1. DEFINICIONES

La red Metro es simplemente el medio por el cual la red conecta a los usuarios y a las empresas a la WAN¹. En la Figura 2.1 se puede ver la estructura genérica de una red.

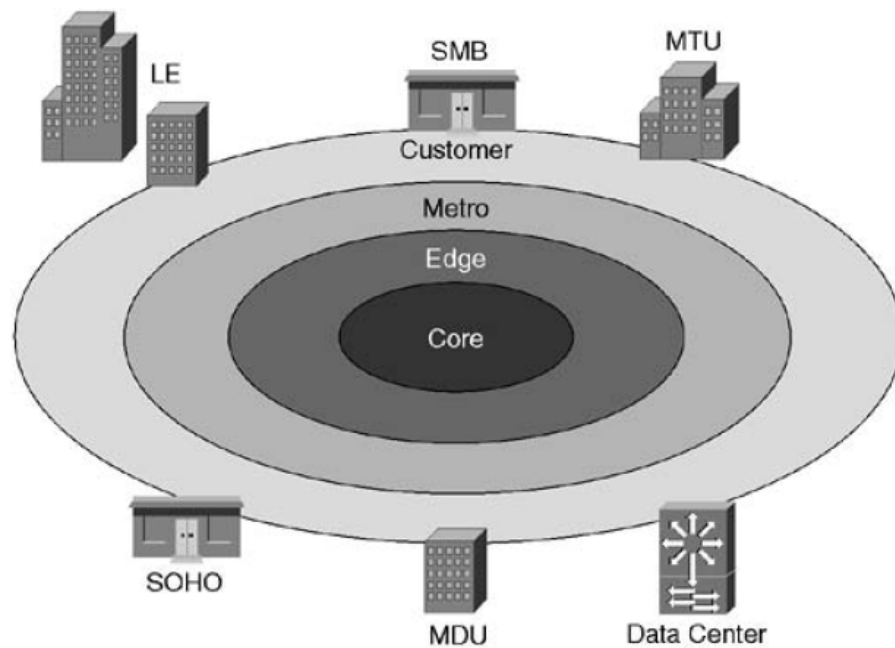


Figura. 2. 1. Red Genérica

La porción de la metro que tiene contacto con el cliente es llamada la última milla. La red Legacy metro consiste principalmente de tecnología TDM², la cual tiene que ser

¹ WAN Wide Area Networks.

² TDM Time Division Multiplexing.

muy optima para soportar servicios de voz, el equipamiento TDM básicamente consiste de multiplexores digitales (DAC's³, ADM's⁴).

La Figura 2.2 muestra un ejemplo de un acceso TDM estándar, se tiene una red on-net y off-net. Una red on-net es aquella en la cual la fibra llega a las oficinas del cliente y el proveedor de servicio instala un ADM en sitio, en este caso, los multiplexores digitales se encargan de multiplexar los E1's o DS3's y son transportados sobre el anillo de fibra SONET/SDH a la oficina central. En una red off-net, en la cual la fibra no llega al cliente, la conectividad es dada a través de accesos de cobre que son agregados a los CO⁵ usando DAC'S.

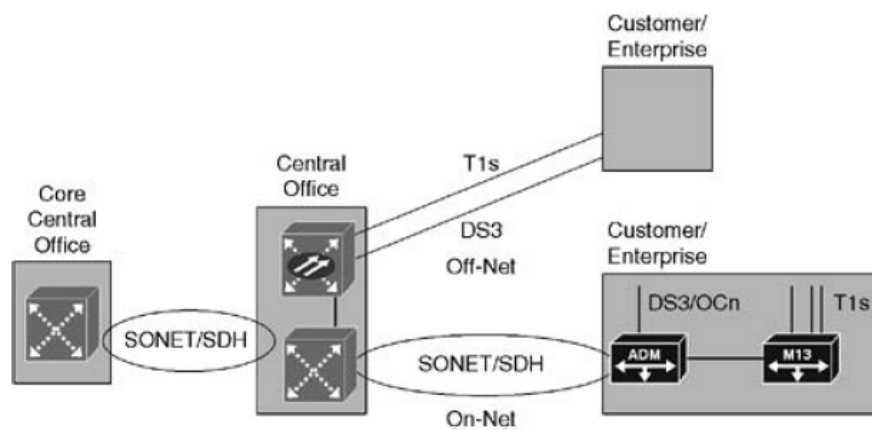


Figura. 2. 2 Red TDM Estándar.

La operación e instalación de una red puramente TDM es bastante tediosa y extremadamente cara de desarrollar. TDM por si misma es una tecnología bastante rígida y no tiene la flexibilidad y la economía de escala que el cliente necesita. El OPEX haciende al 70% del total de los costos lo que lo convierte en una tecnología con poca acogida para soluciones metro. Además de ello el ancho de banda que las interfaces ofrecen no crece linealmente acorde a las demandas del cliente, lo hace logarítmicamente. Una Interface T1, por ejemplo, ofrece 1.5 Mbps, el siguiente paso es una DS3 45 Mbps, el siguiente es una OC3 155 Mbps y así. Cuando el cliente necesita mayor ancho de banda que 1.5 Mbps el

³ DAC Digital Access Concentrator.

⁴ ADM Add/Drop Multiplexers.

⁵ CO Cross Conectores

proveedor se ve forzado a entregarle múltiples T1's o migrar a una DS3, el resultado es un mayor impacto en el costo del cambio.

La Figura 2.3 muestra la diferencia entre un modelo TDM y Ethernet en la entrega de un servicio de internet. En el modelo TDM el proveedor ofrece un circuito punto a punto T1, mientras que el ISP administra la entrega del Servicio de Internet, este modelo demarca una línea entre la entrega de servicios IP y la entrega de conectividad.

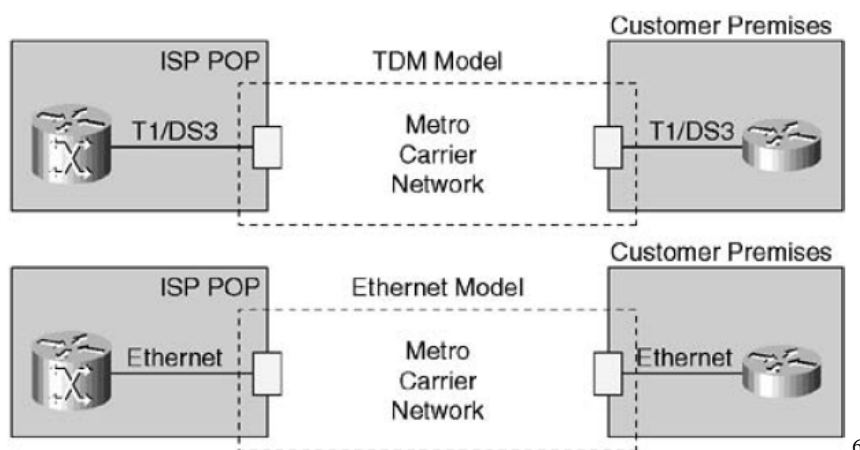


Figura. 2. 3. Modelo de red TDM y Ethernet.

En el modelo Ethernet ambas interfaces, en el proveedor y en el ISP, son ethernet, el proveedor administra la conexión en capa 2, mientras que el ISP administra el servicio IP. Desde una perspectiva operacional, este arreglo mantiene el modelo legacy pero abre la oportunidad a que el proveedor pueda vender servicios adicionales en la misma conexión ethernet sin hacer cambios al CPE⁷ y a la red.

2.1.1. Metroethernet

La tecnología Ethernet ha sido ampliamente aceptada en el desarrollo de las empresas, la simplicidad de esta tecnología le da la facilidad de incrementar el ancho de banda en una interfaz sin costos significativos. El costo de un switch orientado a un grupo de trabajo de una empresa debe costar menos de \$50.

⁶ Tomado de Cisco.Press.Metro.Ethernet.eBook-KB.

⁷ CPE Customer Premisse Equipment

Los costos, el desempeño y la facilidad de uso hacen de esta tecnología una de las alternativas más atractivas para los proveedores de servicios. A continuación se hace un resumen del valor que ofrece entregar una interfaz Ethernet, en lugar de una interfaz TDM:

Escalabilidad de ancho de banda: Simplemente hay que comparar el costo de instalar una interfaz Ethernet 100 Mbps con el costo de instalación de una interfaz T1, T3 y OC3 (155 Mbps). Una interfaz TDM requiere múltiples cambios de equipamiento que solo conllevan a mayor gasto en equipamiento con el incremento de la velocidad de la interfaz.

Linealidad en el incremento del ancho de banda: Una interfaz Ethernet, puede ser provisionada para proveer anchos de banda jerárquicos flexibles, hasta alcanzar la máxima capacidad del canal. Una interfaz TDM posee una jerarquía rígida de grandes saltos.

Rápida instalación: El procedimiento de instalación de un servicio Ethernet se puede hacer en varios minutos, no requiere la instalación de nuevo equipamiento, la asignación de recursos se la hace mediante software.

2.1.1.1. Estructura Genérica

La Figura 2.4 muestra una perspectiva de la red metro con énfasis en el acceso de datos, transporte de datos y entrega de servicios. Como se puede ver la red metro está dividida en tres segmentos.

Metro access: Este segmento constituye la porción de última milla, es la parte de la red que tiene contacto con el cliente. En un servicio corporativo, por ejemplo, el equipamiento de acceso se encuentra en un rack ubicado en el sótano de la empresa.

*Metro edge*⁸: Constituye el primer segmento del transporte metro, el equipamiento se encuentra localizado en lugares estratégicos dentro de un área metropolitana, su objetivo consiste en converger todos los accesos y transportarlos hasta el core⁹.

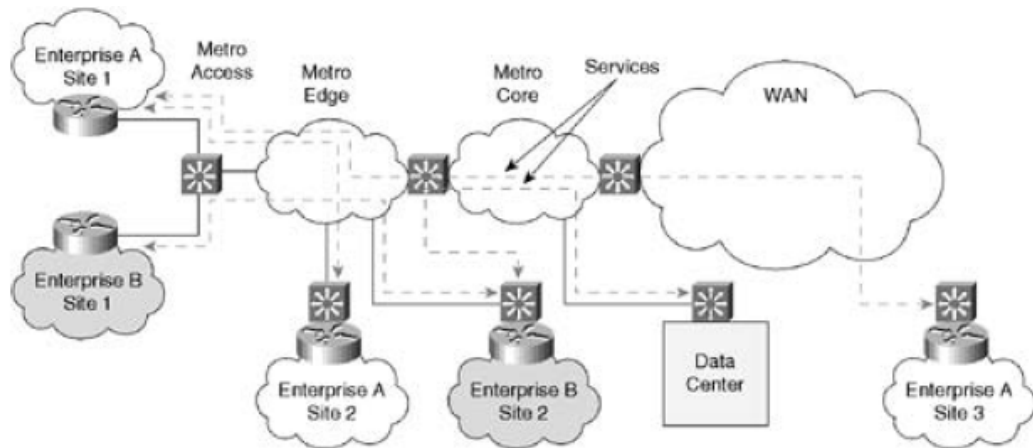


Figura. 2. 4. Estructura genérica de una red metro.

Metro core: Este segmento constituye un segundo nivel de transporte donde convergen todos los segmentos de transporte, es aquí donde se puedan entregar servicios de valor agregado y QoS¹⁰.

2.1.2. Punto de vista comercial

Los portadores de servicios están enfocados en brindar conectividad urbana, interurbana, nacional e internacional. La tecnología que desarrollen y el servicio que brinden dependerá del segmento de mercado al cual estén enfocados. El proyecto de tesis está orientado a diseñar una solución tecnológica que permita vender un amplio ancho de banda a medianas y grandes empresas.

A continuación se describe la propuesta de valor agregado que debe tener un operador que quiera entrar a competir con las actuales empresas líderes en el mercado y como una solución metroethernet puede ayudar a conseguirlo.

⁸ Borde

⁹ Núcleo

¹⁰ Calidad de servicio

Instalación del servicio en días en lugar de semanas o meses: Uno de los componentes claves de un proveedor de servicios es la habilidad de poner en marcha el servicio en días, sin embargo, para lograr esto, el servicio tiene que estar casi listo esperando a que el cliente lo requiera. Los proveedores gastan gran cantidad de dinero en expandir su red esperando a que los clientes aparezcan.

Modelo de inversión según crecimiento: Con una conexión ethernet, el cliente puede adquirir un inicial ancho de banda y SLA y luego tiene la opción de cambiar el servicio con una simple llamada a su proveedor. El proveedor puede inmediatamente asignar el ancho de banda deseado simplemente cambiando los parámetros de la red vía software. Algunos proveedores le dan la facilidad al cliente de ampliar sus parámetros de ancho de banda vía WEB.

Flexibilidad del servicio: con una interfaz ethernet el proveedor de servicios puede ofrecer al cliente diferentes tipos de servicios, acceso a Internet, TLS¹¹, VoIP¹². Cada servicio es brindado sobre su propia VLAN¹³ y es switchheada de diferente forma dentro de la red. Los diferentes servicios pueden venderse sobre la misma interfaz ethernet o alternativamente, cada servicio puede tener su propia interfaz.

Greenfield	Incumbent
1.5 Mbps at ~\$500/month	T1 (1.5 Mbps) at ~\$750/month
3 Mbps at ~\$750/month	2 * T1 at ~\$1500
45 Mbps at ~\$2250/month	T3 (45 Mbps) at ~\$6000/month

Tabla. 2. 1. Cuadro comparativo de servicios Ethernet vs T1/T3

Modelo de bajo precio: Los pioneros en ofrecer soluciones sobre ethernet fueron bastante agresivos, las campañas iniciales de marketing clamaban “*El doble de ancho de banda por la mitad de precio*”. En sus inicios el costo de una interfaz ethernet 100 Mbps variaba en el rango de \$100 a \$5000 por mes, dependiendo del portador al cual

¹¹ Transparent LAN Service

¹² Voz sobre IP

¹³ Virtual LAN

contrataba, la disponibilidad y el horario del soporte técnico. La Tabla 1 compara el precio entre servicios ethernet y T1/T3.

2.1.3. Limitaciones actuales de usar ethernet en la metro

Cuando se habla de Ethernet en la red metro, es justificable hacer una comparación con servicios como ATM y Frame Relay, usando estos protocolos como una referencia de trama, se puede identificar las siguientes limitaciones del ethernet nativo o puro como un medio de transporte metro.

- Garantía de QoS end to end:

Las palabras claves en este punto son “end to end”, debido a que los múltiples elementos que intermedian la red afectan la percepción del servicio al punto final. Ethernet necesita mecanismos para:

Admisión de conexiones para los requerimientos de nuevos servicios: ¿Puede un requerimiento específico de QoS ser admitido, sin comprometer el desempeño de las demandas que ya han sido aceptadas?

Compromiso y políticas para mantener un acceso fiable: A nivel de paquete, ¿Puede el acceso, con el ancho de banda disponible, ser asegurado en el marco de las demandas actuales, y puede ser garantizado durante los tiempos de congestión?

Asegurar una trayectoria óptima a través de la red: ¿El establecimiento de la trayectoria usando el algoritmo Spanning Tree introduce pérdidas, jitter y retardo?

Etiquetamiento de paquetes: Siendo la habilidad de marcar los paquetes con el propósito de priorización y clasificación, para ofrecer un diferenciamiento de servicios.

- Mecanismos de protección:

Tomando sus orígenes en las redes LAN, ethernet tradicionalmente ha desarrollado mecanismos de protección ante eventualidades en la red.

Slow Failure Recovery: Los cortes de enlace en un ambiente ethernet son manejados por el algoritmo Spanning Tree, al cual le toma cerca de 10 segundos el converger dependiendo del tamaño de la red, comparado a los 50ms. del mecanismo de protección (APS) disponible en las redes SONET. Estas son magnitudes de tiempo muy altas para aplicaciones críticas como voz y video.

- OAM In- Service:

Ethernet no dispone del overhead capaz de monitorear el BER en servicio como el overhead BIP-8 en SONET, esta capacidad es muy útil para crear puntos de demarcación del servicio, que permitan hacer diagnósticos (loop-backs) y mediciones de desempeño.

- Escalabilidad y reutilización de la red:

Una de las ventajas de Ethernet en el dominio de una empresa es la habilidad de particionar lógicamente grupos de usuarios sobre la misma red física, usando el concepto de VLAN's., esto a su vez presenta varios desafíos actualmente, entre los cuales están:

Espacio limitado para el etiquetamiento de la VLAN: El estándar IEEE 802.1.q define un espacio de identificación de 4096 posibles etiquetas, esto es insuficiente para un proveedor de servicios grande.

Desafíos de Spanning Tree: Un sencillo esquema de spanning tree permite una única trayectoria libre de loops, esto implica un desequilibrio en la distribución de la carga y la creación de posibles cuellos de botella, múltiples spanning trees están bajo consideración por la IEEE 802.1s en miras a contrarrestar estas limitaciones.

2.1.4. Posibles soluciones a los actuales desafíos presentados por Ethernet

Es muy importante considerar que las empresas que manufacturan el equipamiento y los proveedores de servicios están viendo mecanismos para contrarrestar las actuales limitaciones que presenta una red metroethernet. Cada una de

las implementaciones aún no es específica pero enmarcan los ingredientes para hallar una solución certera:

○ Garantía QoS end to end:

MPLS (Multiprotocol Label Switching) tiene el potencial para ser la solución a largo plazo de las limitaciones de QoS, entre sus beneficios se encuentran:

- Capacidad para implementar Ingeniería de Tráfico.
- Provee el ancho de banda garantizado (Tuberías).
- Tiene una capacidad de identificación de cada paquete inherente (vía de EXP bits).
- Diseñada para trabajar con plataformas de cualquier tipo.

○ Mecanismos de protección:

IEEE 802.1w (Rapid Reconfiguration Spanning Tree): implementa un algoritmo de convergencia más veloz, alrededor de un segundo el tiempo de convergencia, aún alto para el tiempo de restauración de SONET que es de 50ms.

IEEE 802.3ad (Link Aggregation): grupos de troncales con el objetivo de proveer backup's continuos, este alcance tiene su mérito en ciertas aplicaciones donde la diversidad geográfica de trayectorias es necesaria, adicionalmente provee beneficios adicionales como son el balanceo de tráfico.

IEEE 802.17 (Resilient Packet Ring): el grupo de trabajo tiene como objetivo de diseñar un mecanismo de protección que brinde un tiempo de convergencia de 50 ms.

Todas estas áreas de trabajo están siendo alineadas y apoyadas a través del MEF, organismo que será detallado más adelante, hasta el momento los beneficios pesan mas que las limitaciones y es esto lo que ha generado que la industria se vuelque a la generación IP donde ethernet es su principal protagonista. A continuación se detallan los servicios que es capaz de brindar una red basada en ethernet.

2.1.5. Servicios Metroethernet

Los servicios metroethernet varían mucho dependiendo del objetivo de mercado, residencial o comercial, o a su vez masivo o corporativo. A continuación se encuentra una lista de la mayoría de servicios que pueden ofrecerse:

- Conectividad a Internet.
- Servicio LAN to LAN transparente.
- P2P – MP2MP LAN (Punto a punto o multipunto a multipunto).
- LAN a recursos de red (Data Center remoto).
- Extranet.
- LAN a FR/ATM VPN.
- Transporte metro urbano e interurbano.
- VoIP

Algunos de estos servicios ya han sido ofrecidos por varios años con distintas tecnologías, la diferencia consiste en que ahora se proveen con una conectividad ethernet, y los proveedores se manejan bajo un modelo en el cual todos los servicios pueden ser dados bajo una misma infraestructura y además de ello pueden ser vendidos al mismo cliente sin ningún mayor cambio en las operaciones. A continuación se detalla uno de los servicios en los cuales se centrará el desarrollo de la Tesis.

2.1.5.1. MP2MP Lan

La Figura 2.5 muestra el ejemplo de una solución MP2MP. El portador se comporta como un switch de capa 2 que ofrece conectividad multipunto – multipunto entre las diferentes localidades del cliente.

El cliente se beneficia del control que le ofrece el portador para el desarrollo de su red, los routers del cliente en localidad pueden intercambiar protocolos de enrutamiento sin interferir con el enrutamiento del portador y el portador no tiene que lidiar con el direccionamiento IP del cliente. Una observación importante es que si el portador se comporta como un switch de capa 2, esto no implica que la tecnología usada en la red del portador se base puramente en ethernet o capa 2.

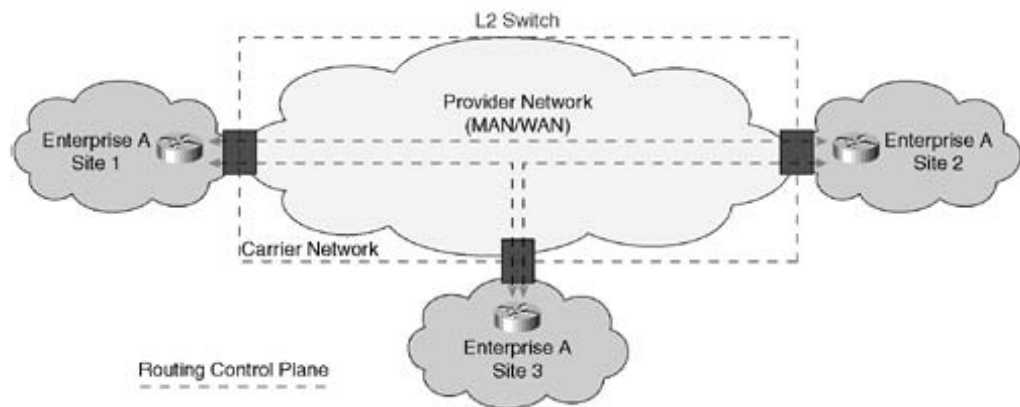


Figura. 2. 5. Servicio MP2MP

2.1.6. MEF (Metro Ethernet Forum)

Metro Ethernet Forum es una organización encargada de acelerar la adopción mundial de las redes ethernet carrier class y sus servicios. Entre sus objetivos principales se encuentran:

Construir y unificar proveedores de servicios, con proveedores de equipos y clientes finales en una definición Ethernet.

Facilitar la implementación de estándares nuevos y existentes, elaborar procedimientos de prueba y especificaciones técnicas para que los servicios Ethernet y las redes basadas en Ethernet sean consideradas una alternativa carrier class.

Conseguir una concientización mundial de los beneficios de los servicios ethernet y las redes de transporte basadas en Ethernet.

En resumen, las prioridades que tiene el MEF es definir los servicios para redes de transporte basadas en ethernet y las tecnologías carrier class de transporte metro basadas en Ethernet. En las secciones posteriores se citarán varios papers publicados por el MEF que sirvieron para el desarrollo de este proyecto.

2.2. TECNOLOGÍAS METRO

Los servicios y aplicaciones ethernet no necesariamente requieren Ethernet como la tecnología de transporte por defecto, la red metro puede ser implementada bajo varias tecnologías como:

- Ethernet over SONET/SDH (EOS)
- Resilient Packet Ring (RPR)
- Ethernet Transport.

El objetivo de la tesis se enfoca en ofrecer una red metro puramente ethernet por lo que centraremos el análisis en la tercera tecnología.

2.2.1. Transporte Ethernet

Desde inicios del 2000, los desarrollos en Ethernet han tomado muchas figuras y formas, algunas han funcionado y otras no. Cuando se utiliza ethernet como una tecnología de transporte, la red de acceso puede estar estructurada de dos formas: Topología tipo anillo o hub, la topología que será minuciosamente discutida será tipo anillo, ésta será la alternativa que se adoptará para la implementación del proyecto, más adelante se detallarán las razones por las cuales fue escogida.

2.2.1.1. Anillos Gigabitethernet

Las topologías en anillo son las mayormente usadas por su bajo costo, sin embargo la situación difiere dependiendo si se trata de un portador en Ecuador o se trata de portadores internacionales, proveedores de servicios locales o proveedores de soluciones. De esto dependerá si es más conveniente implementar cualquiera de las tecnologías mencionadas anteriormente. Los anillos Gigabit Ethernet son una serie de conexiones punto a punto entre switches, usualmente ubicados en las bases de los edificios o en los tan conocidos nodos de los portadores. Por simple que se vean imponen varios desafíos, entre los más mencionados y discutidos se encuentran: Capacidad y Protección, siendo el primero el mayor de ellos. Un anillo Gigabit Ethernet brinda solamente 1GB de capacidad máximo entre los puntos

remotos y no es totalmente disponible debido a paquetes de control (Spaning Tree) creados para prevenir Loops, la Figura 2.6 muestra la topología más general de un anillo Gigabit Ethernet.

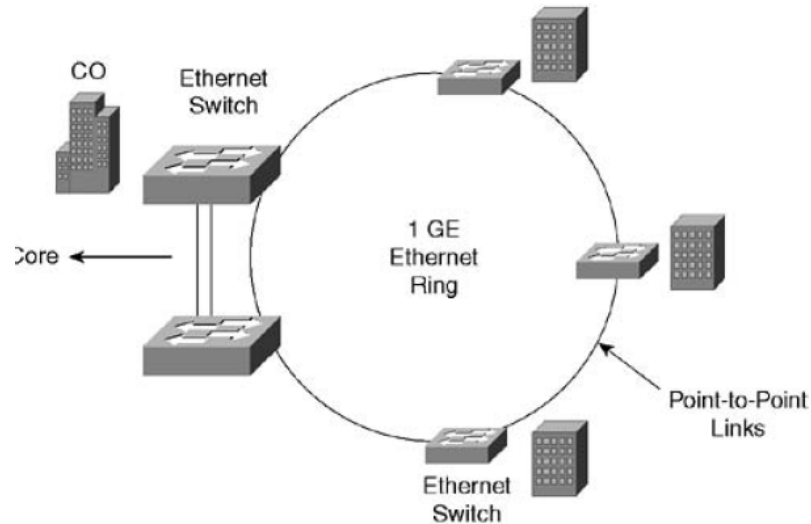


Figura. 2. 6. Topología genérica de un anillo Gigabith Ethernet

Con una operación de switcheo de capa 2, el anillo se convierte en una colección de enlaces punto a punto, incluso cuando se presenta un corte de fibra spanning tree bloquea una porción del anillo para prevenir tormentas de broadcasts causadas por lazos.

Una tormenta de broadcasts ocurre, por ejemplo, cuando un paquete sin un destino definido alcanza un nodo, el nodo difunde el paquete por todo el anillo acorde el estándar definido en 802.3d, si existe un lazo en la red, el paquete puede terminar siendo recibido y reenviado por el mismo nodo vez tras vez. El algoritmo Spaning Tree usa paquetes controlados, llamados BPDU's (Bridge Protocol Data Units), para detectar lazos y bloquearlos, este protocolo usualmente toma entre 30 y 60 segundos en converger.

El nuevo estándar 802.1W Rapid Spaning Tree permite una convergencia más veloz, pero aún sigue lejos de alcanzar los 50 ms, algunos algoritmos propietario han sido introducidos alcanzando la convergencia del anillo en 1 seg., lo cual suena agradable para varios proveedores de servicios de datos e incluso Voz sobre IP. Sin embargo, porque el switcheo de capa 2 no puede operar en un ambiente de lazos,

muchos de estos algoritmos necesitan bloquear trayectorias redundantes para prevenir las tormentas de broadcasts, y no son considerados tan confiables como los mecanismos de protección de RPR o SONET/SDH que están jerarquizados en el nivel carrier-class.

Cuando un corte de fibra ocurre Spaning tree hace el reajuste y la trayectoria entre los diferentes nodos es establecida, en la Figura 2.7 se puede ver la trayectoria antes de un corte Parte (A) y la nueva trayectoria establecida cuando ha ocurrido un corte de fibra (B).

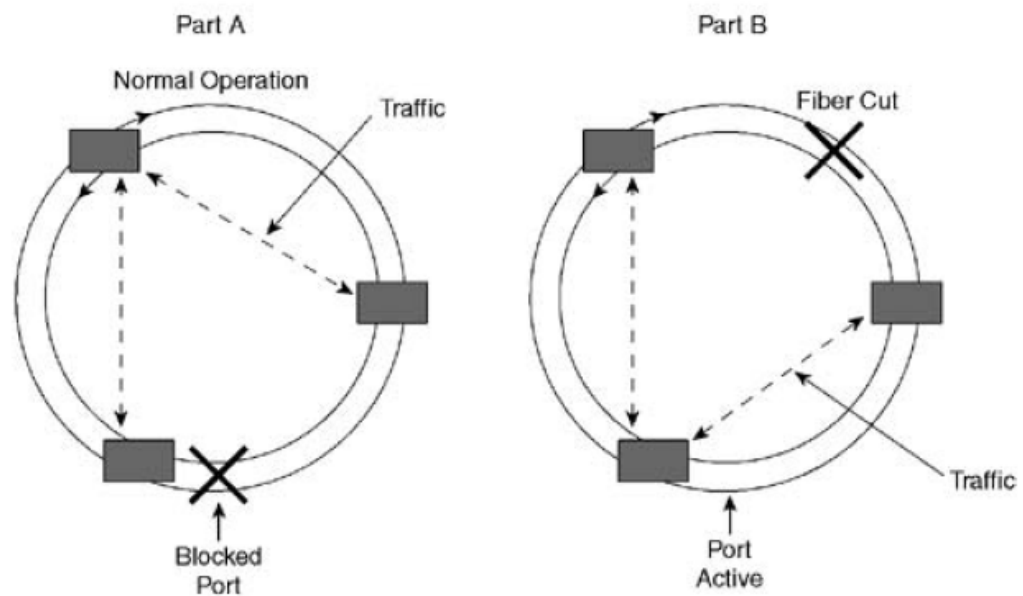


Figura. 2. 7 Spanning Tree

Aunque los anillos 10 Gigabit – Ethernet podrían aliviar los desafíos de la congestión, las soluciones iniciales eran extremadamente caras y estaban orientadas a formar parte de las redes de Core. Según como han ido madurando las soluciones 10 GE y sus precios se han visto reducidos, se han ido convirtiendo en soluciones aplicables para redes de acceso.

2.2.2. Fundamentos del L2 Switching¹⁴.

¹⁴ Switcheo de capa 2

L2 Switching permite a los paquetes ser diseccionados en la red, basados en su dirección MAC¹⁵. Cuando un paquete llega al switch, el equipo revisa la dirección MAC de destino y envía el paquete al puerto de salida desde el cual aprendió la dirección MAC de destino.

Lo elementos fundamentales en L2 Switching Ethernet son: Dirección MAC y VLAN¹⁶. En la misma forma que la dirección IP es la referencia de una estación a nivel 3, la dirección MAC en Ethernet L2 Switching es la referencia de la estación final. Sin embargo, a diferencia de las direcciones IP, que son asignadas por el Administrador y en la mayoría de redes privadas pueden ser reutilizadas, las direcciones MAC se supone que deben ser únicas ya que son el identificador del propio hardware y además no pueden ser asignadas por el administrador de red.

Ethernet es un medio de difusión, sin el concepto de VLAN's un broadcast¹⁷ enviado por una estación es enviado a todos los segmentos físicos de la LAN. El concepto de VLAN permite la segmentación de la LAN en entidades lógicas, y el tráfico se localiza en esas entidades lógicas. Por ejemplo, el campus de una universidad puede alocar múltiples VLAN's, una para facultades, otra para estudiantes y una tercera para el personal administrativo.

El tráfico de broadcast en cada una de estas VLAN's está vinculado intrínsecamente a su propia VLAN. La Figura 2.8 muestra el concepto de una LAN ethernet usando un Hub (A) y un switch (B). Con un hub ethernet, todas las estaciones comparten el mismo segmento físico, un hub de 10 Mbps permite el paso de broadcast y unicast entre las estaciones que comparten los 10 Mbps.

El switch en la derecha permite un ancho de banda de 100 Mbps para cada segmento VLAN 10 y VLAN 20, hay que tomar en cuenta que el concepto de VLAN es independiente de la estación en si mismo. Este concepto lógico opera en los switches, en este ejemplo los puertos 1 y 2 están relacionados a la VLAN 10, mientras que los puertos 3 y 4 a la VLAN 20.

¹⁵ *Media Access Control*

¹⁶ *Virtual LAN*

¹⁷ *Difusión*

Cuando la estación A1 y A2 envían tráfico, el switch etiqueta el tráfico con la VLAN asignada a la interfase y realiza las decisiones de direccionamiento basados en el número de la VLAN. El resultado es que el tráfico de ambas VLAN's se encuentra perfectamente diferenciado.

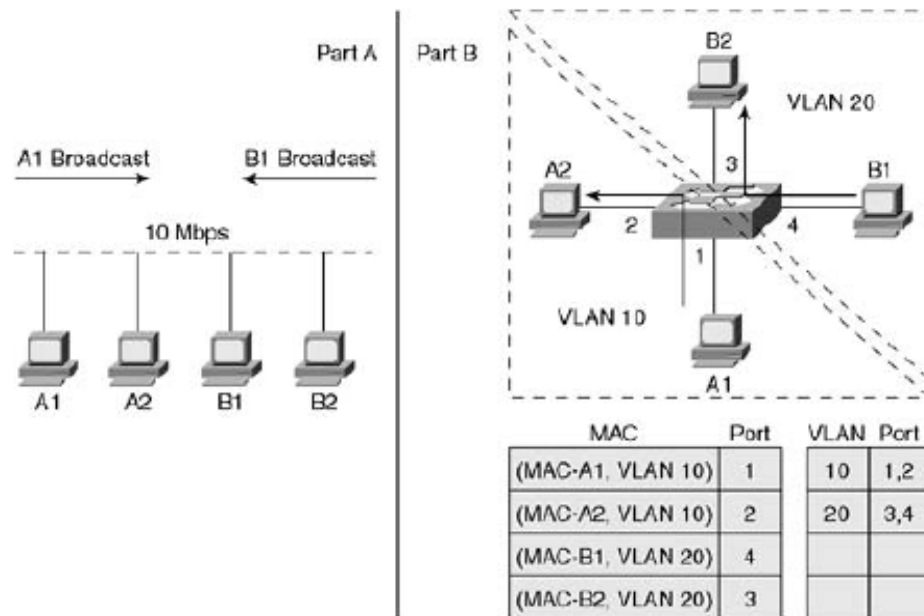


Figura. 2. 8 Direccionamiento MAC y VLAN's

L2 Ethernet Switching incluye los siguientes conceptos básicos:

- Aprendizaje MAC

El aprendizaje MAC permite al switch Ethernet aprender la dirección MAC de la estación en la red e identificar por que puerto enviar el tráfico. Normalmente los switches guardan una tabla de direcciones MAC y una tabla VLAN, la tabla de aprendizaje VLAN asocia las MAC's/VLAN's con un puerto dado, y la tabla VLAN asocia el puerto con la VLAN.

En la figura 2.8 (B), el switch ha aprendido las direcciones MAC de las estaciones A1, A2, B1 y B2 en los puertos 1,2,4 y 3 respectivamente. Adicional se

puede ver que los puertos 1 y 2 están asociados a la VLAN 10 y los puertos 3 y 4 a la VLAN 20.

- Inundaciones (*Flooding*).

Si el switch recibe un paquete con una dirección MAC destino que no consta en su tabla MAC, el switch envía el paquete a todas las interfaces que están asociadas a la VLAN asignada a la interfase de donde vino el paquete, el switch no envía la trama de salida al puerto que generó la trama original. Este mecanismo es llamado *flooding*, y permite la entrega rápida de paquetes a su destino, incluso antes de que todas las direcciones MAC de todos los switches de la red hayan sido aprendidas.

El embrollo detrás de todo el proceso se centra en el consumo de recursos de la red que de tener las tablas completas no sería usado. Las VLAN's minimizan el efecto del *flooding* porque concentran la inundación en una VLAN en particular, el switch utiliza la tabla para mapear los puertos asociados a la VLAN y envía los paquetes a dichos puertos asociados.

- Uso de broadcast y multicast.

La difusión (Broadcast), es utilizada por los clientes habilitados para descubrir recursos que son anunciados por los servidores. Cuando un servidor anuncia los servicios a sus clientes, estos envían mensajes de broadcasts con la dirección MAC FFFF FFFF FFFF, que significa "todas las estaciones". Los clientes finales escuchan la difusión y selección la difusión en la que están interesados para minimizar el consumo de CPU.

Con multicast, una sub – división de broadcast, una estación envía el tráfico solo a un grupo de estaciones no a todas ellas. Las direcciones broadcast y multicast se les da el tratamiento de dirección destino desconocida y son esparcidas a través de todos los puertos dentro de la VLAN. Algunos protocolos de capas superiores como IGMP *snooping*¹⁸ ayudan a mitigar la inundación de paquetes IP multicast sobre una red

¹⁸ Fisgón

switchheada de capa 2 identificando el set de puertos a los cuales está orientado el broadcast o multicast.

- Expandir la red con troncales.

Una red de switches de capa 2 puede consistir de muchos switches interconectados con puertos troncales, estos puertos no diferencian mucho de los que se conectan a cada host, sin embargo tienen la tarea adicional de transportar el tráfico proveniente de muchas VLAN's dentro de la red. Este escenario se muestra en la Figura 2.9. Los puertos troncales pueden interconectar switches construidos por diferentes marcas, he aquí la necesidad de la estandarización en el mecanismo de etiquetado de las VLAN's.

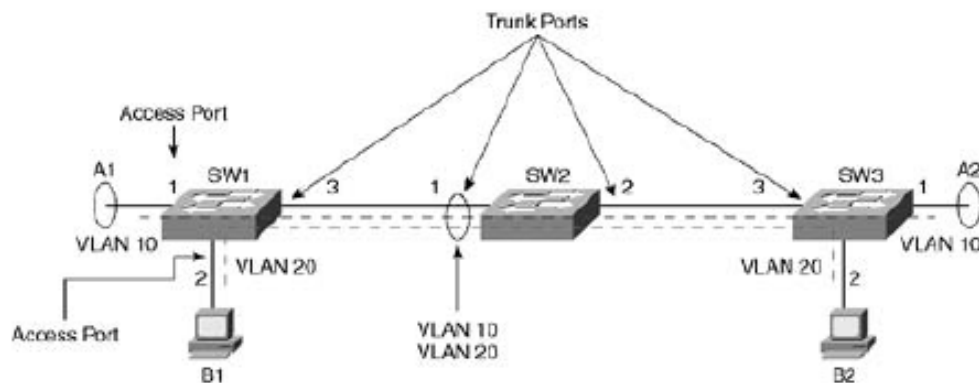


Figura. 2. 9 Puertos troncales.

En la figura 2.9, los switches SW1 y SW3 tienen asignado el puerto de acceso 1 con la VLAN 10 y el puerto de acceso 2 con la VLAN 20. El puerto tres es un puerto troncal utilizado para interconectarse a otros switches dentro de la red. Note que el SW2 no tiene puertos de acceso y su única tarea es interconectar los puertos troncales.

Se puede ver que la simplicidad de los switches ethernet se convierte en algo extremadamente complejo debido al asignamiento de VLAN's dentro de la red que permitan el direccionamiento de tráfico a través de los puertos correctos. En FR, ATM y MPLS, se presentan similares complejidades que son sobre llevadas a través de algún mecanismo de señalización.

Ethernet no tiene definido un protocolo de señalamiento, el único mecanismo que tiene la red es una aplicación que corre a través de la red y simplifica la localización de las VLAN's. Este mecanismo funciona en pequeñas y medianas empresas pero se convierten en inmanejables en redes de portadoras de alta capacidad, debido a esto se crearon protocolos como LDP y RSVP-TE protocolos que serán discutidos más adelante.

o VLAN Tagging.

IEEE 802.1 Q define como las tramas ethernet son etiquetadas con una VLAN ID, ésta semi-etiqueta es asignada por el switch no por la estación final. El switch asigna el número de VLAN a un puerto y cada paquete recibido es ese puerto es etiquetado con un VLAN ID, como se explico anteriormente el switch direccionara los paquetes a los puertos que pertenezcan a esa VLAN. El tráfico entre VLAN's diferentes es enviado a un mecanismo de ruteo incluido en el propio switch o a un router externo. La figura 2.10 muestra como el campo VLAN ID es insertado en un paquete ethernet no etiquetado.

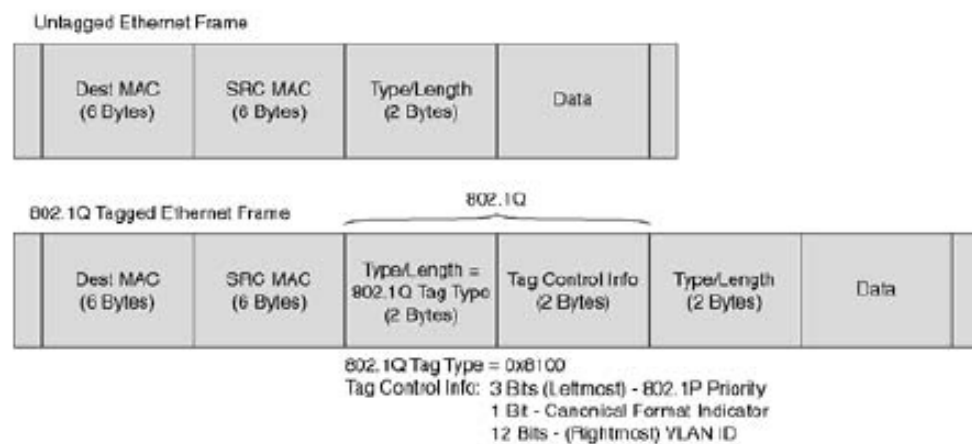


Figura. 2. 10 VLAN Tagging

Un paquete Ethernet no etiquetado está formado por la dirección MAC origen, MAC destino, un campo de TYPE y los datos. La etiqueta de cabecera 802.1Q está ubicada entre la dirección MAC de origen y el campo TYPE, esta consiste de un campo identificador de 2 Bytes y un campo de información de control de la etiqueta de 2 Bytes igualmente.

El campo de identificación se setea a 0x8100 lo que indica que se está usando un paquete etiquetado según el protocolo 802.1Q, los siguientes 2 Bytes que son los de control de información de la etiqueta consisten de 3 bits más significativos que indican la prioridad del paquete basados en 802.1P, y 12 bits menos significativos que indican el identificador de la VLAN. El campo 802.1P da al paquete cerca de ocho diferentes niveles de priorización que pueden ser usados para dar diferentes servicios dentro de la red. Los 12 bits del campo VLAN ID permitan la asignación de cerca de 4096 números de VLAN para diferenciar los paquetes dentro de la red. Las aplicaciones metroethernet requieren extensiones de L2 switching que no están definidos en los estándares.

Un ejemplo de esto es la habilidad de hacer apilamiento de VLAN's con el propósito de asignar múltiples etiquetas en el mismo paquete ethernet y crear una pila de VLAN's ID's, diferentes entidades pueden hacer L2 switching en diferentes niveles de la pila de VLAN's. Cisco Systems llama a este concepto Q in Q que es un término corto para 802.1Q in 802.1Q como se muestra en la figura 2.11.

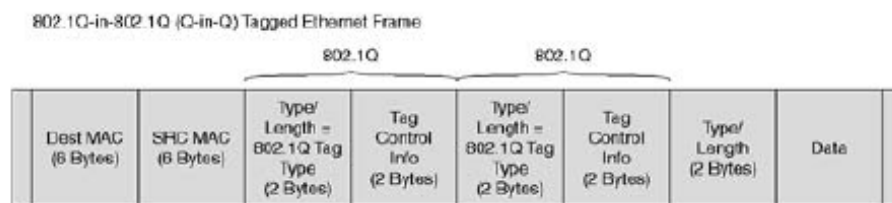


Figura. 2. 11. Concepto Q in Q de Cisco Systems

Como se puede ver una trama ya etiquetada puede nuevamente ser etiquetada y crear una jerarquía, la simplicidad de ethernet, la carencia de estandarización para varios tipos de extensiones, la dependencia de STP, y la explosión de direcciones MAC contribuye a la falta de confianza de muchos proveedores en desarrollar una red ethernet a gran escala.

- o La necesidad del protocolo Spanning Tree - EAPS (STP)

Las redes que utilizan L2 switching trabajan con las bases de aprendizaje de direcciones MAC y flooding. Si existen múltiples trayectorias para el mismo destino, y

el paquete tiene un destino desconocido, el proceso de flooding puede ocasionar que el paquete regrese al switch de origen que lo puso en la red causando una tormenta de broadcast.

STP previene los lazos en la red bloqueando las trayectorias redundantes y asegurando que existe una trayectoria activa única entre los switches de origen y destino dentro de la red. STP propietario de CISCO utiliza paquetes llamados (BPDU's)¹⁹, son paquetes de control que viajan a través de la red con la función de identificar que trayectorias y puertos deben ser bloqueados. EAPS trabaja de la misma manera pero su propietario es Extreme, tiene la ventaja de que su tiempo de convergencia alcanza los 50 ms.

2.2.3. Conceptos de Servicios Metroethernet

El MEF define el UNI²⁰ como el punto que delimita el equipamiento del cliente y la red del proveedor de servicios, el EVC²¹ está definido como la asociación de una o más UNI's, en otras palabras, el EVC es un túnel lógico que conecta dos sitios P2P o varios sitios MP2MP habilitando la transferencia de tramas ethernet entre ellos, a su vez actúa como la separación entre varios clientes y provee privacidad y seguridad, similar al comportamiento de los PVC's en ATM o Frame Relay.

El MEF define dos tipos de servicio Ethernet:

- ELS *Ethernet Line Service*: Es básicamente un servicio Ethernet punto a punto.
- E-LAN *Ethernet LAN Service*: Este es un servicio Ethernet multipunto multipunto.

La figura 2.12 ilustra las similitudes entre un EVC y el PVC comúnmente conocido en protocolos antiguos.

¹⁹ *Bridge Protocol Data Units*

²⁰ *User to network Interface*

²¹ *Ethernet Virtual Connection*

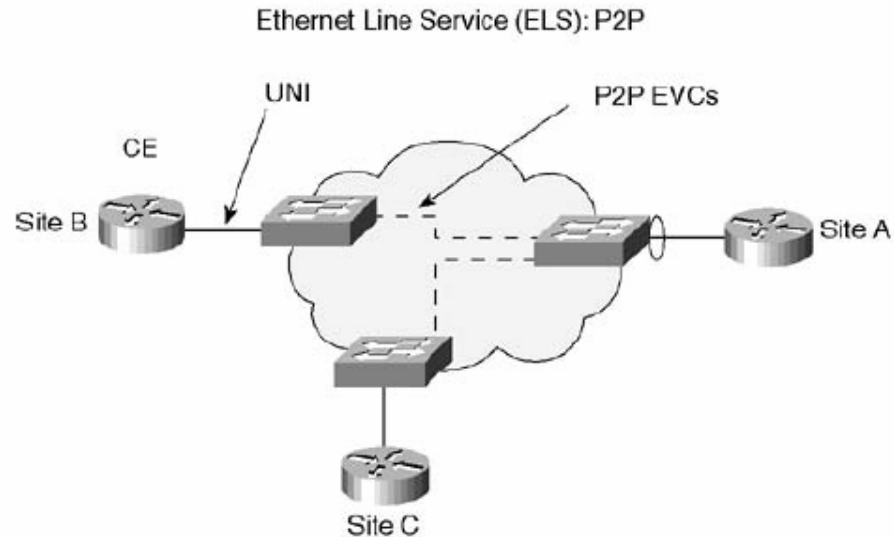


Figura. 2. 12 Ethernet LAN Service (E-LAN) MP2MP

La figura 2.12 a su vez ilustra la flexibilidad en proveer un servicio VPN debido a que un EVC toca a todos los sitios, si un lugar se suma a la VPN, el nuevo sitio participa del EVC y automáticamente tiene conectividad a los otros lugares.

2.2.4. Parámetros y atributos de los servicios ethernet.

El MEF ha desarrollado un grupo de trabajo que ayude a los suscriptores y proveedores de servicio a tener una nomenclatura común cuando hablan acerca de diferentes tipos de servicio y sus atributos, para cada uno de los dos tipos de servicio, ELS y ELAN, el MEF ha definido los siguientes atributos y correspondientes parámetros que definen las capacidades del tipo de servicio:

- *Atributos de la interfaz física ethernet:* La interfaz física ethernet tiene los siguientes parámetros.
 - Medio físico: El estándar IEEE 802.3 define el medio físico por ejemplo: 10 BaseT, 100BaseT y 100BaseX.
 - Velocidad: 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps o 10 Gbps.
 - Negociación: Define el tipo de transmisión half duplex, full duplex o auto negociación entre puertos ethernet.

- Capa MAC: especifica que capa MAC se adapta según las especificaciones de los estándares 802.3 -2002.
- *Parámetros de tráfico:* el MEF ha definido un set de anchos de banda que pueden ser aplicados al UNI y a su vez al EVC. Administrar los perfiles de ancho de banda puede convertirse en una tarea realmente complicada, para una conexión P2P que conecta dos sitios con un único EVC es sencillo calcular el perfil de ancho de banda que sale y entra a la conexión, sin embargo para el caso de un servicio multipunto donde múltiples EVC`s interconectan los n sitios y donde una interfaz física puede tener varios EVC`s se convierte en una tarea bastante complicada, resulta más práctico aplicar el perfil al UNI. El perfil de ancho de banda de un servicio consiste de los siguientes parámetros de tráfico:
 - *CIR(Committed Information Rate):* Es la mínima tasa real garantizada que la red puede entregar en condiciones normales, un servicio puede soportar un CIR por VLAN en la interfaz del UNI, sin embargo la suma de todos ellos no puede superar la velocidad física de dicha interfaz. El CIR tiene un parámetro adicional asociado que es llamado *CBS (Committed Burst Size)*, es el límite al cual el tráfico del servicio puede incrementarse sin que los paquetes empiecen a ser descartados, el CBS debe ser especificado en MB o KB, por ejemplo: Un servicio es contratado con un CIR de 3 Mbps y CBS de 500 KB, el suscriptor tiene garantizado un mínimo de 3 Mbps y puede sobre pasarse hasta por sobre 500 KB adicionales, el tráfico que exceda dicha capacidad será descartado o encolado para ser entregado después.
 - *PIR (Peak Information Rate):* El PIR define la tasa por sobre el CIR al cuál el tráfico es permitido en la red y pueda ser entregado si la red no se encuentra congestionada. El PIR tiene un parámetro adicional asociado llamado (*Maximum Burst Size*), el MBS es la cantidad de tráfico por sobre el PIR que puede ser gestionada por la red sin que los paquetes comiencen a ser descartados o encolados. El MBS está definido en KB o MB, similar al CBS.

- *Parámetros de desempeño:* Los parámetros de desempeño son indicadores de la calidad de servicio experimentada por el subscriptor, son los siguientes:
 - *Disponibilidad:* La disponibilidad está definida por los siguientes atributos:
 - UNI Tiempo de activación del servicio: Especifica el tiempo desde que la orden de instalación se hizo hasta que el servicio esté operativo.
 - UNI Tiempo de restauración promedio (MTTR): Especifica el tiempo que toma a partir de que el servicio quedo indisponible hasta la restauración del mismo, un ejemplo de falla típica es un corte de fibra.
 - EVC Tiempo de activación del servicio: Especifica el tiempo que toma la activación del EVC a partir de que la UNI ya se encuentra instalada y operativa.
 - EVC Disponibilidad: Especifica el tiempo al cual el EVC excede los parámetros de desempeño del servicio: retardo, pérdidas y jitter. Si un EVC no se ajusta a los criterios de desempeño es considerado indisponible.
 - EVC MTTR: Especifica el tiempo que toma la restauración de un EVC desde que quedo inactivo, puede estar asociado a un problema de capa 1, capa 2 o capa 3.
 - *Retardo:* El retardo es un parámetro signficante y de gran impacto cuando se trata de aplicaciones en tiempo real, tradicionalmente el retardo o delay ha sido especificado en una dirección, en una red metroethernet a la final es una acumulación de delays, empezando por la UNI al un extremo, la red metro y la UNI de salida.

El retardo en la UNI es función del ancho de banda y el MTU definido, por ejemplo: una conexión a 10 Mbps y MTU de 1518 Bytes tendrá un retardo de transmisión de 1.2 ms. $(1518 * 8 / 10^6)$. La red metro por si misma introduce un retardo adicional basado en la velocidad del backbone de la red y el nivel de congestión básicamente, a nivel general el desempeño está definido por el percentil de 95, por ejemplo se define un retardo de 15 ms si

de las 24 horas al día el 95% de las tramas que pasaron por la red tienen un tiempo igual o menor a 15 ms.

- *Jitter*: El Jitter es conocido como la variación de delay, el jitter tienen un efecto muy adverso sobre todo en aplicaciones de telefonía IP, este parámetro está definido en los siguientes atributos de servicio:

- Perfil de ingreso y egreso de ancho de banda por el identificador CoS.
- Case de servicio.

- *Pérdidas*: Este parámetro define el porcentaje de tramas ethernet que no son entregadas dentro de un tiempo definido, en un servicio P2P por ejemplo, si 1000 tramas son enviadas por un extremo y 900 fueron recibidas por el otro, se define un porcentaje de pérdidas del 10%. Las pérdidas pueden tener muchos efectos dependiendo de la aplicación, el correo y el servicio http pueden tolerar más pérdidas que la Voz sobre IP (VoIP).

- *Parámetros de clase de servicio*: Los parámetros de calidad de servicio pueden ser definidos por varios identificadores definidos por los clientes:

- *Puerto físico*: La vía más fácil para implementar QoS es haciéndolo sobre el puerto físico de la conexión UNI, todo el tráfico que ingresa al puerto recibe la misma clase de servicio.

- *Dirección MAC Origen y Destino*: Este tipo de clasificación es usada para dar diferentes tipos de servicio basados en la combinación de las direcciones MAC origen y destino. Este modelo es muy flexible pero difícil de administrar dependiendo del servicio en sí mismo. Si el CPE del cliente al final de la conexión resulta ser un switch de capa 2 que es parte de un servicio LAN 2 LAN, cientos o miles de MAC's podrían ser monitoreadas. Por otra parte si los CPE's son routers, la dirección MAC a monitorear es la del router, siendo mucho más sencilla su administración.

- *VLAN ID*: Esta es la manera más usual de aplicar QoS si el cliente tiene diferentes tipos de servicio en el mismo puerto físico, el parámetro que diferencia a los servicios es el VLAN ID.
- *Diferenciación IP ToS*: El campo ToS dentro de la cabecera de un paquete IP es un campo de 3 bit's usado para proveer ocho niveles diferentes de priorización de tráfico (IP Precedence). Este campo es similar al 802.1p y es usado para prioridades de direccionamiento básicas, sin embargo, está localizado en la cabecera IP más no en la etiqueta 802.1q Ethernet,
- *802.1 p* : El campo 802.1p permite al portador asignar ocho niveles diferentes de priorización al tráfico del cliente. Los switches Ethernet usan este parámetro para especificar algunas prioridades de direccionamiento básicas, por ejemplo: la trama con prioridad 7 es direccionada con mayor rapidez que la trama con prioridad 6. Este es un método que puede ser usado para separar el tráfico VoIP del tráfico regular, o el tráfico de prioridad alta y el orientado al mejor esfuerzo. En la práctica los proveedores no pueden sobrepasar los tres o cuatro niveles de diferenciación porque el resto son usados en la administración de la red y direccionamiento de protocolos de enrutamiento.
- *Atributo de la entrega de trama*: La red metro actúa como un switch en la LAN, para ello se debe definir que tramas fluyen a través de la red y cuales no, en una LAN típica existen dos tipos de trama las de datos y las de control, algunas redes permiten el paso de ciertos tipos de PDU's y otros no, por eso es importante definir entre el proveedor y el cliente que PDU's deben pasar y cuales no. El EVC es el encargado de definir cuando una trama en particular debe ser descartada, entregada incondicionalmente o entregada bajo ciertas condiciones para cada par de UNI's ordenados. Las diferentes posibilidades se definen a continuación:
 - *Tramas Unicast*: Estas son las tramas que tienen una específica dirección MAC de destino, si la dirección MAC es conocida por la red la trama será

entregada a la dirección exacta, si la dirección MAC es desconocida la red difunde la trama a través de la VLAN en particular.

- *Tramas Multicast*: Estas son tramas que son entregadas a un grupo selecto de destino. Las tramas están definidas con el bit menos significativo seteado en uno en la dirección de destino, excepto el broadcast, donde todos los bits de la dirección MAC están seteados en 1.
- *Trama Broadcast*: Define a todos los bits de la dirección MAC destino en 1.

Los paquetes de procesamiento utilizados en capa 2 son diferentes a los protocolos de capa 2 utilizados en aplicaciones en específico. Por ejemplo: Los paquetes BPDU son necesarios para el servicio STP, el proveedor puede decidir si el túnel sobre el EVC tramita o descarta este paquete dependiendo del servicio. Los siguientes son una lista de los protocolos estandarizados de capa 2 que pueden correr sobre un EVC.

- *IEEE 802.3x MAC Control Frames*: 802.3.x es un mecanismo de control de flujo que permite a una interfaz Ethernet enviar una trama de PAUSA en caso de congestión de tráfico en la salida del switch Ethernet. La dirección de destino definida es 01-80-C2-00-00-01.
 - *Link Aggregation Control Protocol (LACP)*: Este protocolo permite el agrupamiento dinámico de múltiples interfaces Ethernet entre dos switches para formar una cañería de agregado grande. La dirección de destino definida es 01-80-c2-00-00-03
 - *Generic Attribute Registration Protocol (GARP)*: La dirección de destino definida es 01-80-C2-00-00-2X.
 - *STP*: La dirección MAC de destino es la 01-80-C2-00-00-10-
- *Soporte de tagging*: La capacidad de etiquetamiento por VLAN provee un nuevo set de capacidades que son importantes para la entrega de las tramas en el cliente. Las redes LAN de una empresa se definen como ambientes empresariales sencillos, esto significa que el usuario final pertenece a una única organización.

El tagging por VLAN's es un indicativo de diferentes dominios de broadcast, diferentes grupos de trabajo, dentro de la misma organización se pueden crear diferentes grupos de trabajo lógicos, esta es la especialidad y la razón por la que se desarrollo 802.1q, sin embargo sus aplicaciones son diversas.

Considere el ejemplo de un edificio MTU (Multicustomer environment), en donde el proveedor del acceso metro instala un switch en la planta baja del edificio para ofrecer el servicio a las diferentes oficinas de ese edificio. Desde la perspectiva del proveedor cada cliente se diferencia por el puerto al cual se conecta en el switch instalado, esto se muestra en la Figura 2.13

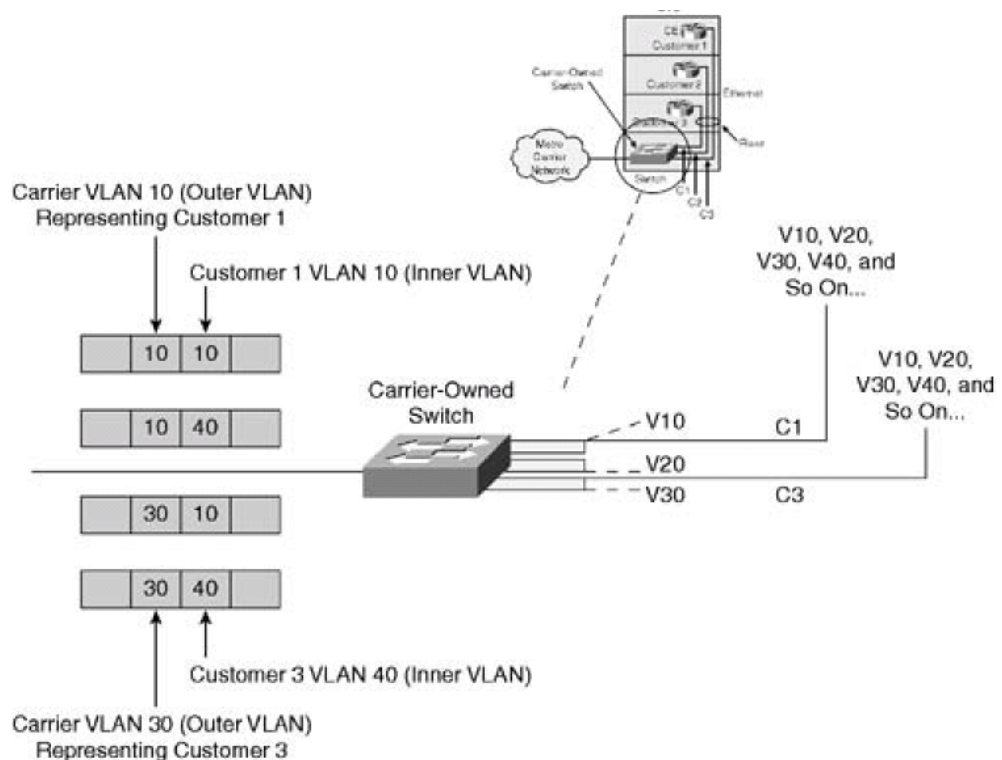


Figura. 2. 13 Ethernet en MTU's

En este ejemplo, el proveedor tiene que asignar un set de VLAN's a cada puerto físico.

- Cliente 1 VLAN 10
- Cliente 2 VLAN 20
- Cliente 3 VLAN 30

Las VLAN's 10,20 y 30 son asignadas por el proveedor de servicios y son totalmente independientes de las VLAN's que maneje el cliente. Para hacer esa distinción el MEF ha definido el nombre de CE-VLAN's a las VLAN's que son definidas internamente por el cliente, puede suceder que la VLAN del cliente y la del proveedor se repita, para ello se definieron dos tipos de soporte de taggeo.

- *VLAN Tag Preservation/Stacking*: todas las tramas Ethernet recibidas por el subscritor deben ingresar a la red y a través del EVC sin ser alteradas, esto significa que el ID de la VLAN es el mismo en el ingreso y el egreso del EVC, esto es típico en servicios como extensiones LAN, aquí la misma red se extiende en dos ubicaciones diferentes y separadas preservando la misma VLAN. Debido a que el proveedor maneja múltiples clientes y no es raro encontrar el caso donde la VLAN que usa el cliente ya está definida, para ello se creo 802.1Q in 802.1Q stacking, este concepto etiqueta las tramas Ethernet con la VLAN del proveedor y poniendo en la pila la etiqueta de la VLAN del cliente sin borrarla, a la salida simplemente se retira la etiqueta que corresponde al proveedor.
 - *VLAN Tag Translation/Swapping*: Esto ocurre cuando el ID de la VLAN es independiente del ID en el otro extremo o en el caso en el que un extremo del EVC soporte el taggeo de VLAN's y el otro no, el portador remueve la etiqueta de la VLAN de las tramas Ethernet antes de que sean entregadas a su destino. Un caso típico es el de dos organizaciones que quieren interconectarse pero sus VLAN's internas no concuerdan, el proveedor será el encargado de remover el ID VLAN del un extremo y hacer la respectiva traducción en el otro extremo del EVC. Sin este servicio la única forma de interconectar estas organizaciones será a nivel de capa3, basándose en sus direcciones IP.
- *Multiplexación del servicio*: Este recurso es usado para múltiples instancias de EVC en el mismo puerto físico, esto permite al cliente tener varios servicios por el mismo medio físico.
 - *Filtros de seguridad*: Los filtros de seguridad son listas de acceso definidas por la dirección MAC que restringen el tráfico a través de la red, este es un tipo

de servicio que se puede ofrecer sobre cierto nivel de protección basado en la dirección MAC, en función de ello el paquete puede ser procesado o descartado.

CAPITULO III

SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE ACCESO DE GLOBAL CROSSING

3.1. TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE METRO IMPLEMENTADAS EN LA RED DE GLOBAL CROSSING.

Todo el rango de soluciones y productos presentados en el Capítulo I es debidamente soportado gracias a un abanico de tecnologías, a continuación se describen brevemente las distintas redes que conforman la plataforma de transporte metro de Global Crossing, es el campo en el cual se centrará el proyecto. Cabe aclarar que en este capítulo no se hará referencia a la red metroethernet implementada ya que se hizo un estudio minucioso de esta tecnología en el Capítulo II.

3.1.1. Keymile

Consiste en una red de cross-connectoras interconectadas a través de redes de transporte TDM y ATM, su función es la de multiplexar accesos de cobre y fibra en troncales de capacidades superiores. Es un ejemplo adecuado de lo que es una red legacy y todo lo que ello implica, en el siguiente capítulo se hablará más a detalle de las redes de acceso y transporte tradicionales.

Cabe aclarar que trabaja únicamente a nivel de Capa1, no maneja ningún tipo de protocolo y no ofrece ningún servicio de capa 2, recibe tramas de acceso y las multiplexa a través de una trama de transporte. (Tramas E1, T1, entro otros). Se caracteriza por ser una red robusta, de baja escalabilidad y caro equipamiento, los accesos que maneja pueden ser fibra o cobre dependiendo de los diferentes módulos que se estén utilizando.

La figura 1.14 muestra un módulo genérico de este tipo de cross-conectoras, y una topología de red tipo que será diseñada dependiendo de la infraestructura que maneje la empresa, dentro de Global Crossing se ha definido una topología tipo anillo por ventajas que se mencionarán más adelante.

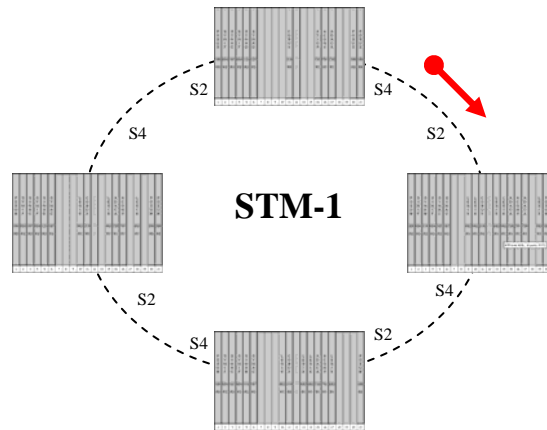
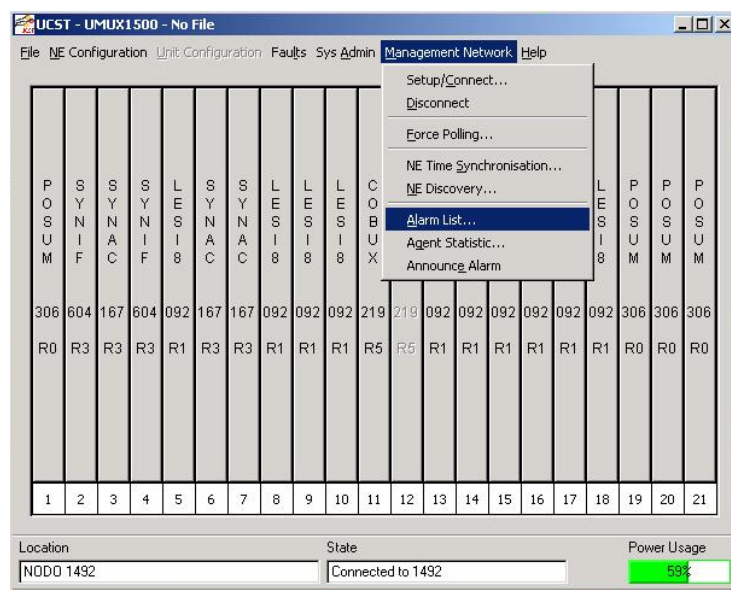


Figura. 3. 1 Modelo genérico de la red Keymile actualmente operativa en la red de GC.

La razón por la cual la topología es anillada es la redundancia, ante cualquier interrupción en el medio de transmisión el tráfico se redireccionará en el sentido opuesto. Su gestión es relativamente fácil y permite dar un rápido diagnóstico ante cualquier evento. La Figura 1.15 muestra la interfaz gráfica del software de gestión, donde se pueden ver los módulos que posee cada cross conectora, no se detallará las funciones de cada tarjeta ya que no es tema del proyecto.



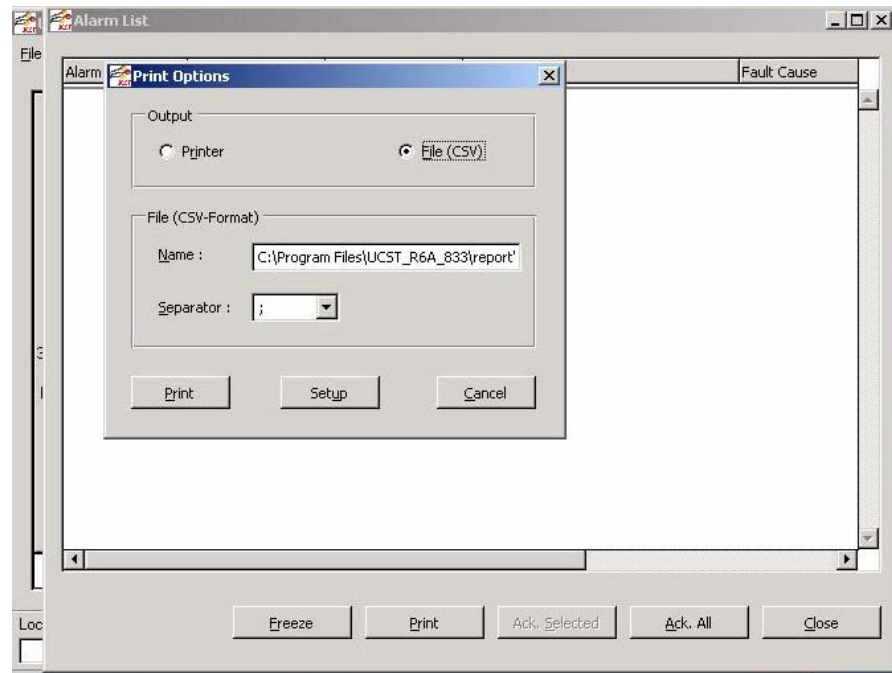


Figura. 3. 2 Software de gestión de la red Keymile.

3.1.2. SDH¹ (Lucent)

La red SDH Synchronous Digital Hierarchy, alternativa de multiplexación que se monta sobre una infraestructura de fibra óptica principalmente, está basada en los estándares ITU – T, G.707, G.708 y G.709, cuyos trabajos culminaron en el año 1989, este esquema de multiplexación viene a ser la evolución del protocolo ATM y deriva del estándar Norte Americano SONET, su objetivo es aprovechar al máximo las prestaciones que ofrece la fibra óptica.

Entre sus ventajas están:

- Resuelve la incompatibilidad entre E1 y T1.
- Reemplaza los sistemas propietarios asincrónicos.
- Ofrece mayores beneficios que los sistemas de portadora tradicionales (E1). Velocidades mayores, manejo del ancho de banda simplificado (inserción/extracción), características de operación y mantenimiento sofisticadas, protección de esquemas de anillo²

¹ Synchronous Digital Hierarchy

² Millisecond fault tolerance.

SONET Level	Bit Rate	SDH Level
OC-1	51.84 Mbps	
OC-3	155.52 Mbps	STM-1
OC-12	622.08 Mbps	STM-4
OC-48	2.48832 Gbps	STM-16
OC-96	4.97664 Gbps	
OC-192	9.95328 Gbps	STM-64

Tabla. 3. 1 Cuadro comparativo jerarquía SONET y SDH.

- Diseñado para interconexión con ATM.
- Trabaja en medios WDM/DWDM
- Desarrollado para soportar los flujos de los equipos de tecnología PDH.
- Reloj estandarizado para toda la red.

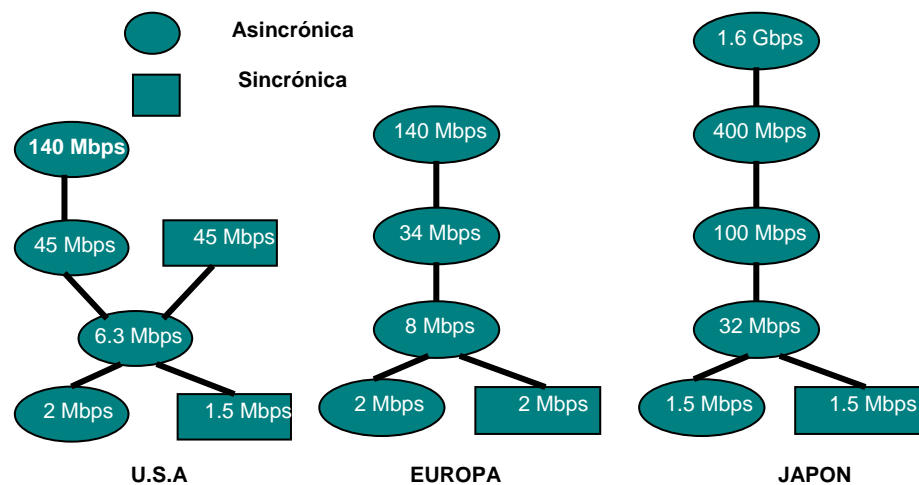


Figura. 3. 3 Convergencia de las jerarquías síncronas y asíncronas.

La Figura 1.16 muestra las tres principales jerarquías utilizadas alrededor del mundo, la tecnología SDH simplifica la convergencia y permite la integración de cada una de ellas sobre una única plataforma de transporte.

No se hará un análisis minucioso de las tramas, su encapsulación, control y estructura ya que no corresponde al tema central del proyecto, pero si se hará

mención a los elementos de red utilizados y la topología actualmente implementada en la red de Global Crossing Ecuador.

Los elementos de red que conforman SDH son:

- Multiplexores terminales.
- Multiplexores de inserción/extracción (Add/Drop).
- Multiplexores de interconexión.

Topología:

La topología actualmente implementada es conocida como red de doble anillo, su ventaja es la protección que brinda ante cualquier interrupción o rotura de cable, la figura 1.17 muestra el flujo de los datos Tx y Rx y la trayectoria que tomarían en el caso de que se presente una interrupción.

También se muestra un esquema de doble anillo que converge a través de multiplexores de interconexión, esto permite levantar trayectorias sobre otras arquitecturas.

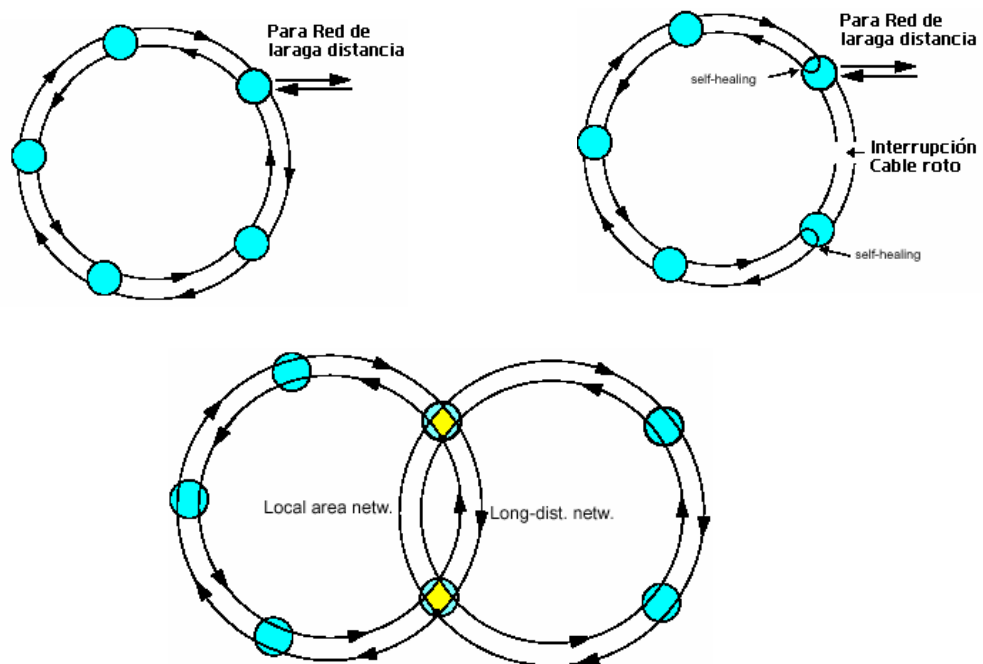


Figura. 3. 4 Topología red de doble anillo

La marca propietaria que se ha escogido para la implementación de la red SDH dentro de la corporación es LUCENT, su amplia trayectoria en tecnologías de multiplexación, y el hecho de que sean pioneros a nivel mundial ha hecho de esta marca la mejor elección, la Figura 1.18 muestra dos elementos de red que soportan interfaces físicas eléctricas y ópticas, dentro del medio son conocidos como AMU's.

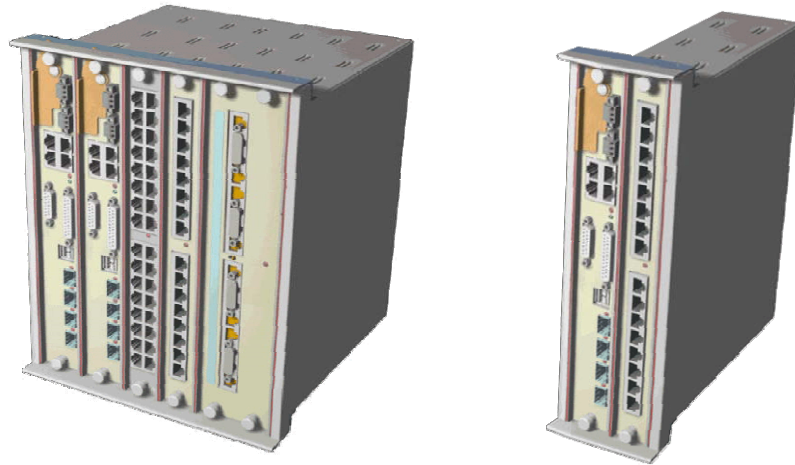


Figura. 3. 5 Metropolis AMU – Shelf Options

3.1.3. NEW BRIDGE

Newbridge es la plataforma tecnológica que soporta servicios como TDM (clear channel), Frame Relay y ATM, en otras palabras ha venido siendo la alternativa de multiplexación tradicional hasta la aparición de SDH, SONET y Ethernet como medio de transporte, ALCATEL es la casa propietaria de la marca.

Entre sus ventajas se encuentran la variedad de tecnologías de acceso con las que trabaja, módems de cobre, equipos de radio, equipos satelitales dedicados y compartidos, en fin es un sistema modular multiservicios, diseñado para aplicaciones universales de voz, datos y video.

Sus ventajas diferenciales son:

- Redundancia de control.
- Slots universales.

- Interfaces de voz análoga.
- Interfaces de datos (X21, V35, Rs-232, Rs-422, DNIC, 2B1Q, 28LC).
- Tarjetas de acceso primario (E1,T1,DE1, DT1, V35P)
- Interfaces ISDN.
- G3 Fax Modulación y demodulación.
- Compresión de voz ADPCM, HCV.

Esta plataforma tecnológica fue una revolución en el año 1990, ofreciendo servicios de capa 2 e inclusive de capa 4 en el caso de la voz, sumando a ello el amplio rango de interfaces físicas que soporta, hacía de esta la mejor alternativa para los proveedores de servicios.

La topología implementada dentro de la red de Global Crossing es de tipo estrella, ante esto la principal desventaja es que varios puntos o nodos no tienen redundancia, un corte en el medio de transporte dejaría totalmente aislado al multiplexor dejando fuera los servicios de todos los clientes que se pegan a ese nodo, a pesar de esto ha demostrado ser una tecnología muy robusta y su gestión visual permite dar un troubleshooting veloz y eficaz.

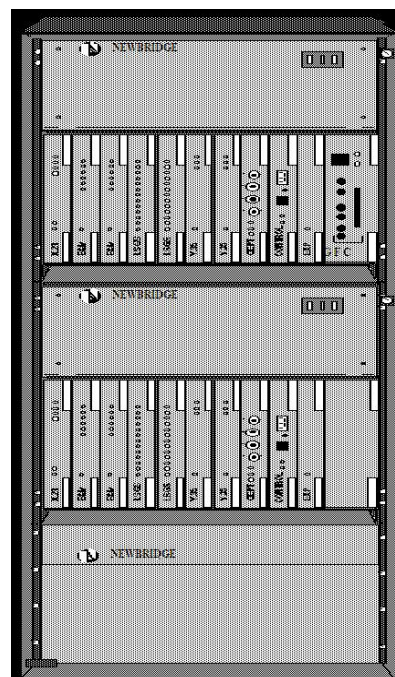


Figura. 3. 6 Dual Shelf redundante

La figura 1.19 muestra una vista frontal física de la plataforma tecnológica, en este caso se trata de un multiplexor con redundancia absoluta, fuente, tarjetas de control, memorias y procesamiento.

CAPITULO IV

DISEÑO

4.1. MEDIOS DE TRANSMISION

La solución como tal requiere una red de acceso que cubra los sectores de mayor demanda comercial dentro de la ciudad de Quito, su cobertura, capacidad de interacción y escalabilidad son los parámetros primordiales a la hora de diseñar, por tal razón el primer parámetro a definirse va a ser el medio de transmisión que interconectara cada uno de los nodos.

4.1.1. Planta externa

El medio físico por excelencia utilizado en las redes metropolitanas basadas en Ethernet es la fibra óptica, su bajísima atenuación y bajo precio la han convertido en la solución por excelencia. Entre sus beneficios más destacados se encuentran:

- Inmune a interferencias electromagnéticas.
- Baja atenuación.
- Menos propensa a ser robada.
- Menor tamaño y peso
- Mayor capacidad de ancho de banda.

Sin embargo, cabe recalcar que la instalación es costosa y debe ser hecha por personal muy capacitado, su mal manejo puede ocasionar cortes internos o degradación en ciertos tramos.

El detalle de la infraestructura, parámetros y procedimientos para la instalación y selección de la fibra merece un análisis muy extenso y no es motivo

de estudio del presente proyecto de grado, este incluirá simplemente los parámetros necesarios del medio de transmisión a ser utilizados y el equipamiento activo requerido. A continuación se detallan varios tipos de fibra óptica, conversores y sus características:

Fibra Core: Existen diferencias muy marcadas entre la fibra utilizada para interconectar equipos terminales de backbone y la fibra utilizada para accesos de subscriptores: peso, protección, cantidad de hilos y especificaciones mecánicas. A continuación se detallan varios tipos de fibra core de distintos fabricantes:

- Fibra Aid Core (Commscope).

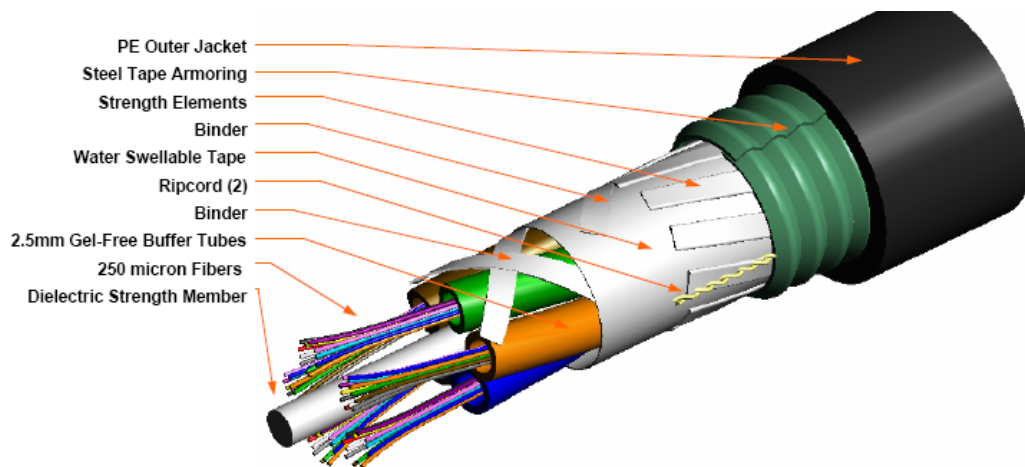


Figura. 4. 1. Fibra Core Aid de Commscope

Número de Hilos	Nombre Catalogo	Subunidades	Diametro Externo (mm)	Peso (Kg/Km)	Radio de Curvatura mínimo (cm)		Máxima carga de tensión (Newtons)		Longitud máxima en posición vertical (m)
					Con Carga	Sin Carga	Distancia Corta	Distancia Larga	
72	D62LAZWPF12	6	12.43	137	23.9	11.95	2700	800	630

Tabla. 4. 1. Especificaciones Físicas Fibra Commscope

Este tipo de fibra provee un incremento en el uso del espectro del 30% aprovechando sus características ZWP (*Zero Water Peak*), específicamente diseñada para aplicaciones de internetworking, (la portadora se centra en 250 micrones), el diseño de su cobertura facilita el paso por ducterías y hace

prescindible el uso de cualquier gel para la instalación. Entre sus desventajas están el costo y la falta de soporte local, se la entrega en rollos de 3 Km.

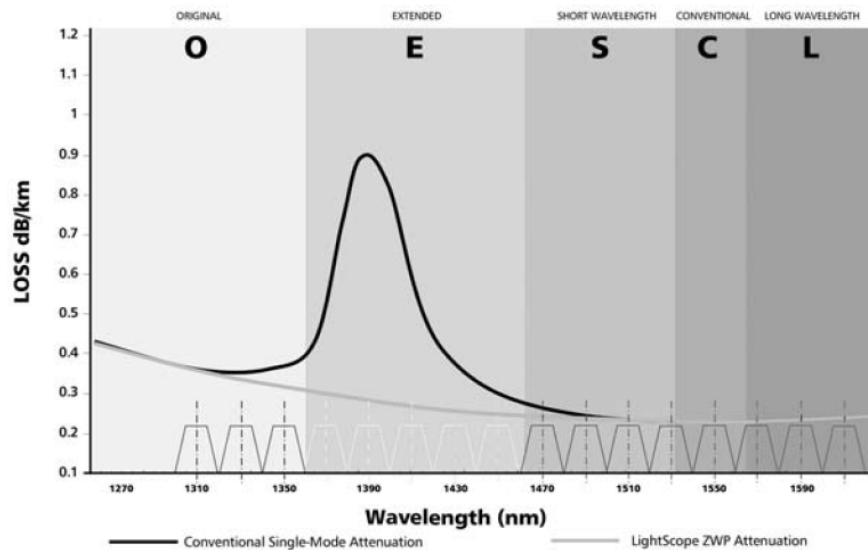


Figura. 4. 2. Atenuación en un hilo de fibra común y un hilo ZWP

La figura 4.2 muestra la atenuación en función de la longitud de onda a lo largo del espectro permisible de la fibra óptica, la fibra común monomodo tiene una atenuación pronunciada a los 1383 nm, esta región es conocida como *water peak*, es en esta región del espectro en el cual la luz es absorbida por el hidroxil (OH) ión presente dentro de la estructura del núcleo de vidrio. ZWP provee una atenuación mucho menor en la banda E, (1383 nm) durante todo el tiempo de vida del producto, el aprovechamiento de esta zona resulta en beneficios económicos a la hora de elegir equipos terminales mucho más baratos.

- Fibra Core Autosoportada (Draka Comteq).

Número de Hilos	Nombre Catalogo	Diametro icluye cable soporte (mm)	Diametro Externo (mm)	Peso (Kg/Km)	Radio de Curvatura mínimo (cm)	
					Con Carga	Sin Carga
72	A72F8S1JKT12	24.3	12.6	335	25	13

Tabla. 4. 2. Especificaciones físicas Fibra Autosoportada Draka Comteq.

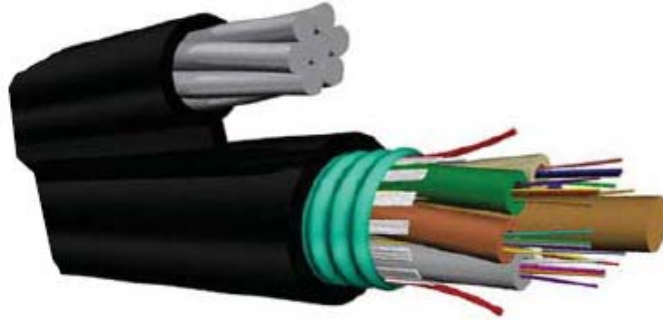


Figura. 4. 3. Fibra Core Autoportada (Draka Comteq)

Este tipo de cable es ideal para instalaciones aéreas, la guía autoportada ahorra costos y tiempo en las instalaciones. La figura 4.4 muestra un corte transversal del cable.

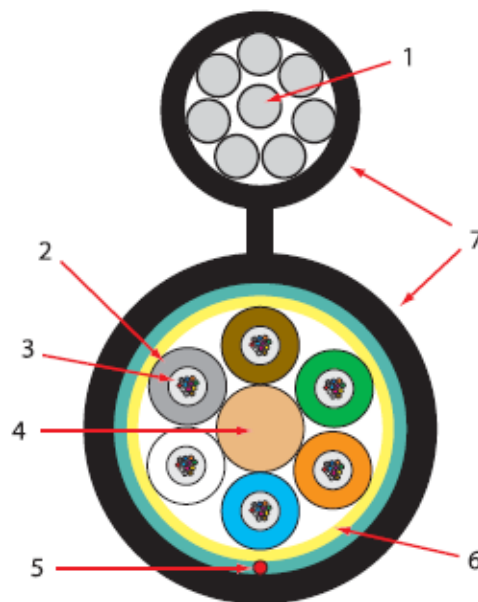


Figura. 4. 4. Corte transversal fibra autoportada.

Entre sus ventajas, se encuentran 1: Guía con núcleo de acero galvanizado, 2: Cobertores tubulares internos, 3: Fibra de vidrio con tecnología AFC que permite aplicar cargas mecánicas pesadas sin disminuir el desempeño de la fibra, 4: Núcleo, 5: Armadura de acero corrugado que provee protección mecánica adicional, 6: Cobertor impermeable que impide el ingreso de agua, 7: Cobertura que utiliza tecnología de polietileno de alta calidad.

Esta es la mejor opción si la instalación que se va a hacer es aérea, su cobertura no está diseñada para el ingreso por ducterías y las tensiones altas que conllevan este tipo de instalaciones.

- Fibra Core Delgada (ezPREP).

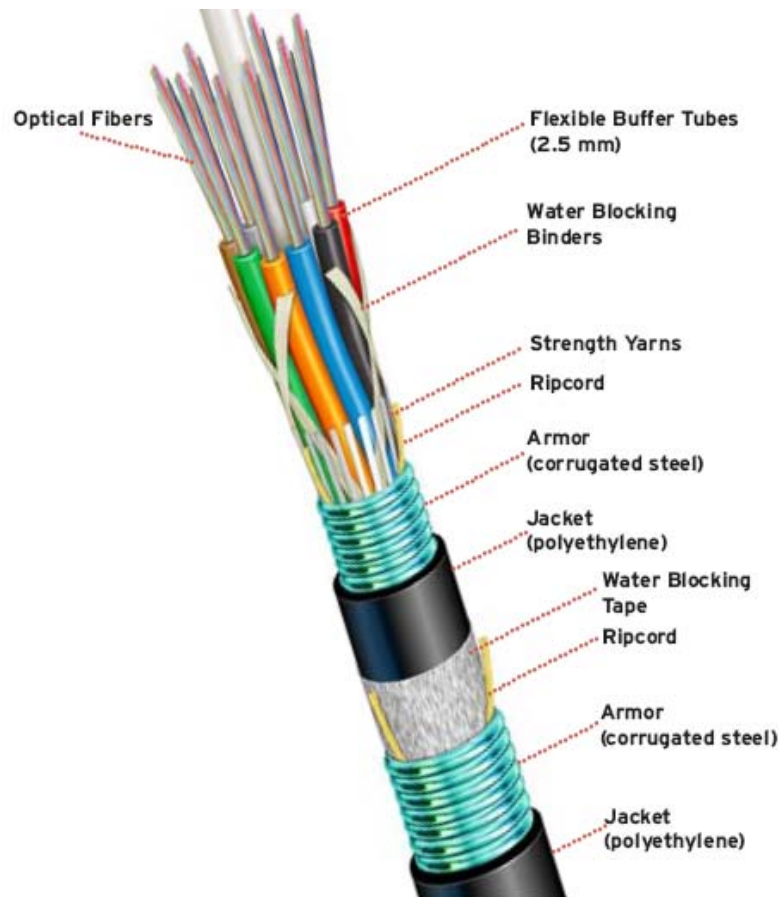


Figura. 4. 5. Fibra core delgada ezPREP

Número de Hilos	Número de subunidades	Diámetro Externo (mm)	Peso (Kg/Km)	Radio de Curvatura mínimo (cm)	
				Con Carga	Sin Carga
72	6	10.5	74	21	11

Tabla. 4. 3. Especificaciones físicas fibra ezPREP

Su estructura más delgada y su peso inferior a los otros tipos de cable la convierte en la decisión más acertada para instalaciones donde el tiempo es muy limitado, cabe recalcar que este tipo de fibra en el mercado supera en 3 a 1 la demanda con respecto a las otras marcas.

Se han definido tres tipos de fibras con características muy diferenciadas, su elección dependerá del escenario, del presupuesto y por sobre todo las demandas técnicas que requiera la solución.

4.1.2. Conectores, Patch Cord's y ODF's

Una vez que se ha definido el medio de transmisión se abre todo un abanico de accesorios necesarios para la acometida e instalación de la fibra, se van a detallar los tres principales:

- Conectores: *SC (Square Conector)*: su nombre hace referencia a su forma, el extremo final en si es cuadrado y el tipo de acoplamiento es a presión, a nivel de Latinoamérica se ha popularizado su uso debido al bajo costo y fácil instalación.



Figura. 4. 6. Conector SC

La figura 4.6. muestra dos conectores tipo SC, su color característico es el celeste y está diseñado para aplicaciones de Internetworking, la figura 4.7 muestra varios tipos de conectores de fibra óptica.

Varios de ellos están diseñados para aplicaciones de video o sonido, este proyecto se centrará en el uso del conector SC por su fácil adquisición en el mercado y su práctico diseño, la mayoría de equipos terminales manejan este tipo de conector.

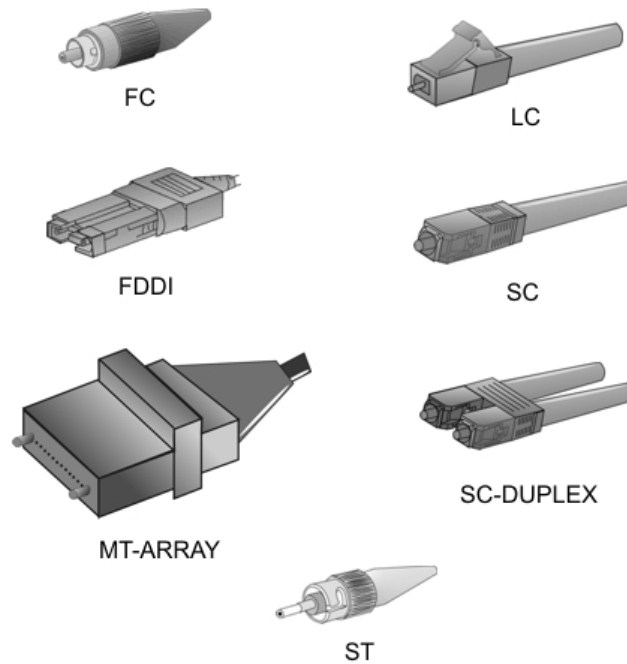


Figura. 4. 7. Tipos de conectores

- Patch Cords: El patch cord de fibra está diseñado para conexiones temporales o de corta distancia, si tiene conector en un solo extremo es más conocido como pigtail, vienen en pares o simples dependiendo del equipo Terminal al cual se conecte, la figura 4.8 muestra varios patch cord's simplex con conectores SC.



Figura. 4. 8. Patch Cord's de fibra simplex con conectores SC.

- ODF's: Cuando la manga de fibra ingresa al cuarto de equipos lista para ser ubicada en el rack asignado, es necesaria una bandeja que ofrezca la protección necesaria a las fusiones hechas y a su vez haga la función de patch panel para la conexión entre los equipos terminales a través de un

patch cord de fibra, este elemento es conocido como ODF (Optical Distribution Fiber)

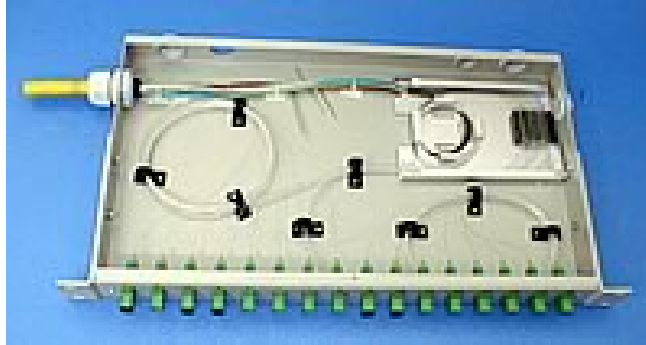


Figura. 4. 9. ODF (Optical Distribution Fiber)

La figura 4.9 muestra un ODF estándar, por un lado ingresa la manga de fibra, color amarillo, lo hace a través de un acople que protege a la manga de cualquier presión externa.

Los hilos son fusionados y ubicados en los organizadores que están previamente unidos a los conectores hembra, en este segmento o punto de falla es muy importante la documentación de los hilos y los conectores asignados en el ODF.

4.2. EQUIPOS TERMINALES

4.2.1. Conversores TX a FX:

Existe una amplia variedad de conversores de fibra óptica en la actualidad, es por eso que hay que tener bien claro cuales son los parámetros más importantes a la hora de elegir uno de ellos, podemos basarnos en la capacidad del anillo, la negociación de los puertos y la cantidad de hilos de fibra que serán asignados para la solución. A continuación se detallan varios tipos de conversores con características muy diferenciadas, cuya elección dependerá de un análisis costo beneficio.

- APT Dual Fiber 100M



Figura. 4. 10. Conversor APT Dual Fiber 100M

Estándares	Conectores	Distancia promedio (Km)	Tipo de fibra	Longitud de Onda (nm)	Min Tx Power (dBm)	Max Tx Power (dBm)	Sensibilidad (dBm)	Link Budget (dBm)
10/100 Base T 100 Base Fx	RJ45 SC	40	Single mode	1310	-10	-3	-33	23

Tabla. 4. 4. Especificaciones Conversor ATP Dual Fiber 100M

Conversor de dos hilos, transmite la información por un hilo de fibra y recibe la información por el otro, la negociación es full duplex y trabaja en la banda de 1383 nm, entre sus ventajas están: tamaño pequeño, fácil señalización para el diagnóstico de problemas, por el contrario sus desventajas son el desperdicio de recursos de planta externa y falta de redundancia en la fuente de alimentación.

- IMC Dual Fiber 10/100

Este tipo de conversor está diseñado para mantener las aplicaciones funcionando continuamente, su case diseñado para un ambiente industrial y su redundancia en la fuente de alimentación lo convierte en uno de los más robustos de la industria, la serie IMC incluye modelos que pueden operar en temperaturas de 0° - 60° C e inclusive de -45° a 70° C.



Figura. 4. 11. Conversor IMC Dual Fiber 10/100

Estándares	Conectores	Distancia promedio (Km)	Tipo de fibra	Longitud de Onda (nm)	Min Tx Power (dBm)	Max Tx Power (dBm)	Sensibilidad (dBm)	Link Budget (dBm)
10/100 Base T 100 Base Fx	RJ45 SC / ST	80	Single mode	1550	-5	0	-34	29

Tabla. 4. 5. Especificaciones conversor IMC Dual Fiber

Entre sus desventajas están su tamaño, ocupa demasiado espacio dentro de un rack de equipos estándar, sumado al desperdicio de recursos de planta externa ya que está diseñado para transmitir y recibir en dos hilos.

- APTTEK Single Fiber

Conversor diseñado para ambientes de oficina, la portadora de transmisión y recepción es modulada en distintas longitudes de onda y permite el uso de un único hilo de fibra.

No tiene redundancia en la fuente de alimentación y su tamaño es pequeño, cabe aclarar que su interfaz ethernet soporta el estándar 1000 Base TX ideal para ambientes Gigabitethernet.

Estándares	Conectores	Distancia promedio (Km)	Tipo de fibra	Longitud de Onda (nm)	Min Tx Power (dBm)	Max Tx Power (dBm)	Sensibilidad (dBm)	Link Budget (dBm)
10/100/1000 Base T 100/100 Base Fx	RJ45 SC	20	Single mode	1310 / 1550	-5	0	-22	16

Tabla. 4. 6. Especificaciones fibra Apttek Single Fiber



Figura. 4. 12. Conversor Apttek Single Fiber

El uso de un hilo de fibra para transmitir y recibir por el medio óptico optimiza tremendamente los recursos de planta externa, sin duda los conversores de un hilo que soportan los estándares 1000 Base TX, 1000 Base SX y LX son la mejor alternativa de los proveedores de servicios, los conectores LC no se han popularizado a nivel de Latino América, por lo que su adquisición es mucho más costosa que los beneficios que brindaría.

4.2.2. Switches

El switch en metroethernet viene a ser el corazón y razón de ser del asunto, Google tiende llamar a esto el agujero de la dona, lo que hace a la dona ser lo que es, es curioso mencionar que la idea se le ocurrió a la Directora de Publicidad Masiva, el negocio de Google.¹ Dada su importancia primero se van a definir los parámetros de diseño:²

¹ Tomado de diginota.com publicado el 12 de Octubre del 2008.

² Los parámetros de diseño están basados en el PAPER publicado por Extreme Networks (Network Design Guidelines)

- *Oversubscription:*

Herramienta clave a la hora de diseñar una red, su mal dimensionamiento es la causa de congestión y cuellos de botella, obviamente una de las causas principales de pérdida de paquetes. El cálculo, como en la mayoría de los casos, dependerá del ambiente en el cual se desarrollen las aplicaciones, SOHO, granja de servidores, aplicaciones de CORE, entre otros. En resumen los diferentes puntos de la red tienen únicas razones de *Over-subscription*, concluyendo que el requerimiento de un host no es igual a la de un servidor.

La razón está definida por la división del requerimiento potencial de ancho de banda sobre el actual ancho de banda, es decir, una razón mayor a 1:0 es considerada *Over-subscribed*, esto no quiere decir que la congestión va a darse, por lo general la red no está haciendo el uso de toda la capacidad las 24 horas del día, el promedio de utilización es mucho menor y una razón de 3:1 es considerada aceptable.

Por ejemplo: Un switch de 24 puertos 10/100 Mbps tiene un total de 2.4 Gigabits de ancho de banda potencial (4.8 en Full Duplex), esta capacidad es requerida para acceder al CORE de la red, sin embargo, la mayoría de switches poseen un puerto Gigabitethernet (2 Giga en Full Duplex), esto resultaría en una razón *Over-subscription* de 2.4:1.

En este caso el requerimiento de subida es mayor en más de dos veces a la capacidad que realmente brinda el equipo para acceder a la red, sin embargo, el valor es permisible, garantizaría un desempeño libre de congestiones e incremento de pérdida de paquetes. La Tabla 4.7 resume los márgenes de *Over-subscription* aceptable dentro de diferentes ámbitos de trabajo:

Desktop	3:1
Segment	2:1
Server	1:1
CORE	1:1

Tabla. 4. 7. Márgenes de *Over-subscription*.

- *Arquitectura no bloqueada.*

La capacidad de un dispositivo, lo cual es crucial para el diseño, puede estar limitada debido a la arquitectura de su hardware. Este puede ser del tipo bloqueada o no-bloqueada. En términos técnicos una arquitectura bloqueada no puede compartir los requerimientos full-duplex de uno de sus puertos, lo cual resulta en pérdida de paquetes.

Por el contrario una arquitectura no bloqueada supera la capacidad requerida por sus puertos debido a su capacidad interna, esto evita la pérdida de paquetes, consiguiendo que si uno de los puertos se encuentra over-subscribed el resto del switch no se verá afectado. Considere un dispositivo con un backplane de 1.2 Gigabits de capacidad, este posee 48 puertos 10/100 Mbps Full Duplex, el backplane no puede soportar los 9.6 Gigabits requeridos debido a su arquitectura bloqueada, esto le permitiría manejar solamente 1.2 Gigabits asociado a seis de los puertos del equipo.

- *Enrutamiento basado en software vs Switching de capa 3*

Switching de capa 3 es enrutamiento en hardware, el enrutamiento tradicional basado en software direcciona a razón de 500000 paquetes por segundo, Switching de capa 3 lo hace a razón de 48'000000 de paquetes por segundo, es una relación de 96 a 1. Lo que hace posible esta asombrosa diferencia es el uso de tecnología ASIC de alta velocidad.

La Figura 4.13 muestra una infraestructura tradicional, uno o dos ruteadores en el CORE y los dispositivos de red alrededor de ellos, esto conlleva a un problema en específico, falta de escalabilidad.

Los routers de core tienen bajas densidades de puertos y capacidades bastante limitadas. El advenimiento de switches de capa 3 cambio la forma en la que las redes son diseñadas, estos pueden manejar dispositivos desde desktops, segmentos de red hasta equipos de CORE, servidores y DATA CENTER's, conllevando a un decremento en los períodos de latencia de la red

en procesos de capa 2 y capa3, a esto se suma una alta flexibilidad y escalabilidad por su alta densidad de puertos.

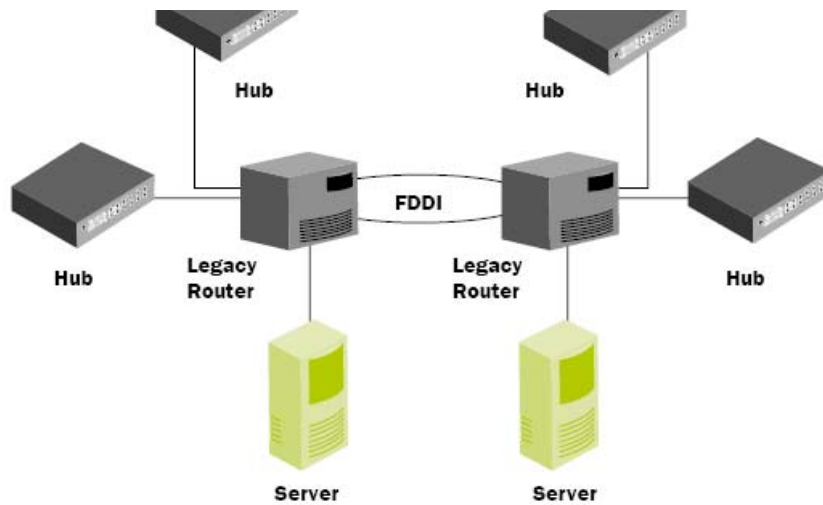


Figura. 4. 13. Infraestructura de una red tradicional.

En resumen los parámetros a considerar en la elección del switch, y diseño de la red son: Over-subscription, validar si los equipos poseen arquitecturas no bloqueadas y validar si soportan switcheo de capa3 y QoS, entre otros definidos en el Capítulo II del proyecto.

A la hora de elegir existen un sin número opciones y precios, los requerimientos de la red, alcances del proyecto, parámetros de diseño y presupuesto son la brújula a la hora de elegir la marca y modelo de switch a utilizar. A continuación se detallan varios equipos de las casas con más acogida a nivel mundial estos se ajustan a los alcances y requerimientos del proyecto, el análisis financiero se detallara en el capítulo V.

- CISCO CATALYST 3750 Series



Figura. 4. 14. Catalyst 3750 – 48PS

La serie de Switches Catalyst está diseñada para soluciones metroethernet basados en ethernet puro. Se adaptan fácilmente a la convergencia de aplicaciones y proveen una plataforma de configuración bastante flexible, soportan el desarrollo de tráfico de altas densidades y desarrollo de redes metroethernet relativamente pequeñas, la extensión y demandas en la ciudad de Quito son pequeñas comparadas con ciudades como MEXICO DF, New York, Buenos Aires, Londres, entre otras. El modelo a utilizarse en esta serie es el 48 PS, en primera instancia por su alta densidad de puertos, en la tabla 4.8 se resumen varias características esenciales:

	Forwarding Rate (mpps)	RAM/Flash Memory (MB)	#Direcciones MAC	#Rutas Unicast	MTU GigabitEthernet / Fastethernet (Bytes)	# VLANs (Por Switch) / # Capacidad ID	# Instancias STP
Performance	38.7	128 / 32	12000	20000	9018 / 1546	1005 / 4000	128
	10/100/1000 IEEE 802.3 af	SFP Based Gigabitethernet	High Speed Stacking Bus (Gbps)				
Conectores / Tipos de cable	48	4	32				
Tipo de Fuente	Redundante	12 V	14 A				

Tabla. 4. 8. Resumen de Especificaciones Switch Catalyst 3750 48 PS

Siendo:

Forwarding Rate: Tasa de direccionamiento de paquetes, las unidades son millones de paquetes por segundo.

#VLAN's / Capacidad ID: El número máximo de VLAN's que puede manejar / El número de VLAN's máximo que puede identificar.

#Instancias STP: Cada dominio STP, tiene que manejar una instancia única, esta es la capacidad máxima de instancias que pueden crearse.

El Switch 3750 tiene disponible la imagen IP Base o la imagen IP Service según se elija, la imagen IP Base incluye QoS avanzado, limitación de ancho de banda, listas de acceso y enrutamiento estático básico, adicionalmente soporta RIP. Por otra parte la imagen IP Service contiene una serie de herramientas para aplicaciones empresariales, enrutamiento unicast y multicast basado en hardware, si se requieren servicios adicionales se debe solicitar la licencia de servicios avanzados.

De hecho hay mucho que argumentar y detallar acerca de las características, facilidades de manejo desarrollo, disponibilidad, escalabilidad, servicios de capa 3 y 4, seguridades de red y gestionabilidad. Todo esto se detalla en los documentos anexos al proyecto de Tesis.

Esta plataforma ofrece una solución bastante robusta, flexible y continua, sin embargo los 4 puertos Gigabitethernet SFP elevan el costo de instalación debido a su poca difusión en Latinoamérica, a esto se suma su arquitectura bloqueada y la razón de Over-subscription de 4.8:1, el hecho de que sea elegido o no dependerá del análisis costo/beneficio y de los requerimientos detallados posteriormente en este capítulo.

- EXTREME X150 Series



Figura. 4. 15. Extreme X150 Series 24 / 48 si

Los conmutadores Summit de la serie X150 se basan en el revolucionario sistema operativo básico ExtremeXOS de Extreme Networks®. ExtremeXOS es un sistema operativo modular muy resistente que ofrece funcionamiento

continuo, facilidad de administración y eficiencia operacional. El conmutador Summit X150 ofrece una plataforma operativa consistente a un precio asequible y es más adecuado en el transporte de la red.

Summit X150 ofrece alta disponibilidad y rendimiento con su avanzada administración del tráfico Capacidades. Summit X150 respalda la implementación de una red convergente con determinados dispositivos, tales como teléfonos IP, Puntos de Acceso (AP, Access Points) inalámbricos y otros dispositivos que requieren alimentación de una conexión LAN, así como también dispositivos de computación regulares, tales como computadoras de escritorio y portátiles. Summit X150-24p respalda Alimentación sobre Ethernet (PoE) basada en las normas 802.3af en cada puerto de sus modelos PoE.

	Forwarding Rate (mpps)	#Direcciones MAC	#Rutas Unicast	MTU GigabitEthernet/ Fastethernet (Bytes)	# VLANs (Por Switch)
Performance	48	128000	0	9216 / 9216	4094
	10/100 TX	Ethernet Gigabitethernet	High Speed Stacking Bus (Gbps)		
Conectores / Tipos de cable	48	2	2		
Tipo de Fuente	Redundante	110V (AC)	14 A		

Tabla. 4. 9. Resumen de Especificaciones Switch Extreme X150 48

Su arquitectura no bloqueda le permite operar con todos los puertos a su máxima capacidad, y su razón de over-subscription es de 4.8:1, cabe recalcar que extreme maneja protocolos propietarios que aseguran una disponibilidad más alta en la red.

EAPS (Ethernet Automatic Protection Switching), provee los tiempos de recuperación y disponibilidad que las aplicaciones de voz necesitan, a diferencia de STP y RSTP su tiempo de convergencia es menor a 50 ms. Esto evita cortes en la voz y la típica pixelación que se produce por inconsistencias en la red. Su arquitectura está dotada de ocho colas (manejadas por hardware) por cada puerto para el manejo de tráfico granular, esto agiliza el procesamiento para las aplicaciones que manejan QoS y realizan discriminación de tráfico basado en el uso de banderas.

- HUAWEI S3900 Series



Figura. 4. 16. Huawei S3952P - SI

La serie S3900 es la solución que brinda Huawei para el manejo de redes metropolitanas, accesos de medianas capacidades y soporte plataforma metroethernet, su elemento diferencial es la tecnología IRF³, implementada a nivel de hardware y es capaz de abstraer lógicamente la administración y operación de la red en un solo dispositivo, da la sensación al administrador de que está manejando un solo dispositivo, cuando en realidad se trata de varios dispositivos esparcidos geográficamente. En la tabla 4.10 se resumen las especificaciones técnicas del switch S3952P – SI.

Un parámetro relevante de este marca es la baja tasa de procesamiento, sus 3.57 mpps en comparación a los cerca de 40 de las otras marcas, es bastante baja, esto obviamente se va a evidenciar en altas latencias y posibles inhibiciones de los equipos, su Oversubscription esta en la razón de 4.8:1 y las especificaciones técnicas no especifican si su arquitectura es o no bloqueada, realmente hay muy poca información detallada de este marca de origen chino.

³ IRF *Intelligent Resilient Framework*

	Forwarding Rate (mpps)	RAM Memory (MB)	#Direcciones MAC	#Rutas Unicast	MTU GigabitEthernet / FastEthernet (Bytes)	# VLANS (Por Switch) / # Capacidad ID
Performance	3.57	64	16000	1000	No especifica	4096
	10/100/1000 IEEE 802.3 af	SFP Based GigabitEthernet				
Conectores / Tipos de cable	48	4				
Tipo de Fuente	No redundante	48V	6A			

Tabla. 4. 10. Resumen de Especificaciones Switch Huawei S3952P-SI

Al igual que los otros equipos se adjuntan las especificaciones técnicas en detalle en los anexos del proyecto de tesis.

4.3. CENTROS DE DEMANDA DENTRO DE LA CIUDAD DE QUITO

Un nodo a nivel de redes metropolitanas es un lugar geográfico donde se tiene equipamiento pasivo y activo de la red, su ubicación debe ser elegida en base a los sectores de mayor demanda dentro de la ciudad, en otras palabras, el lugar donde van a estar los equipos debe ser estratégico y acercarse lo más posible a los clientes potenciales de tal forma que no se desperdicien recursos en infraestructura de planta externa.

Mientras más cerca este el switch de las oficinas de nuestro cliente potencial menos fibra es la que voy a tener que implementar para interconectar ambos puntos. A continuación se definen los sectores de mayor demanda dentro de la ciudad de quito y la ubicación de los nodos de la red.

4.3.1. Nodo Patria

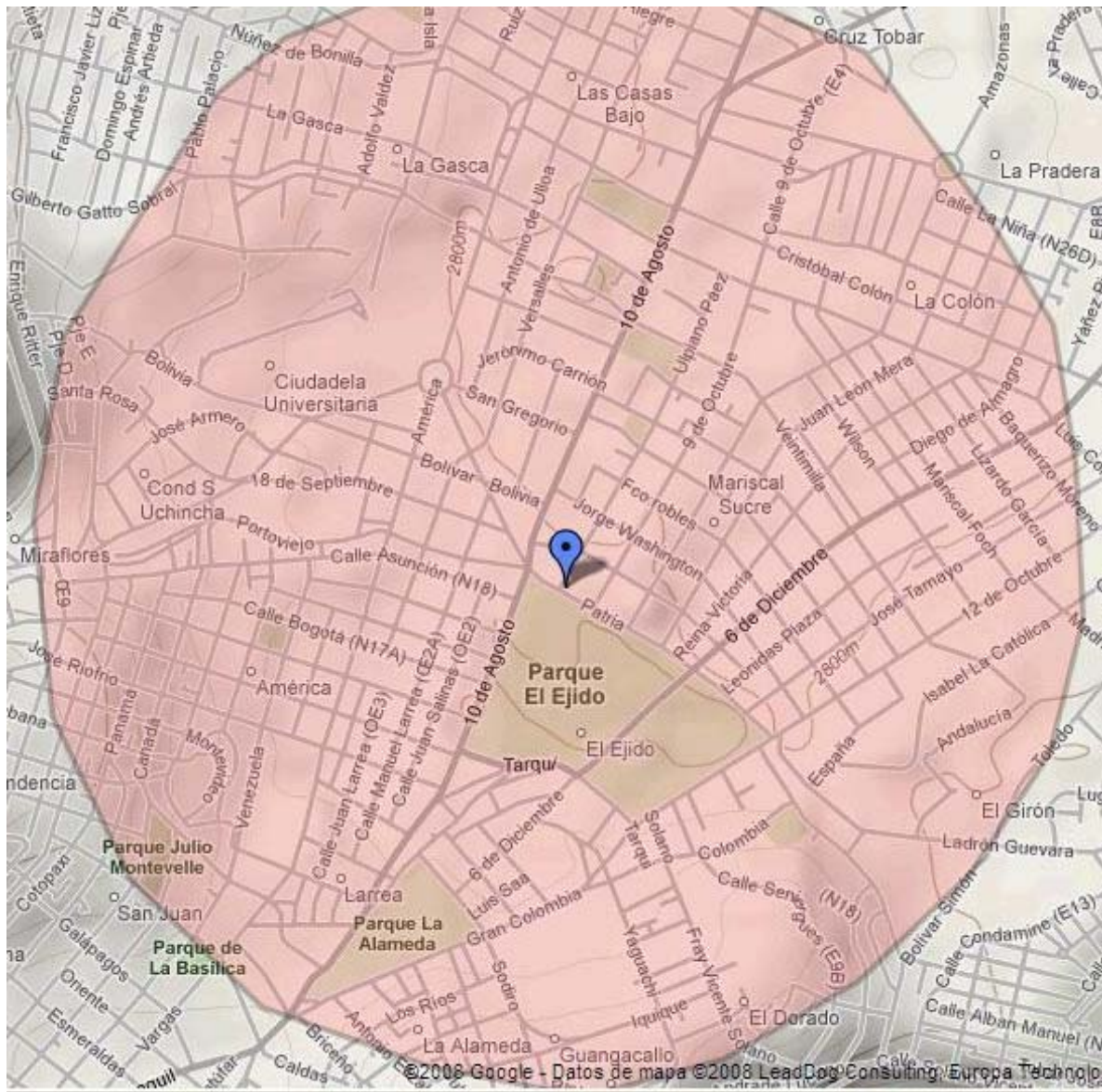


Figura. 4. 17. Ilustración cobertura nodo Patria⁴

El nodo estaría ubicado en las calles Patria y Ulpiano Páez, uno de los sectores financieros de la ciudad, con presencia de una de las universidades de mayor prestigio a nivel nacional y varias entidades del estado, además cubre la zona hotelera del centro norte de Quito.

⁴ Imagen cortesía de Google Map Free Edition
<http://maps.google.es/maps?hl=es&q=Centros%20de%20Demanda%20de%20Quito&um=1&ie=UTF-8&sa=N&tab=w1>

La figura 4.17 muestra la zona de cobertura del nodo, si bien la fibra puede alcanzar distancias de 20 Km y hasta 40 Km, dependiendo del tipo de conversor, es necesario definir un radio con el fin de optimizar los recursos de planta externa. Cubre un área de 1.5 Km de radio, llegando el sector de la Alameda, Ciudadela Universitaria, La Católica y el sector estratégico de la Avenida Patria.

A continuación se definen las diferentes zonas en las cuales está subdividido el nodo, si bien ya se definió la cobertura es importante ir delimitando las sectores estratégicos que faciliten la ubicación de los potenciales clientes.

La figura 4.18 muestra un acercamiento a la zona 1 y la tabla 4. 11 detalla los clientes que se encuentran dentro de ésta área, cabe recalcar que una buena delimitación de las zonas facilita la definición de la ubicación de las mangas de fibra, éstas van desagregándose a través de cada uno de los hilos en forma similar que las ramificaciones de un árbol en función de la ubicación del punto final.



Figura. 4. 18. Acercamiento Nodo Patria Zona 1

En la figura se puede ver un ejemplo pequeño de cómo puede ir desagregándose una manga de fibra, desde el nodo la manga llega hasta una

ubicación específica, en base a la decisión que tome el proveedor y a partir de ahí cada hilo va desagregándose a la ubicación de cada cliente.

Campero Alameda
Graficos Nacionales
Metropolitang Touring Ag. Amazonas
Banco Bolivariano Ag. Amazonas
CFN Matriz
Banco Internacional Ag. Sta Prisca
Banco del Pichincha Ag. Alameda
ESPOL Fundacyt
Banco Internacional - Matriz
Byphone
Congreso Nacional
Teletokyo
IESS

Tabla. 4. 11. Clientes potenciales Nodo Patria Zona 1

La figura 4. 19 muestra la zona 2, y la tabla 4.12 el detalle de los clientes potenciales, en esta zona cabe recalcar la presencia de la Bolsa de Valores y dos agencias de Banco Pichincha así como la Dirección General de Intereses Marítimos.



Figura. 4. 19. Acercamiento Nodo Patria Zona 2

Banco de Guayaquil Ag. Amazonas
Avianca
Banco del Pichincha Ag. 10 de Agosto
Bolsa de Valores Quito
Sana Sana 10 de Agosto
Novartis
Banco del Pichincha Ag. Bogotá
Casabaca
Dirección General de Intereses Marítimos
CostamarTravel

Tabla. 4. 12. Clientes potenciales Nodo Patria Zona 2



Figura. 4. 20. Acercamiento Nodo Patria Zona 3

Continental Airlines	CYEDE
Ernest & Young	Adecco
Unilever Andina del Ecuador	Mawney Associates Uio
Paradigm	Ericcson
Broadnet	British American Tobacco
Shering Plough	Merendon del Ecuador
Carton de Colombia UIO	Lan Chile S.A
Virtualltel Penitus Solutions cia Ltda	Grupo Conseguros Ecuador
Verizon Buss	Adriana Hoyos Ag. Girón
Banco del Pichincha Ag. El Girón	DHL Bayer
Hotel Radisson	REPSOL YPF S.A.
Banco de Guayaquil Ag. SWISS HOTEL	PUCE

Tabla. 4. 13. Clientes potenciales Nodo Patria Zona 3



Figura. 4. 21. Acercamiento Nodo Patria Zona 4

Banco Pichincha Ag. Contraloría
Banco del Pichincha ATM Consejo Provincial
UTPL Casa de la cultura Demo
Congreso Nacional
Macosa San Francisco
BGR Dirección de movilización
Sociedad Nacional de la Cruz Roja
Congreso Nacional Sistemas

Tabla. 4. 14. Clientes potenciales Nodo Patria Zona 4

De dependiendo del equipo terminal, se pueden alcanzar distancias de 20 Km e incluso 40 Km, pero hay que ver que no es tarea sencilla tender fibra por sobre los 2 Km, los alcances de la tesis no definen los por menores de instalación e infraestructura de planta externa, pero la recomendación en general es no superar la distancia de 5 Km para últimas millas.

En las páginas anteriores se detallaron las áreas a ser cubiertas por el nodo Patria los clientes potenciales y un ejemplo pequeño de la manera en que la fibra es desagregada a cada cliente, insisto en que la fibra como medio de transmisión es la mejor elección para el desarrollo e implementación de una red metroethernet anillada.

4.3.2. Nodo 6 de Diciembre

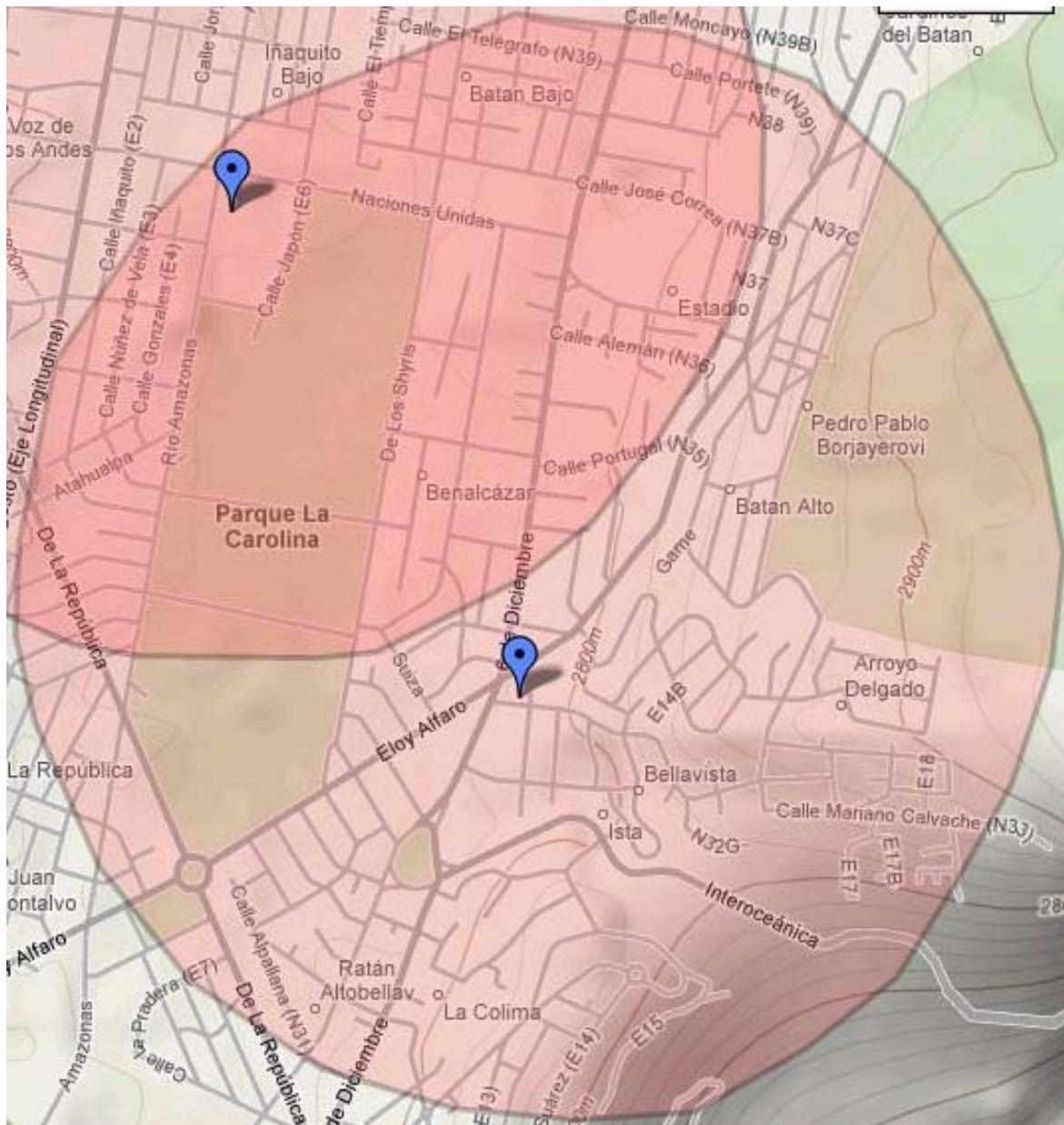


Figura. 4. 22. Cobertura Nodo 6 de Diciembre

Los hot spots o puntos calientes, lugares donde existe una alta concentración de personas por metro cuadrado dentro de una ciudad metropolitana es otro de los parámetros para definir la ubicación de los nodos, centros comerciales, centros financieros, aeropuertos, parques y centros de recreación.

La ubicación propuesta para el nodo es Eloy Alfaro y Av.6 de Diciembre, cubriendo el Parque Carolina, Av. Naciones Unidas, 6 de Diciembre entre otros.

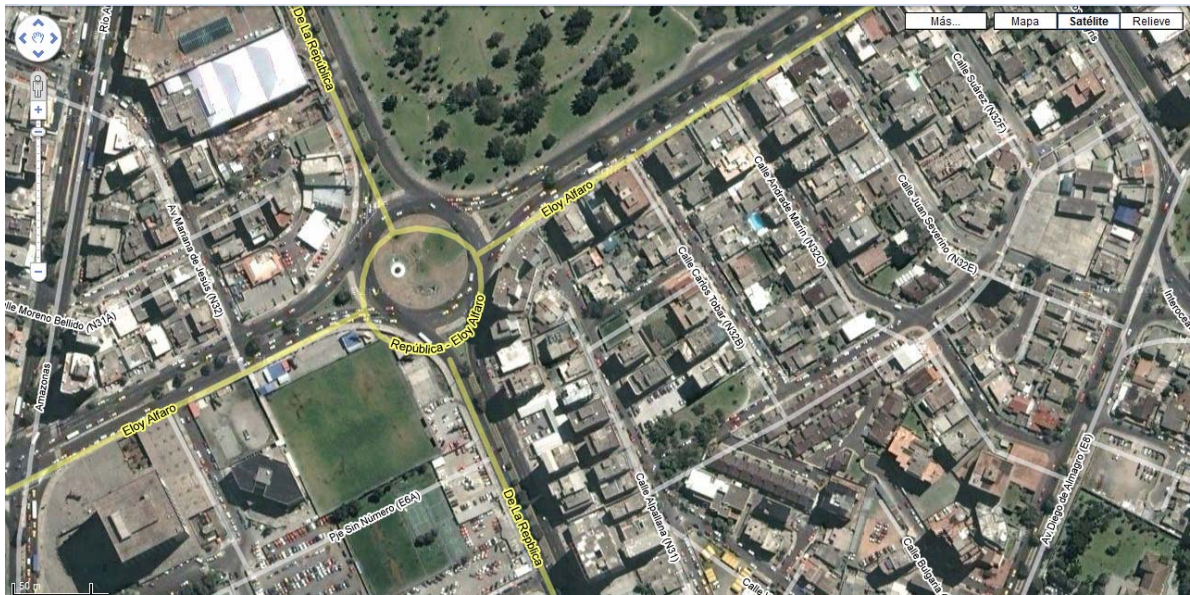


Figura. 4. 23. Acercamiento Nodo 6 de Diciembre Zona 1

Ministerio de Comercio Exterior
Apples Restaurants
Iberia Town
Fondo de Desarrollo Infantil
Consortio Santoscmi
Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria
Banco General Rumiñahui Matriz
Embajada República de Venezuela
Motransa Motorisa
Ecuallabor
Ministerio de Agricultura
Ministerio de Turismo
Banco del Pichincha Ag. República
SEMINARIUM
Banco Internacional El Jardín
Paz Horowitz
Centro Comercial El Jardín

Tabla. 4. 15. Clientes Potenciales Nodo 6 de Diciembre Zona 1

La cobertura de la zona 1 se extiende a lo largo y ancho del redondel ubicado en la República y Eloy Alfaro, la figura 4. 23, es un acercamiento del sector y la tabla 4.15 detalla los clientes potenciales que se encuentran dentro de la zona, incluyendo al Centro Comercial El Jardín donde probablemente algún proveedor tendrá exclusividad, por lo general los centros comerciales dan prioridad a las soluciones Wireless por los evidentes problemas que trae un cableado estructurado dentro del Centro para una gran cantidad de locales.

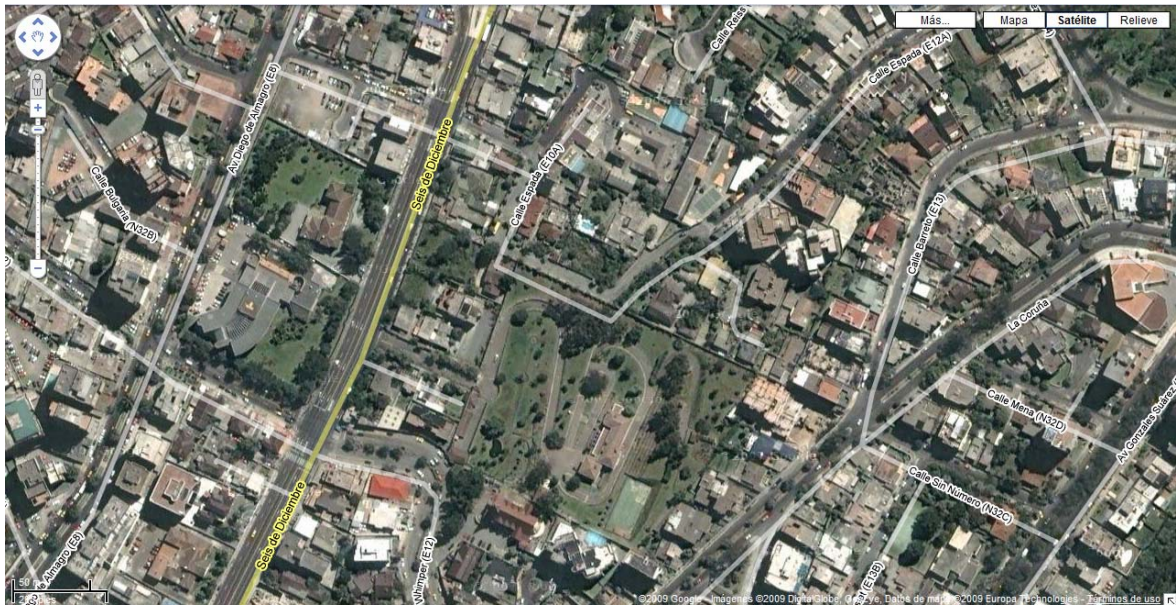


Figura. 4. 24. Acercamiento Nodo 6 de Diciembre Zona 2

Cartellone
Tecniseguros
Senatel
Protecompu
Banco General Rumiñahui - 6 de Diciembre
Grupo K
Seguros Ecuatoriano Suiza
Uniplex
Datafast Quito
Swanberg Brothers Ecuador S.A
Sony
IBM del Ecuador
Henkel Ecuatoriana S.A
Sonda
Icap
Baldosines Alfa
Consejo Nacional de Mujeres
Optica los Andes
Corporación Civil Bolsa de Valores de Quito
Nextel-Nortel

Tabla. 4. 16. Clientes potenciales Nodo 6 de Diciembre Zona 2

La zona 2 del Nodo 6 de Diciembre está cubriendo el sector delimitado por la Calle Whympar, Gonzalo Suárez y Diego de Almagro incluyendo a clientes potenciales como IBM del Ecuador, Sony y Henkel Ecuatoriana. La tabla 4.16 contiene una lista de por lo menos quince clientes los cuales se les puede ofrecer conectividad a internet o simplemente transporte urbano, para interconectarse con otro proveedor.



Figura. 4. 25. Acercamiento Nodo 6 de Diciembre Zona 3

Copa
Phyllips Petroleum
Whitehall
Starnetsys
Floragro
Novartis
Red Segura
Banco del Pichincha - ABP
Microbanx
Banco del Pichincha - Tesorería
Mitsubishi
Quimipac
Visa Internacional
Corpei
Teleholding
Aeprovi

Tabla. 4. 17. Clientes potenciales Nodo 6 de Diciembre Zona 3

El sector más cercano al nodo lo cubre la Zona 3, está delimitada por las calles Quiteño Libre, José Bosmediano y el Av. República del Salvador, aquí cabe mencionar la presencia de la Aeprovi y Teleholding, ambos clientes potenciales de altas capacidades.

El Aeprovi (Asociación de Empresas Proveedoras de Internet) tiene como función principal promover, proteger y masificar el uso de Internet, y entre sus gestiones principales está la de regularizar y controlar el tráfico entre proveedores

locales. De aquí nace su necesidad de contratar grandes cantidades de ancho de banda, si una persona ubicada en Quito que está navegando en Internet, desea realizar una consulta a una página WEB localizada en un Servidor ubicado en Ecuador que tiene como proveedor de Internet a una entidad X, no es necesario que el tráfico sea direccionado a través del POP de las Américas. El tráfico será enrutado localmente a través de la Aeprovi, disminuyendo el tiempo de retardo y haciendo un mejor uso de los recursos.



Figura. 4. 26. Acercamiento Nodo 6 de Diciembre Zona 4

Minga
Paradigm
Metropolitan Ag. Schlumberger
Reed Hycalog
Smith Internacional
Schlumberger
Halliburton
Skanska
Asic
Huawei
Tecna
Univisa
Mccann
Alitalia

Tabla. 4. 18. Clientes potenciales Nodo 6 de Diciembre Zona 4

4.3.3. Nodo Carolina

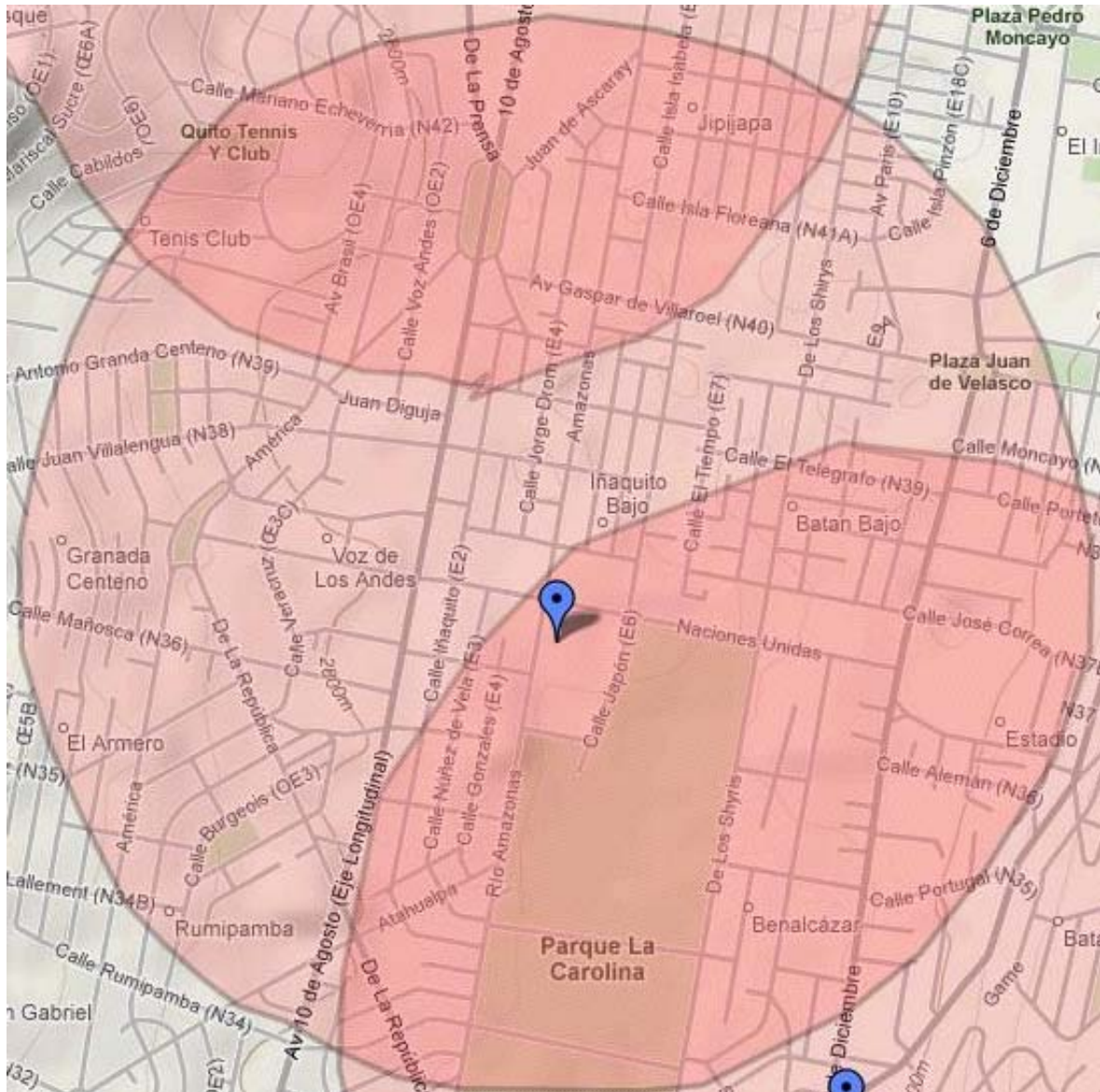


Figura. 4. 27. Cobertura Nodo Carolina

El sector financiero mayoritario dentro de la ciudad de Quito, se encuentra en la zona delimitada por el Av. Amazonas y las calles Isla Floreana y Rumipamba, la cobertura del nodo Carolina está orientada a ese segmento, la razón por la cual las coberturas están superpuestas es debido a la alta densidad de clientes potenciales en el sector.

La figura 4.27 muestra como el nodo Carolina se superpone a la Zona Norte del nodo 6 de Diciembre y la zona Sur del nodo Galarza, la ubicación específica

prevista es la intersección entre el Av. Naciones Unidas y el Av. Amazonas, sector elitista que por ende representaría costos altos en arrendamiento de espacio físico.

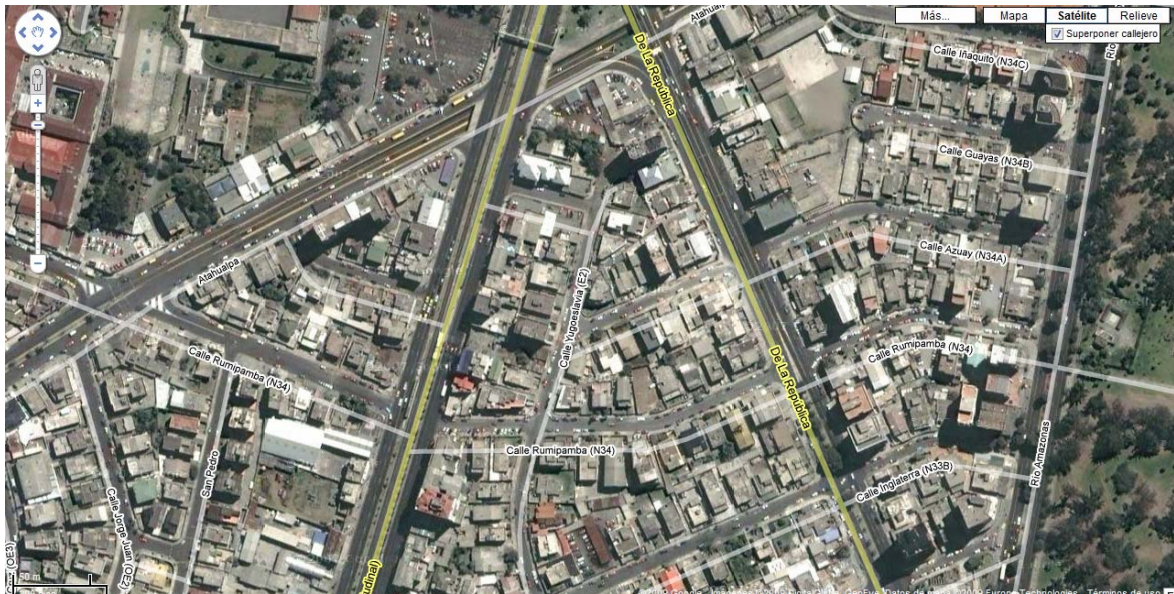


Figura. 4. 28. Acercamiento Nodo Carolina Zona 1

Adentrándonos un poco más en el área a cubrir por la Zona 1 del Nodo Carolina se encuentran propuestas interesantes, dentro del segmento financiero tenemos presencia de Lloyds Bank, Banco Atlántico y Financorp, sin dejar de mencionar al segmento industrial, Laboratorios Bago, Metrocar, Aymesa, entre otros, todos clientes con altas exigencias de calidad, disponibilidad y escalabilidad.

Unicef	Lan Chile
Laboratorios Bago	Banco Internacional
Metrocar	Asociación de Empresas Automotrices
Aymesa	Banco del Pichincha
Financorp	Megadatos
Corporación GPF	Transnexa
Banco del Pichincha - Ag. República	Banco Lloyds
IIASA - Ag. Centro	Diners Corpaire
Cámara de Comercio	Texaco
Banco Bolivariano	GMS - Quito Flores
Desarrollo Digital Desdig.	Banco Atlántico
Lan Chile Town	Banco Central del Ecuador
Seminarios y Eventos	Space Link

Tabla. 4. 19. Clientes potenciales Nodo Carolina Zona 1

Dentro de ésta zona se tiene la presencia de dos proveedores de servicios de telecomunicaciones, el primero con un segmento principal que son los enlaces urbanos, Megadatos. Y Transnexa cuyo segmento principal es el transporte de altas capacidades, circuitos backhoule.

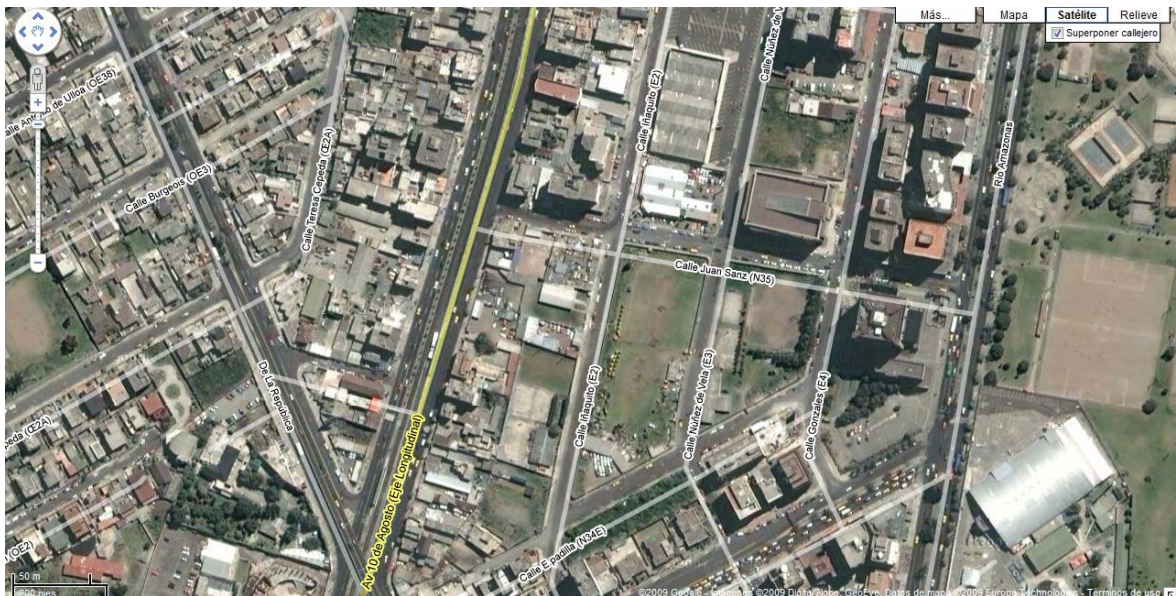


Figura. 4. 29. Acercamiento Nodo Carolina Zona 2

Xerox	Medianet
Petroleos Sudamericanos	Multiopicas Internacionales
Deloitte & Touche	Farcomed
Ace Seguros S.A	Multiburo Información Crediticia
Perenco	Banco del Pichincha - Ag. Multiburo
Acosa	Banco del Pichincha - Ag. UTE
Banco de Machala	UTE
Banco Procredit Matriz	Impulso Comunicadores
Banco Internacional - Ag. CCI	Johnson & Johnson
Itabsa - Tanasa	Seguros Equinoccial
BSG Consulting	Corporación Civil
Banco del Pichincha - Ag. CCI	Michelin del Ecuador
Diners - Ticket Center CCI	Ace Seguros
Rindaka	Produbanco
Emerson	

Tabla. 4. 20. Clientes Potenciales Nodo Carolina Zona 2

Este sector es realmente privilegiado, Xerox, Petróleos Sudamericanos, Deloitte entre otros, corporaciones multinacionales cuya prioridad número uno son las comunicaciones forman parte de la lista de los clientes potenciales de la Zona 2.

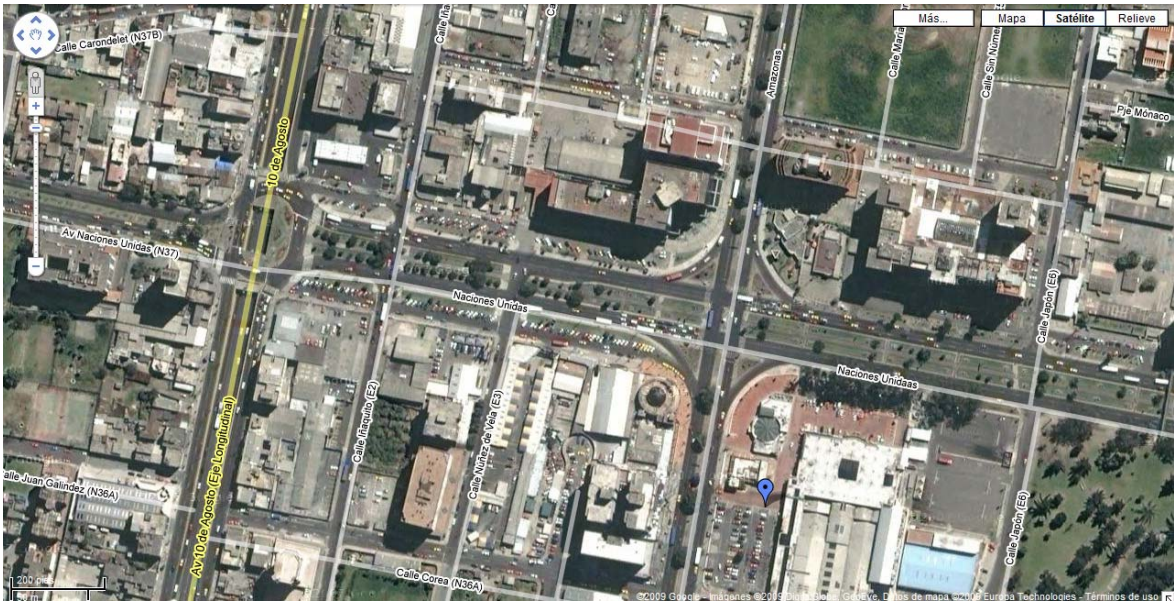


Figura. 4. 30. Acercamiento Nodo Carolina Zona 3

Siendo una de las zonas con más cercanía al nodo, goza de notorias ventajas. Los costos de implementación disminuirían por ser tramos de instalación más pequeños, traduciéndose en una menor inversión en planta externa.

Kraft
Glaxo SmithKline Beecham
Philip Morris
Roche
Banco del Pichincha - Ag. Carondelet
Cinemark
Banco de Loja
Tilingo Entertainment
Fundación para el Desarrollo y Fortalecimiento
Johnson & Johnson
Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
Cronix
El Telégrafo
Bristol
Transoceanica
Yage
Teleamazonas Quito
Macosa
Monaivery
Sulamerica
Laboratorios Lansey
Yanbal Ecuador
Credi Report
Itabsa matriz
Seguros Oriente

Tabla. 4. 21. Clientes Potenciales Nodo Carolina Zona 3

En esta zona destacan clientes como Bristol, Banco de Loja, Yanbal entre otros.

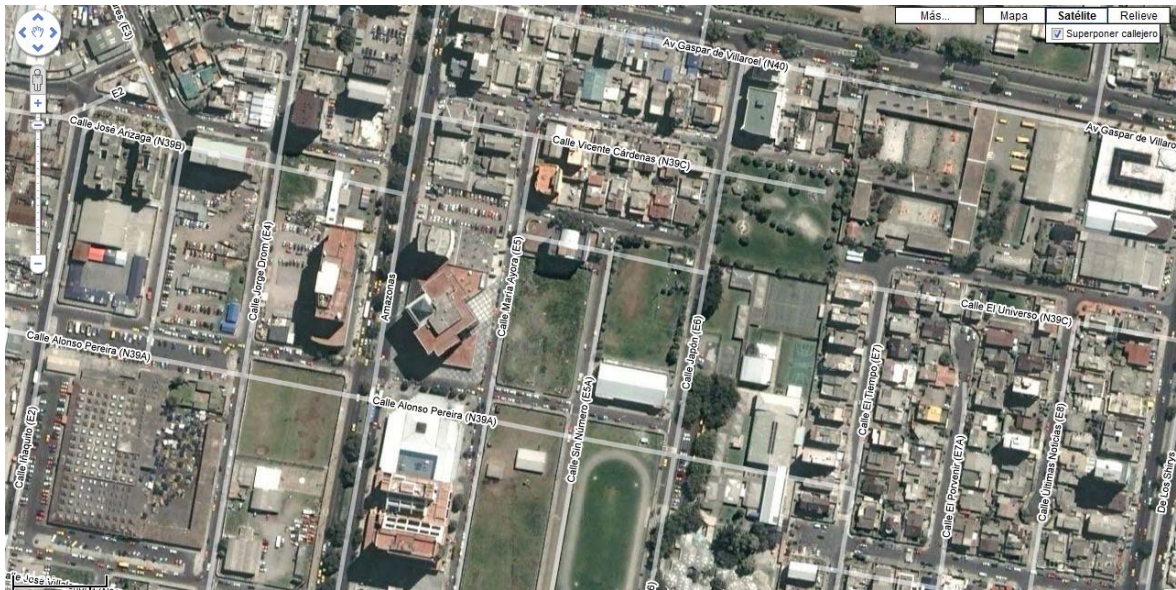


Figura. 4. 31. Acercamiento Nodo Carolina Zona 4

Microbanx
Panalpina
Gmac del Ecuador
Grupo Microsistemas Jovichsa S.A
Merck
Banco del Pichincha - Tesorería Baja
Mitsu
Quimipac
Banco del Pichincha - ABP
Defense Systems
Sistran Andina
Las Fragancias
Banco Internacional - La Y
Eficacia
American Airlines
Banco de Guayaquil - Ag. Iñaquito
Telmex
Penitus Solutions Cia Ltda.
Conauto
Banco MM Jaramillo Artega
Unión Mundial para la Naturaleza
BJ Services Company S.A
City Oriente
Banco Amazonas
Comisión de Control Cívico de la corrupción

Tabla. 4. 22. Clientes potenciales Nodo Carolina Zona 4

4.3.4. Nodo Galarza

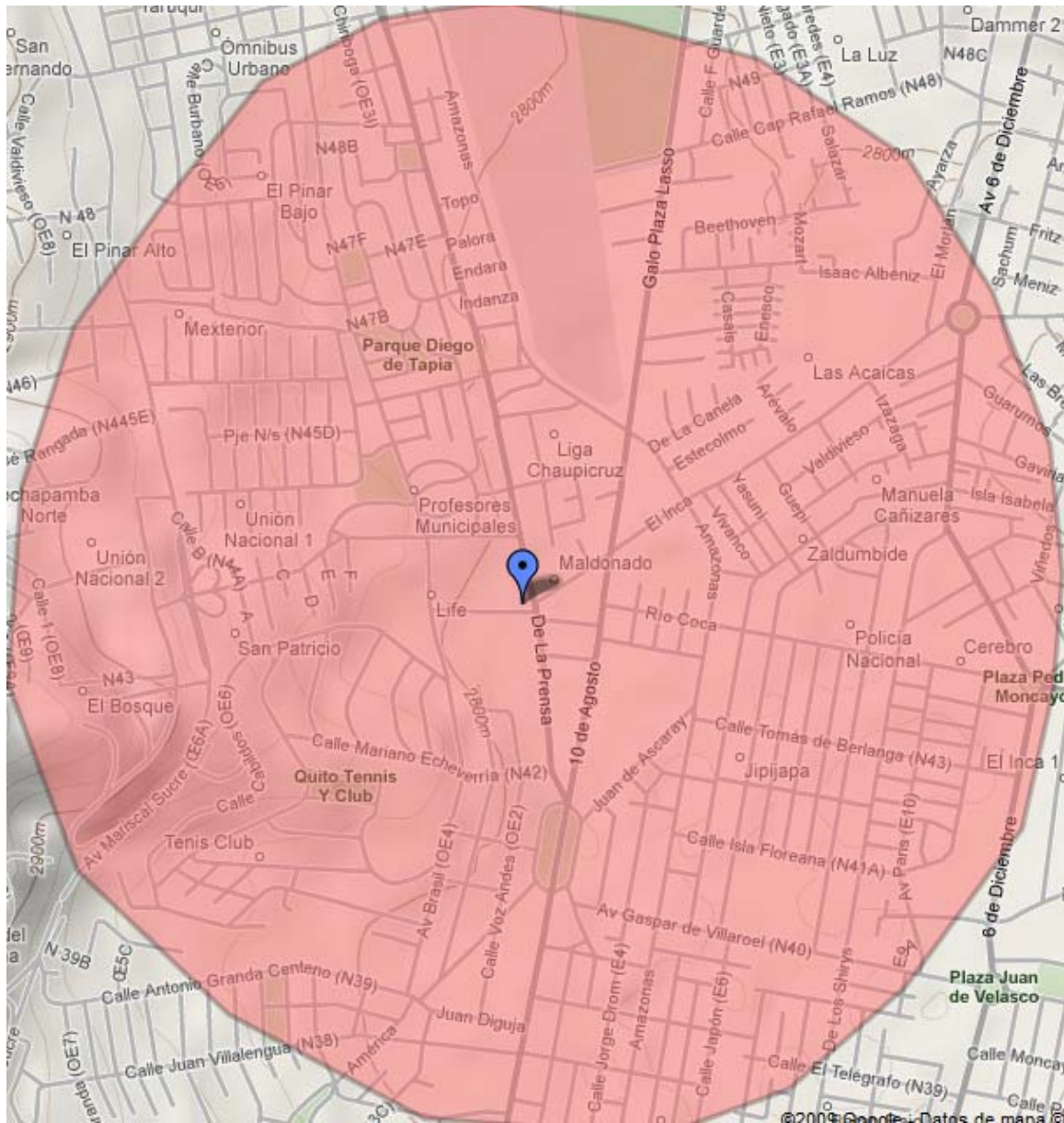


Figura. 4. 32. Cobertura Nodo Galarza

El nodo Galarza, proyectado a ubicarse en el Av. La Prensa y Galarza, cubre el área que se extiende desde el Sector de La Luz, hasta el Av. Amazonas y Calle El Telégrafo llegando a zonas estratégicas del Norte de Quito. Es necesario hacer énfasis que en cada uno de los nodos se puede sobrepasar la zona de cobertura, tendiendo fibra hasta 5 Km de distancia e incluso a 10 Km, previamente haciendo un análisis costo beneficio de la inversión extra que se requiere para el tendido de

fibra. El proyecto tiene definido un límite de 800m de fibra de acceso por cliente en los costos de implementación, cualquier exceso tiene que ser evaluado.



Figura. 4. 33. Acercamiento Nodo Galarza Zona 1

A la zona 1, delimitada por la Plaza de Toros, el Av. El Inca y La Prensa, hay que sumarle el sector de restaurantes ubicados en el Av. Amazonas que no se detallan. En función de definirlo, se puede decir que es una zona bastante comercial sin preeminencia de clientes potenciales de alta facturación pero que hay que prestarle atención.

Multiópticas Internacionales
Microbanx La Prensa
Quifatex - Life
Porta
Compañía Cervecera Ambev
Talleres ITE Cia Ltda
Farcomed
Motransa
Administranza
Medianet
Sociedad Financiera Leasingcorp S.A
Motores del Ecuador
Royal Flower
Cooprogreso
Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria

Tabla. 4. 23. Clientes potenciales Nodo Galarza Zona 1

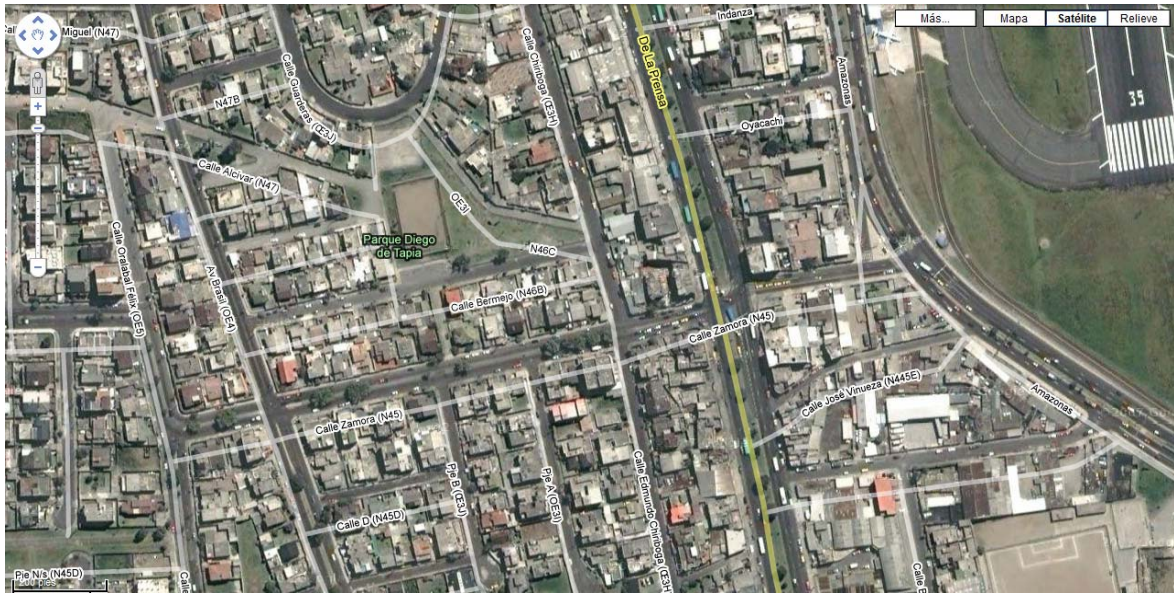


Figura. 4. 34. Acercamiento Nodo Galarza Zona 2

La Figura 4. 34 es un acercamiento de la Zona 2 del nodo Galarza, dentro de los clientes potenciales destacan Plan Automotor Ecuatoriano, Cámara de Comercio, Teojama Comercial entre otros, se estrecha a la cola Sur del Aeropuerto Mariscal Sucre.

Banco Internacional - Ag. La Prensa
Cámara de Comercio
Spannies
Ecuaseguridad
Banco de Pichincha - Camara de Comercio
Planautomotor
Alfragres S.A.
Teojama Comercial
Plan Automotor Ecuatoriano S.A
RTS
SSangyoung
Telesistemas
Banco Capital - Equinorte
Panatlantic
Maria Elena de Vinuesa
Readynet
Autoconsa
Correa Mantilla Juan Carlos
Sumtexa
Distribuidora Productos Jucremo

Tabla. 4. 24. Clientes potenciales Nodo Galarza Zona 2

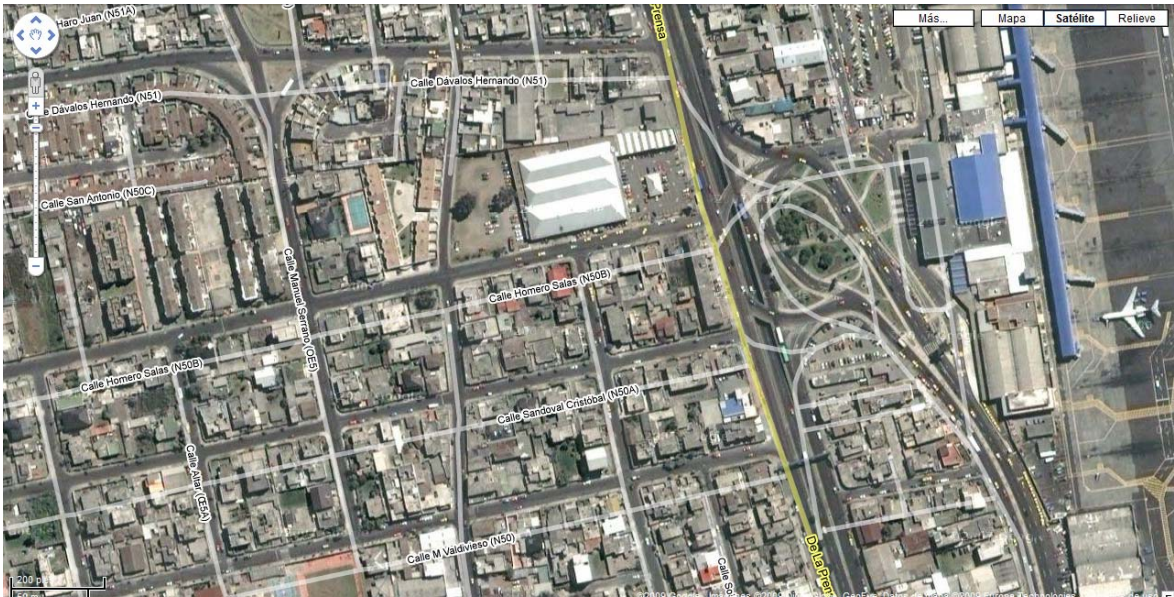


Figura. 4. 35. Acercamiento Nodo Galarza Zona 3

La figura 4.35 cubre la zona de ingreso y desembarque del Aeropuerto de Quito, llegando a las principales aerolíneas e importadoras, entre ellas Iberia, Aerogal, Hilsea entre otros.

Arrow
Iberia
SESA
DHL
G&G Cargo
Panatlantic
Econofarm
Hilsea Operflor
Coimpexa
Budget
Aerogal
Planman Cia Ltda.
Talahasy Seguridad
Alitalia
Alfragres S.A.
Readynet
Autoconsa
Sumtexa
Tame
Aereopuerto
Ingala
Ecuaquimica

Tabla. 4. 25. Clientes potenciales Nodo Galarza Zona 3

La ubicación de los cuatro nodos, Patria, 6 de Diciembre, Carolina y Galarza, es estratégica y base de una red escalable con proyecciones a crecer en función de la demanda. Como fase inicial y alcance total del proyecto, se están cubriendo los sectores con mayor demanda en la ciudad de Quito. Los servicios L2L ya se definirán con la consecución de la red, y la elección de los equipos terminales a utilizarse. La figura 4. 36 muestra las zonas bien marcadas dentro de la ciudad.

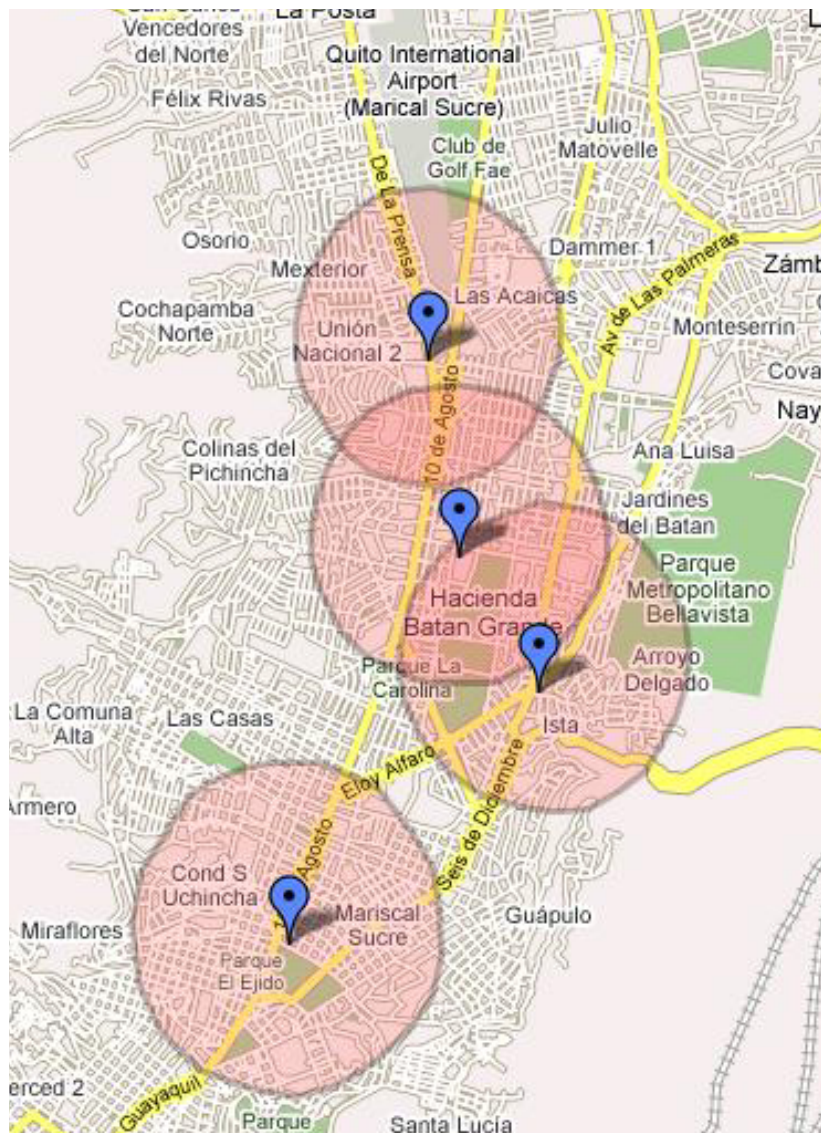


Figura. 4. 36. Cobertura de la red en la ciudad de Quito.

4.4. DIAGRAMA DE RED

El siguiente esquema tiene como fin definir la topología de la red. Una vez definido el medio, equipos terminales y ubicación de los nodos el detalle de la red es clave en el proceso de implementación.

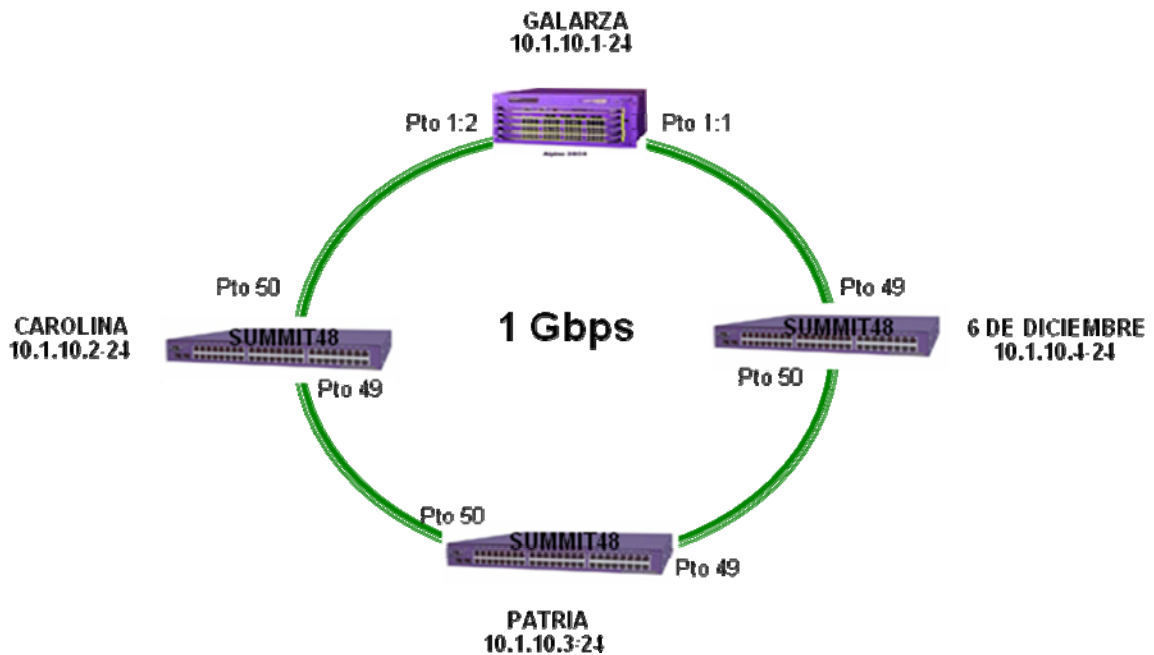


Figura. 4. 37. Topología de la Red

La figura 4.37 muestra la marca, modelo de switch de cada uno de los nodos y los puertos asignados para la implementación del anillo. En la cabecera se encuentra el nodo Galarza, constituido por un switch Alpine de la Serie 3800, sus características y desempeño se detallaron anteriormente, siendo el encargado de gestionar el dominio EAPS del anillo.

En los otros nodos se dispone de switch's Summit de 48 puertos, Carolina, Patria y 6 de Diciembre manejarán el mismo modelo de equipo, su objetivo es concentrar clientes y si es necesario interconectarse a otra red u ofrecer otro tipo de servicio pues se dispone del Switch Alpine que posee una serie de características para la integración de redes e interconexión.

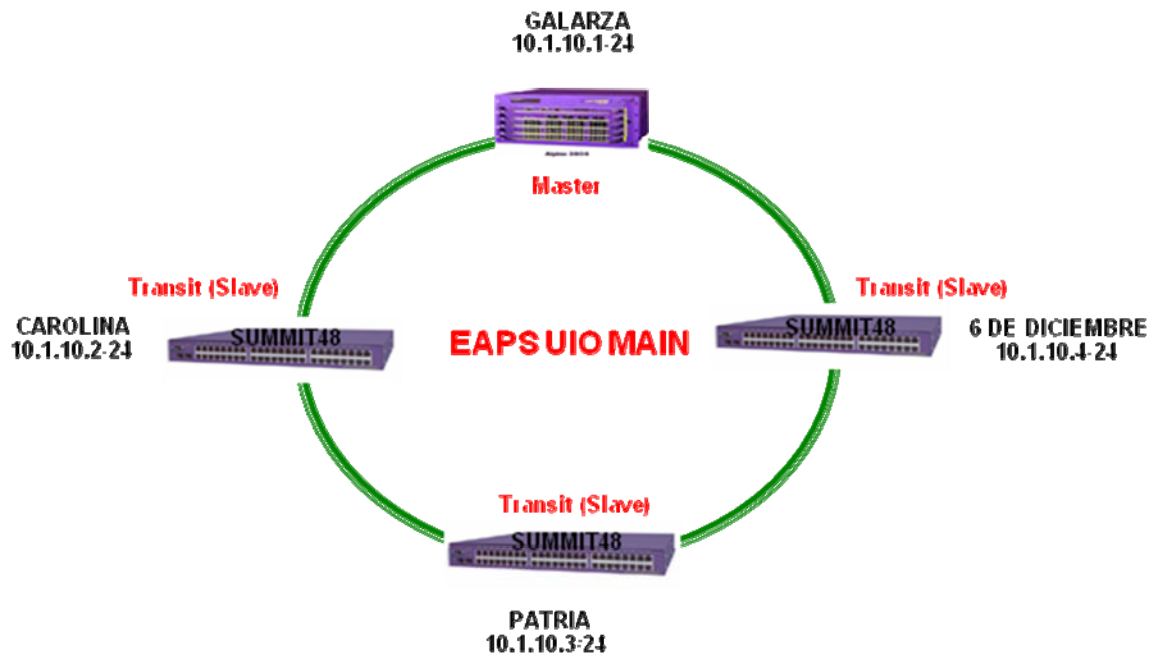


Figura. 4. 38. Detalle del Dominio EAPS a implementarse.

Para el funcionamiento del protocolo de aseguramiento de red y convergencia EAPS, es necesario definir un equipo MASTER, será el más robusto en cuanto a capacidades, procesamiento y capacidad de memoria. El switch Alpine ubicado en el nodo Galarza es el encargado de gestionar el protocolo, un anillo Ethernet diseñado para usar EAPS puede llegar a tener un poder de recuperación comparable a un anillo SONET a un bajo costo y menor complejidad de implementación.

El funcionamiento y detalle de los paquetes de control del protocolo EAPS se detallaron en el marco teórico, en resumen si ocurre un corte en una sección del anillo, el protocolo EAPS direcciona el tráfico de todas las VLAN's por el segmento no afectado en 50 ms. El puerto sin tráfico procede a bloquearse para que no existan propensiones a creaciones de LOOPS y no se activa hasta que el corte sea superado. Nada libra al diseño en el caso de que ocurra un doble corte, pero la probabilidad de que ocurra un evento de ese tipo es muy bajo.

La gestión de los equipos EXTREME NETWORKS, incluyen el servicio de notificación de corte, el operador de la red debe estar continuamente monitoreando la consola para actuar de forma inmediata en presencia de un evento. Si un segmento queda fuera y no es corregido, la probabilidad de que ocurra otro corte en el anillo es elevada y puede quedar un tramo de la red fuera.

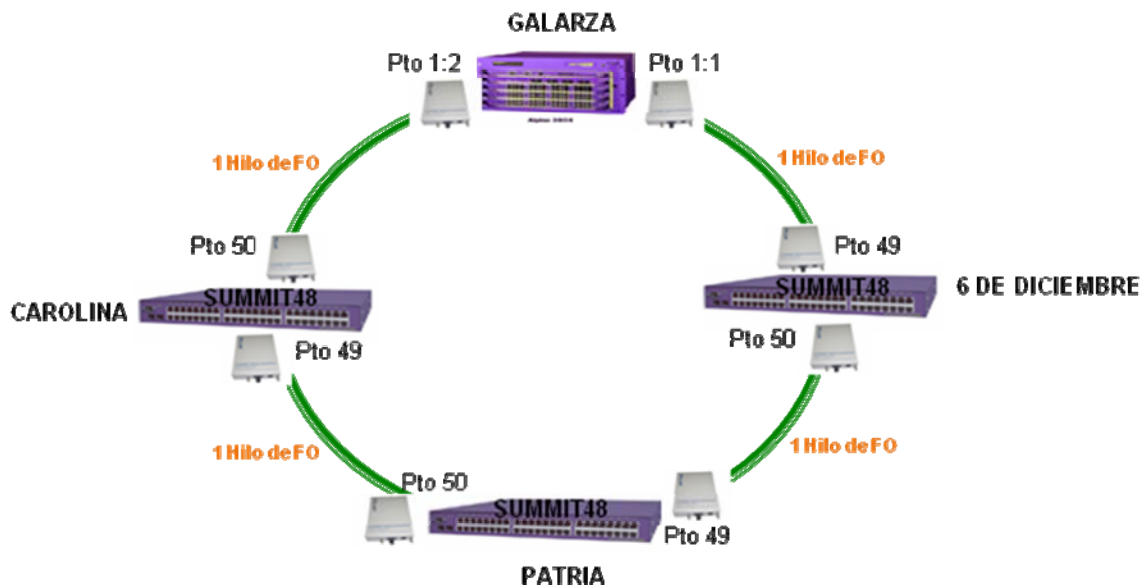


Figura. 4. 39. Diagrama recursos de Fibra y Conversores

Los conversores con los que se implementará la red son APTTEK Single Fiber, principalmente por que manejan WDM (Multiplexación por longitud de onda), reduciendo los costos y efectivizando el recurso de planta externa al utilizar un único hilo de fibra para la transmisión y recepción. Este tipo de conversores trabajan en las longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm. La figura 4.39. muestra la asignación de ocho conversores de 1 hilo que se pegarían al puerto GigabitEthernet del switch Summit48, consiguiendo una capacidad de 1 Gbps para el transporte.

Para terminar con el diseño, a continuación se modela una de las soluciones a implementarse, incluyendo los routers en ambos extremos y detallando el esquema de red en capa 2 y capa 3, las tablas ARP en router, tablas MAC en switch, direccionamiento IP y asignación de puertos en cada uno de los switch's de los nodos.

El cliente Banco Internacional Ag. La Prensa requiere una conexión de 10 Mbps con su Ag. Carolina, la Figura 4.40. detalla el requerimiento del cliente y el direccionamiento IP LAN que solicitó.

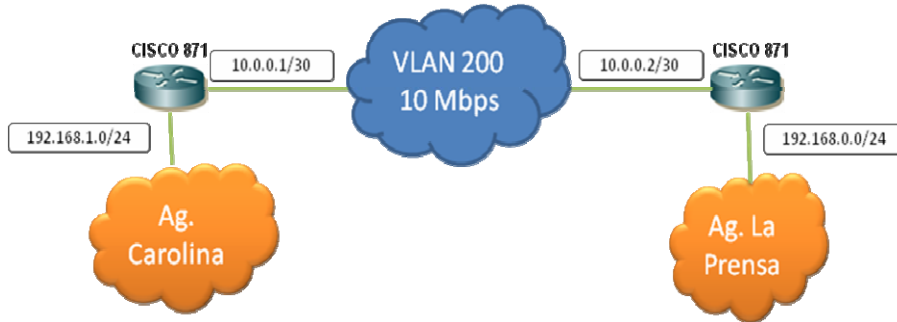


Figura. 4. 40. Esquema de solución en Capa 3

El departamento de planta externa, analizará la factibilidad de llegada al cliente, procederá con el tendido de fibra necesario, en este caso el Ag. La Prensa está próxima al nodo Galarza, el Ag. Carolina al nodo Carolina. Para este enlace se ha asignado previamente la Vlan 200, pudiendo ser cualquiera entre 1 – 4096. La figura 4.41 detalla las configuraciones a aplicarse a nivel de capa 2.

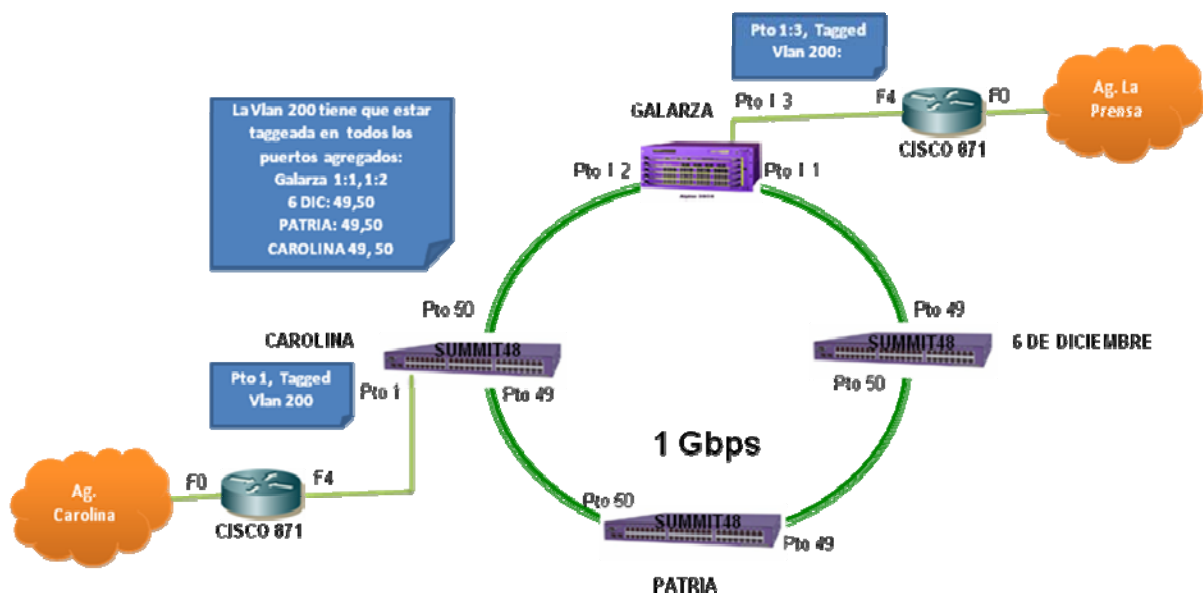


Figura. 4. 41. Esquema de Red Capa 2

CAPITULO V

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERA, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERA

Es necesario realizar un análisis de sensibilidad financiera, con el fin de determinar que tan rentable es para la compañía la implementación del proyecto en estudio. A continuación se determinará el porcentaje de retorno de la inversión y el valor neto del servicio actual dentro del mercado.

5.1.1. Tarifario del servicio:

Ancho de Banda (Kbps)	Valor (USD)
256	250,00
512	450,00
1024	600,00
2048	1000,00
4096	1500,00
8192	2000,00
10240	2500,00

Tabla. 5. 1. Tarifario Servicios Transporte Urbano.

La tabla 5.1 detalla el valor del servicio sin impuestos, el precio es bastante competitivo en relación el mercado y se ajusta a los tarifarios actuales para las distintas tecnologías de acceso.

5.1.2. Ingresos Anuales

En el primer año se tiene previsto introducir quince clientes corporativos a la nueva plataforma, la tabla 5.2. detalla el ingreso previsto de esta cartera de clientes para el año 2009, en base al número de servicios y la capacidad de ancho de banda.

N° de Servicios	Ancho de Banda	Costo Instalación	Costo Mensual	Ingreso Anual / Servicio	Ingreso Anual / Total
1	10 Mbps	800,00	2.500,00	30.800,00	30.800,00
3	8 Mbps	800,00	2.000,00	24.800,00	74.400,00
5	4 Mbps	800,00	1.500,00	18.800,00	94.000,00
8	2 Mbps	800,00	1.000,00	12.800,00	102.400,00
10	1 Mbps	800,00	600,00	8.000,00	80.000,00
25	512 Kbps	400,00	450,00	5.800,00	145.000,00
5	256 Kbps	400,00	250,00	3.400,00	17.000,00
57		4800,00	8.300,00	Total	543.600,00

Tabla. 5. 2. Ingresos Anuales por Número de Servicios

Entiéndase que un mismo cliente puede tener varios servicios diversificados, se requiere hacer un análisis en base al número de servicios no al número de clientes, ejemplo: Cliente X requiere una capacidad de 4 Mbps para su Data Center, 4 Servicios de 512 Kbps para sus agencias en Quito y 1 Servicio de 1 Mbps para la matriz.

5.1.3. Costos de Implementación Backbone CAPEX

Costos de Inversión Backbone			
Unidades	Descripción	P. Unit	P. Total
4 UND	Switch Summit 48	400,00	1.600,00
1 UND	PC	800,00	800,00
1 UND	Extreme Software License	1.500,00	1.500,00
4 UND	ODF's	500,00	2.000,00
8 UND	Mangas de Fibra	250,00	2.000,00
1 UND	Switch Alpine 3800	3.000,00	3.000,00
10 UND	Convertidores de Fibra de 1H	150,00	1.500,00
25 KM	Fibra Óptica Backbone 72H	1.000,00	25.000,00
Total Inv.			37.400,00
Costos de Instalación Backbone			
Instalación Anillo de Fibra			20.000,00
Consumibles			5.000,00
Total Inst.			25.000,00
TOTAL			62.400,00

Tabla. 5. 3. CAPEX

La Tabla 5. 3. está dividida en dos partes, la primera detalla el costo de los equipos que componen el anillo MetroEthernet y la segunda tabla incluye los costos de instalación del tendido de fibra y acometida en cada uno de los nodos, incluyendo los consumibles.

Los nodos que actualmente tiene Global Crossing cuentan con la infraestructura física (espacio, capacidad eléctrica), para soportar la implementación del proyecto, esto reduce un costo significativo en la adquisición de racks, ups´s y generadores.

5.1.4. Costos de Operación Backbone OPEX

Unidades	Descripción	P. Unit	P. Total
1 UND	Switch Summit 48	400,00	400,00
2 UND	Mangas de Fibra	250,00	500,00
4 UND	Conversores de Fibra de 1H	150,00	600,00
5 KM	Fibra Óptica Backbone 72H	1.000,00	5.000,00
		Total	6.500,00
Costos de Mantenimiento del Anillo de Fibra			
	Descripción	Mensual	Anual
	Cuota adicional por mantenimientos en la fibra	3.000,00	36.000,00
	Consumibles	1.000,00	12.000,00
		Total	48.000,00
		TOTAL	54.500,00

Tabla. 5. 4. OPEX

La Tabla 5.4, resume los costos de operación del Backbone, Global Crossing cuenta ya con un NOC (*Network Operation Center*), y no es necesario asumir el costo de un operador de la red. La gestión se puede sumar a la carga de actividades del operador actual, por las facilidades que brinda el software de administración de Extreme, las configuraciones y asignación de recursos estarían a cargo del área de IP Deploymnet.

5.1.5. Costos de implementación y operación Servicios

Ancho de Banda	CAPEX (Unitario) USD	OPEX (Unitario) USD	Total CAPEX USD	Total OPEX USD
256 - 512 Kbps	900,00	1.080,00	27.000,00	32.400,00
1 - 4 Mbps	1.100,00	1.080,00	25.300,00	24.840,00
8 - 10 Mbps	1.800,00	1.080,00	7.200,00	4.320,00
TOTAL			59.500,00	61.560,00

Tabla. 5. 5. CAPEX y OPEX Servicios

Para la implementación del servicio se requiere presupuestar por cada servicio 400m de fibra, 2 conversores ópticos de 1H y un router con dos puertos LAN, para la solución de 256-512 se considera un router Huawei AR18-20, de 1 Mbps a 4 Mbps un router Cisco 871 y para 8 Mbps a 10 Mbps un Cisco 1841.

Estos costos se suman al CAPEX de servicios, no se puede asumir como CAPEX de Backbone porque la inversión se va ha ir haciendo conforme se va creciendo en servicios con los clientes.

Para el OPEX se consideró dos mantenimientos al mes por servicio, que es la estadística que se maneja en el medio, con un costo de \$90.00 por asistencia. Llegando a un total de \$61,560.00 para la operación de todos los servicios en un año. Los valores unitarios están multiplicados por el número de servicios programados a implementar según ancho de banda.

5.1.6. Cálculo del TIR y VAN

El Anexo detalla el cálculo del TIR y VAN. Si se logra vender la cantidad de servicios programada, que es una meta realista para la estadística de altas con la que cuenta la empresa, en un año se logra recuperar la inversión.

Se genera un margen de ganancia de \$162,804 en el primer año, expectativa bastante ajustada para el número de servicios a implementarse.

El Valor Actual Neto es de \$ 1'302.417 y el período de recuperación descontado es de 0,59 Años.

5.2. CONCLUSIONES

El presente capítulo resume las principales conclusiones y recomendaciones que se han recopilado a través del desarrollo del proyecto:

- Las aplicaciones informáticas de las empresas, industrias y entes gubernamentales exigen cada vez más a sus proveedores, la seguridad, accesibilidad, productividad, continuidad y el nivel de colaboración son elementos de valor agregado que un proveedor de servicios no debe dejar de lado.
- La capacidad, calidad y costos son los tres elementos prioritarios a la hora de elegir un canal de comunicación, una vez que se alcanza un equilibrio entre los tres, la escalabilidad y fiabilidad vienen a ser valores agregados que marcan la diferencia a la hora de elegir una solución.
- Global Crossing, proveedor de servicios líder en la región, necesita implementar una red de acceso basada en Ethernet, esto le dará mayor competitividad y penetración en el mercado a un costo significativamente menor al de otras tecnologías.
- La tecnología Ethernet como red de acceso se ha desarrollado lentamente en Estados Unidos debido a la costosa infraestructura TDM y las regulaciones, pero ha tenido bastante éxito en Asia y Japón.
- MetroEthernet no tiene que desarrollarse necesariamente en una red Ethernet capa 2 pura, puede implementarse sobre diferentes tecnologías como SONET/SDH e IP/MPLS.
- MetroEthernet ofrece tres diferenciadores claves: escalabilidad de ancho de banda, linealidad en el incremento de ancho de banda, rápida, fácil instalación y migración.

- El uso del protocolo EAPS en lugar de STP e incluso RSTP, ambos propietarios de Cisco, como mecanismo de protección del anillo, disminuye los tiempos de convergencia de la red en presencia de un corte de fibra, el valor promedio se encuentra en los 50ms.
- El medio de transmisión óptimo para la implementación de un anillo Ethernet dentro de la ciudad de Quito es la fibra óptica, el evidente diferenciador es su alta capacidad y baja atenuación.
- El uso de conversores de fibra de un hilo en la implementación del anillo y accesos, optimiza el recurso de planta externa, disminuyendo el número de hilos que se utilizan para transmisión y recepción.
- Una ubicación estratégica de la fibra de backbone y las mangas de acceso, en base a los clientes potenciales que se deseen alcanzar, optimizará la cantidad de fibra que tendrá que invertirse para brindar una solución a un cliente.
- Global Crossing tiene como política el crecimiento en base a la inversión, MetroEthernet se ajusta perfectamente a esta política, su rápida implementación permite acoplarse a los plazos de entrega sin contar con una infraestructura esperando por ser ocupada.
- Para asegurar los plazos de recuperación de la inversión, es necesario ubicar los cuatro nodos cubriendo los sectores de mayor demanda comercial dentro de la ciudad de Quito.
- Todos los switches de la red tienen puertos FastEthernet para los accesos de clientes, ofreciendo un escalamiento de ancho de banda lineal de hasta 100 Mbps.

5.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda, para la conexión de la fibra al switch no utilizar los puertos ópticos ya que esto representa un mayor costo, los conversores de interfaz eléctrica a óptica son menos costosos que los acoples necesarios.
- Es recomendable sugerir al encargado del tendido de planta externa definir un mecanismo de identificación de la fibra, ya en el campo es muy fácil confundirse entre los cables de los distintos operadores.
- Es necesario llevar una documentación clara del cliente, recursos lógicos y físicos asignados para dar el debido soporte en presencia de un problema.
- Los cables y equipos de Global Crossing tienen que estar debidamente ubicados y etiquetados dentro de los nodos, esto evita pérdidas de tiempo en identificación y reubicación.
- Es recomendable delegar la configuración y administración de los equipos de backbone a un grupo de personas y definir passwords de administración y trouble shooting, esto con el fin de que no todos los operadores de la red tengan acceso a cambios de configuración.
- Extreme recomienda adquirir el software de administración de la red, este ofrece servicios como notificación de caídas de puertos, cortes de fibra y creaciones de loop's, las alarmas deben ser clareadas de tal forma que el operador no pueda pasar por alto cualquier evento en la red.

BIBLIOGRAFIA

- Miller, Michael, *Defense in Depth, Global Crossing Technical White Papers*, tomo I, EU 2006, 9 p.
- Wagner, Dan, *Implementing Convergence, Global Crossing Technical White Papers*, tomo I, Singapur 2006, 6 p.
- <http://www.globalcrossing.com>, Brochure Global Crossing.
- Santitoro, Ralph, *Bandwith Profiles for Ethernet Services, Metro Ethernet Forum*, tomo I, EU 2004, 8 p.
- Halabi, Sam, *Metro Ethernet*, tomo I, primera edición, *Cisco Press*, EU 2003, 276 p.
- <http://www.extremenetworks.com>, Network Design Guidelines, Extreme Networks 2000.
- Lewis, Jeremy, *Circuit Emulation Services over Ethernet, Metro Ethernet Forum*, tomo I, EU 2004, 6 p.
- Whalley, Mark, *Metro Ethernet Networks, Metro Ethernet Forum*, tomo I, Australia 2002, 17 p.
- Santitoro, Ralph, *Metro Ethernet Services, Metro Ethernet Forum*, tomo I, EU 2003, 19 p.

ANEXOS

ANEXO 1

DATA SHEET ALPINE SERIE 3800

ANEXO 2

DATA SHEET SUMMIT 48 si

ANEXO 3

DATA SHEET CONVERTOR APTTEK SINGLE FIBER

CWDM Single Fiber Transceiver (APT-1124WS34/54FC)



[CWDM Single Fiber Transceiver \(APT-1124WS34/54FC\)](#)

Product Group: [Media Converter](#)

Product Description

APT-1124WS34/54FC Singlemode single-fiber is 10/100/1000M self-adapt single fiber dual-direction fiber optic media converter. It's completeness according with IEEE802. 3ab, IEEE802. 3u, 10BaseT, 100BaseTX, 1000Base-TX, 1000Base-SX, 1000 Base-LX standard.

TX and RX used be pair, singlemode single fiber's transmit photosignal wavelength is 1550nm, receive photosignal wavelength is 1310nm; Single fiber dual-direction media converter have one RJ-45 interface and one SC single fiber interface, separate for twisted-pair and fiber to connecting. Single fiber media converter have 6 LED indicator: POWER, SPDFX1000, SPDTX1000, FX Link/Act, TX Link/Act, Fdx.

Technical parameter

1. According with IEEE802. 3ab/z, IEEE 802. 3u, IEEE 802. 3X, IEEE802. 1Q, 10BASE-T, 100B ASE-TX, 1000BASE-TX, 1000Base-SX, 1000Base-LX standard.
2. Support TCP/IP, PPPOE, DHCP, ICMP, NAT protocol.
3. Flow control: Full-duplex adopt IEEE802. 3X, half-duplex adopt Backpressure standard.
4. Electricity port support auto-negotiation function, autoconditioning transmit mode and transmit speed.
5. Port supply Auto-MDI/MDIX automatic reverse.
6. Support storage transmit mode, cashe capability is 256K.
7. Support electricity port's 1000M mode or self-adapt mode's switch.
8. Support state indicator, external power(output 5V~50HZ 1A).
9. Interface: Electricity port: RJ-45 fiber: SC.
10. Twisted-pair: Cat. 5 Cat. 6.
11. Singlemode fiber: 8/125, 8. 3/125, 9/125um.

12. Working temperature: 0~50 degree.
13. Storage temperature: -20~70 degree.
14. Humidity: 5%~90%.
15. Size: 32*128*158mm (H*W*L).

Specifications:

Connect type: SC
Fiber type: Singlemode
Wavelength: 1310/1550nm
Typical distance: 20KM
Min TX PWR: -6. 0dBm
Max TX PWR: 0. 0dBm
Sensitivity: < -22dBm
Link budget: 16. 0dBm.

ANEXO 4
DATA SHEET FIBRA AID CORE

ANEXO 5

DATA SHEET FIBRA EZ PREP

ANEXO 6
TIR Y VAN

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura. 1. 1 Imagen de la empresa a partir del año 2008 _____	1
Figura. 1. 2 Sedes de Impsatel que pasaron a formar parte de Global Crossing _____	2
Figura. 1. 3. Fortalezas de la red de Global Crossing. _____	3
Figura. 1. 4. Estructura ADN _____	4
Figura. 1. 5. Global Crossing IP Solutions _____	5
Figura. 1. 6. Global Crossing Data Transport Solutions _____	5
Figura. 1. 7 Niveles y frecuencia de los tipos de ataque de internet. _____	6
Figura. 1. 8 Global Crossing Security Solutions _____	7
Figura. 1. 9 Reporte Anual del CSI/FBI correspondiente al año 2006. _____	8
Figura. 1. 10 Global Crossing Continuity Solutions _____	9
Figura. 1. 11 Global Crossing On Demand Solutions _____	10
Figura. 1. 12 Global Crossing Voice Solutions _____	10
Figura. 1. 13 Global Crossing Collaboration Solutions _____	11

CAPITULO II

Figura. 2. 1. Red Genérica _____	12
Figura. 2. 2 Red TDM Estándar. _____	13
Figura. 2. 3. Modelo de red TDM y Ethernet. _____	14
Figura. 2. 4. Estructura genérica de una red metro. _____	16
Figura. 2. 5. Servicio MP2MP _____	22
Figura. 2. 6. Topología genérica de un anillo Gigabith Ethernet _____	24
Figura. 2. 7 Spanning Tree _____	25
Figura. 2. 8 Direccionamiento MAC y VLAN's _____	27
Figura. 2. 9 Puertos troncales. _____	29
Figura. 2. 10 VLAN Tagging _____	30
Figura. 2. 11. Concepto Q in Q de Cisco Systems _____	31
Figura. 2. 12 Ethernet LAN Service (E-LAN) MP2MP _____	33
Figura. 2. 13 Ethernet en MTU's _____	39

CAPITULO III

Figura. 3. 1 Modelo genérico de la red Keymile actualmente operativa en la red de GC.	43
Figura. 3. 2 Software de gestión de la red Keymile.	44
Figura. 3. 3 Convergencia de las jerarquías síncronas y asíncronas.	45
Figura. 3. 4 Topología red de doble anillo	46
Figura. 3. 5 Metropolis AMU – Shelf Options	47
Figura. 3. 6 Dual Shelf redundante	48

CAPITULO IV

Figura. 4. 1. Fibra Core Aid de Commscope	51
Figura. 4. 2. Atenuación en un hilo de fibra común y un hilo ZWP	52
Figura. 4. 3. Fibra Core Autosoportada (Draka Comteq)	53
Figura. 4. 4. Corte transversal fibra autosoportada.	53
Figura. 4. 5. Fibra core delgada ezPREP	54
Figura. 4. 6. Conector SC	55
Figura. 4. 7. Tipos de conectores	56
Figura. 4. 8. Patch Cord's de fibra simplex con conectores SC.	56
Figura. 4. 9. ODF (Optical Distribution Fiber)	57
Figura. 4. 10. Conversor APT Dual Fiber 100M	58
Figura. 4. 11. Conversor IMC Dual Fiber 10/100	59
Figura. 4. 12. Conversor Apttek Single Fiber	60
Figura. 4. 13. Infraestructura de una red tradicional.	63
Figura. 4. 14. Catalyst 3750 – 48PS	63
Figura. 4. 15. Extreme X150 Series 24 / 48 si	65
Figura. 4. 16. Huawei S3952P - SI	67
Figura. 4. 17. Ilustración cobertura nodo Patria	69
Figura. 4. 18. Acercamiento Nodo Patria Zona 1	70
Figura. 4. 19. Acercamiento Nodo Patria Zona 2	71
Figura. 4. 20. Acercamiento Nodo Patria Zona 3	72
Figura. 4. 21. Acercamiento Nodo Patria Zona 4	73
Figura. 4. 22. Cobertura Nodo 6 de Diciembre	74
Figura. 4. 23. Acercamiento Nodo 6 de Diciembre Zona 1	75
Figura. 4. 24. Acercamiento Nodo 6 de Diciembre Zona 2	76

Figura. 4. 25. Acercamiento Nodo 6 de Diciembre Zona 3	77
Figura. 4. 26. Acercamiento Nodo 6 de Diciembre Zona 4	78
Figura. 4. 27. Cobertura Nodo Carolina	79
Figura. 4. 28. Acercamiento Nodo Carolina Zona 1	80
Figura. 4. 29. Acercamiento Nodo Carolina Zona 2	81
Figura. 4. 30. Acercamiento Nodo Carolina Zona 3	82
Figura. 4. 31. Acercamiento Nodo Carolina Zona 4	83
Figura. 4. 32. Cobertura Nodo Galarza	84
Figura. 4. 33. Acercamiento Nodo Galarza Zona 1	85
Figura. 4. 34. Acercamiento Nodo Galarza Zona 2	86
Figura. 4. 35. Acercamiento Nodo Galarza Zona 3	87
Figura. 4. 36. Cobertura de la red en la ciudad de Quito.	88
Figura. 4. 37. Topología de la Red	89
Figura. 4. 38. Detalle del Dominio EAPS a implementarse.	90
Figura. 4. 39. Diagrama recursos de Fibra y Conversores	91
Figura. 4. 40. Esquema de solución en Capa 3	92
Figura. 4. 41. Esquema de Red Capa 2	92

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla. 2. 1. Cuadro comparativo de servicios Ethernet vs T1/T3 _____	17
--	----

CAPITULO III

Tabla. 3. 1 Cuadro comparativo jerarquía SONET y SDH. _____	45
---	----

CAPITULO IV

Tabla. 4. 1. Especificaciones Físicas Fibra Commscope _____	51
Tabla. 4. 2. Especificaciones físicas Fibra Autosoportada Draka Comteq. _____	52
Tabla. 4. 3. Especificaciones físicas fibra ezPREP _____	54
Tabla. 4. 4. Especificaciones Conversor ATP Dual Fiber 100M _____	58
Tabla. 4. 5. Especificaciones conversor IMC Dual Fiber _____	59
Tabla. 4. 6. Especificaciones fibra Apttek Single Fiber _____	60
Tabla. 4. 7. Márgenes de Over-subscription. _____	61
Tabla. 4. 8. Resumen de Especificaciones Switch Catalyst 3750 48 PS _____	64
Tabla. 4. 9. Resumen de Especificaciones Switch Extreme X150 48 _____	66
Tabla. 4. 10. Resumen de Especificaciones Switch Huawei S3952P-SI _____	68
Tabla. 4. 11. Clientes potenciales Nodo Patria Zona 1 _____	71
Tabla. 4. 12. Clientes potenciales Nodo Patria Zona 2 _____	72
Tabla. 4. 13. Clientes potenciales Nodo Patria Zona 3 _____	72
Tabla. 4. 14. Clientes potenciales Nodo Patria Zona 4 _____	73
Tabla. 4. 15. Clientes Potenciales Nodo 6 de Diciembre Zona 1 _____	75
Tabla. 4. 16. Clientes potenciales Nodo 6 de Diciembre Zona 2 _____	76
Tabla. 4. 17. Clientes potenciales Nodo 6 de Diciembre Zona 3 _____	77
Tabla. 4. 18. Clientes potenciales Nodo 6 de Diciembre Zona 4 _____	78
Tabla. 4. 19. Clientes potenciales Nodo Carolina Zona 1 _____	80
Tabla. 4. 20. Clientes Potenciales Nodo Carolina Zona 2 _____	81

Tabla. 4. 21. Clientes Potenciales Nodo Carolina Zona 3	82
Tabla. 4. 22. Clientes potenciales Nodo Carolina Zona 4	83
Tabla. 4. 23. Clientes potenciales Nodo Galarza Zona 1	85
Tabla. 4. 24. Clientes potenciales Nodo Galarza Zona 2	86
Tabla. 4. 25. Clientes potenciales Nodo Galarza Zona 3	87
Tabla. 4. 26. Tablas MAC , SW Galarza y SW Carolina.	93

CAPITULO V

Tabla. 5. 1. Tarifario Servicios Transporte Urbano.	94
Tabla. 5. 2. Ingresos Anuales por Número de Servicios	95
Tabla. 5. 3. CAPEX	95
Tabla. 5. 4. OPEX	96
Tabla. 5. 5. CAPEX y OPEX Servicios	97

GLOSARIO

10 Base T Es la especificación de 10 Mbps en Banda Base que utiliza que usa dos pares del par trenzado, uno para transmitir otro para recibir.

100 Base T Es la primera especificación en banda base que utiliza el cableado UTP trenzado a 100 Mbps,

AARP Protocolo de resolución de direcciones para Apple Talk.

Access layer Una de las capas en el modelo de tres capas jerárquico de Cisco.

AEP Protocolo de Echo de Apple Talk.

ARP Protocolo de resolución de direcciones (*Address resolution Protocol*).

ASIC's Circuitos integrados para aplicaciones específicas.

Backbone La porción básica de la red, encargada de transmitir la información de un extremo al otro.

Back end Un nodo o software encargado de proveer servicios a hosts.

BPDU *Bridge Protocol Data Unit*

Broadcast address usada a nivel físico y lógico, dirección utilizada para realizar transacciones con todos los hosts pertenecientes a una misma agrupación física o lógica.

Buffer Área de almacenamiento destinada a manejar los datos que está en tránsito.

CPE *Customer Premisa Equipment*, elementos de red instalados en el cliente que se conectan al proveedor de servicios.

DHCP Servicio de asignación parámetros IP dinámicos.

DSR *Data Set Ready*, señal que envía el DTE cuando se encuentra encendido y listo para operar.

DSU Dispositivo utilizado para adaptar la interfaz física al DTE.

DTE *Data Terminal Equipment*, cualquier equipo que sea el punto final de entrega de la información.

SCPC *Single Channel Per Carrier*, un canal por portadora. Sistema satelital que comunica 2 terminales mediante la asignación de 2 frecuencias fijas para la comunicación vía satélite de estos 2 terminales.

SQF *Signal Quality Factor* Factor de Calidad de la señal.

Self test auto comprobación.

SSPA *Solid State Power Amplificator* Amplificador de estado sólido.

TFTP *Trivial File Transfer Protocol* Es una versión simplificada del protocolo FTP que permite la transferencia de archivos de una PC a otra en una red, normalmente sin necesidad de autenticación.

TELNET Acceso remoto a un dispositivo o equipo.

VLAN *Virtual Local Area Network* Red de área local Virtual. Es una red de computadoras o equipos que no necesariamente tienen que estar en la misma área física.

VSAT *Very Small Aperture Terminal* Terminal satelital de muy pequeña apertura. Estación satelital de fácil instalación y montaje para clientes.

RJ45 *Registered Jack 45* Clavija con ocho conductores utilizada con cable UTP.

El presente proyecto de grado fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica reposando en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a

Autor

Sr. Francisco M. Silva V.

Coordinador de Carrera

Msc. Ing. Gonzalo Olmedo