

# Diseño de una red troncal en anillo de fibra óptica para el transporte de tráfico IP sobre MPLS entre las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca

D. Camposano <sup>1</sup>, L. Franco <sup>1</sup>, W. Medina <sup>1</sup>

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863. Guayaquil,

[dcamposa@fiec.espol.edu.ec](mailto:dcamposa@fiec.espol.edu.ec); [wfranco@espol.edu.ec](mailto:wfranco@espol.edu.ec); [wmedina@espol.edu.ec](mailto:wmedina@espol.edu.ec)

## Resumen

*En la actualidad, el mercado de las Telecomunicaciones se encuentra en un punto de inflexión en la curva de su evolución histórica: por un lado están los consumidores que van desde un sencillo y despreocupado cibernauta que cautivado por el encanto de un mundo virtual llamado Internet desea obtener la última canción de su artista favorito en el menor tiempo posible (canción que quizás aún no se haya estrenado) pasando por aquellas grandes corporaciones que con multitud de sucursales desean abaratar los costos de comunicación entre sus oficinas, por supuesto, teniendo siempre un mayor ancho de banda al mejor precio posible. Y por el otro lado tenemos a una marejada de empresas proveedoras del servicio de comunicación, grandes y pequeñas desangrándose una a otras, tratando de mantener a sus clientes (fidelizar a los clientes, ¿ existe tarea más difícil?) y si queda tiempo, tratar de conseguir nuevos clientes. Entonces, cual es el punto de inflexión que hemos mencionado? Se resume en tratar de dar 10 veces más ancho de banda mediante una tecnología que cueste 10 veces menos. El presente artículo versa sobre una tecnología que es capaz de ofrecer una ventaja a las empresas de comunicaciones que se encuentren en este predicamento. Tener redes MPLS es ofrecer convergencia: voz, datos y video en un mismo canal a menor costo. Es poder ofrecer productos diferenciados a los clientes mediante la Ingeniería de Tráfico, conectar múltiples sucursales con costos bajos utilizando las conexiones IP-VPNs con caudales dinámicos. MPLS se traduce en flexibilidad, escalabilidad y estabilidad. Este tipo de redes, que requieren caudales enormes de información, solamente podrían ser soportadas (y aprovechadas al máximo) por conexiones físicas que ofrezcan esta característica, gran ancho de banda. Por ello, el análisis de conexiones de fibra óptica es también un punto fuerte de este artículo.*

**Palabras Claves:** MPLS, Fibra Óptica, Ancho de Banda, OSPF, BGP, IP-VPN, Calidad de Servicio.

## Abstract

*These days, the telecommunication market is in an inflexion point in its history of evolution: in one hand there're the consumers that go from a simple and carefree cybernaut that captivated by the charm of a virtual world called Internet wishes to obtain the last song of his favorite artist in the least possible time (song that might hasn't come out yet) going over those large corporations that with several branches wish to cheapen the costs of communication between their offices, of course, having always a wider bandwidth at the best possible price. On the other hand we have a bunch of enterprises that provide the communication service, big and small bleeding each other out, trying to keep his clients (having faithful clients, is there a harder task?) and if there's time left, trying to get new clients. Thus, what is the inflexion point that we have mentioned? It resumes in trying to give ten times wider bandwidth with a technology that's ten times cheaper. This article is about a technology that is capable of offering an advantage to communication enterprises that are in this position. Having MPLS networks is offering convergence: voice, data and video in the same channel at a lower cost. It's the power of offering different products to clients with Traffic Engineering, connecting multiple branches with lower costs using IP-VPNs connections with dynamic fluxes. MPLS stands for flexibility, scalability and stability. These types of networks, which require huge fluxes of information, could only be supported (and taken full advantage from) by physical connections that offer this characteristic, great bandwidth. Therefore, the connections analysis of optic fiber is also a strong point in this article.*

**Key Words:** Multiprotocol Layer Switching, Fiber Optic, bandwidth, OSPF, BGP, IP-VPN, Quality of Service.

## 1. Introducción

A lo largo del desarrollo de este artículo, trataremos de abordar todo el proceso de análisis y diseño de una red que puede funcionar como backbone para una empresa proveedora de servicios de comunicaciones utilizando para ello a la fibra óptica como medio físico de transmisión y al protocolo IP como protocolo enrutado, soportado en una plataforma que este ejecutando protocolo MPLS a fin de otorgar una mejora en el uso del ancho de banda mediante la priorización del tráfico que ofrece este protocolo basado en etiquetas.

Para tal efecto hemos dividido en 2 fases el diseño de nuestra propuesta: Fase 1, Diseño Físico de la Red. Esta fase abarca todo el estudio de la ruta, la técnica del tendido, que en nuestro caso será el micro-zanjado, y la característica del tipo de fibra a utilizar. Fase 2, Diseño Lógico de la Red. Este apartado se encarga de analizar los equipos utilizados en la parte del networking, se definen aquí los protocolos IGP y EGP a utilizarse en la red.

## 2. Diseño Físico de la Red.

El tendido de la fibra Óptica ha sido diseñado mediante la técnica de micro zanjas, basados en la normativa UIT-T L.49, ranuras que se realizan a los costados de las carreteras principales a lo largo de la ruta que une Quito - Guayaquil - Cuenca.

La microzanja que permite instalar cables subterráneos en pequeñas ranuras de ancho de 10 y 15 mm de ancho y profundidad entre 10 y 25 cm. Las ventajas de esta técnica con relación a las tecnologías convencionales de tendido de cables estriban esencialmente en su mayor velocidad de ejecución, bajo costo, repercusión ambiental significativamente baja y una interrupción limitada del tráfico en los caminos, y como consecuencia, se expedita la obtención de los permisos para trabajar en zonas públicas o carreteras concesionadas que encontraremos en nuestro recorrido.

### Tendido Por microzanjas

El microducto es un nuevo concepto de diseño de instalación subterránea que ha sido introducida en Europa y Norte América durante los últimos años. Ha sido desarrollado para los anillos internos urbanos por su versatilidad de despliegue. Debido a su menor costo de despliegue, el concepto ahora es utilizado para redes de larga distancia también.

El microducto es un ducto muy pequeño generalmente en el rango de 4mm - 12.7mm (diámetro externo) que puede ser soplado dentro de un ducto vacío de ¾" - 2" o instalado como una subdivisión en un ducto existente ocupado de 1" a 2".

### Ventajas del Microducto

**Eficiencia:** al reducir el espacio desperdiciado del ducto, la microtecnología nos permite la máxima utilización de las actuales y futuras infraestructuras en comunicación.

**Mejora de la rentabilidad:** permite la máxima rentabilidad y mayor retorno de la inversión por todos los clientes actuales o futuros gastos de derecho de vía.

**Versatilidad:** la tecnología está cambiando constantemente; por lo que, sólo instalando las fibras que se necesitan hoy en día se tiene la oportunidad de utilizar lo último en fibra ya que la tecnología está disponible.

**Expansión de la Red:** al colocar varios microductos en los ductos más grandes vacíos (o algunos microductos dentro de ductos ocupados), las preocupaciones de futuras expansiones se resuelven. Futuras expansiones no interrumpirán los servicios existentes.

**Rapidez en la instalación:** la microtecnología permite instalaciones más rápidas, reduciendo nuevamente los costos de instalación global al cliente.

**Mejora la utilización de capital:** los costos concernientes a los cables de fibra óptica son generalmente bajos; el microcable viene en presentaciones de 2 a 72 fibras. Utilizando bajas cantidades de cable el costo es dramáticamente menor. Se puede únicamente instalar los microcables para satisfacer los requerimientos de capacidad de los clientes. De esta forma se pueden mantener las inversiones realmente ajustadas a los flujos de efectivo.

La fibra óptica es del tipo monomodo de 48 hilos especial para este tipo de tendido y es denominada cable de fibra Headrow un diseño que involucra alguna capas protectores contra vibraciones, doble protección contra humedad ya que no esta protegida por ningún tipo de tubería de pvc o metal , protecciones antiroedores y protecciones holgadas.

Para Nuestro anillo de Fibra se ha considerado levantar 18 estaciones como nodos principales que se han denominado cuarto de equipos y que estarán localizados en las principales ciudades a lo largo de la ruta donde se estima saldrán clientes potenciales para la red óptica. En cada uno de estos se deben levantar los equipos ADM, regeneradores de señal, que para nuestro diseño se consideraron los equipos Huawei Optix OSN 3500 equipos que poseen una plataforma robusta de transmisión multiservicios, compatible con las tradicionales redes SDH e integra además, muchas y variadas tecnologías, tales como PDH, Ethernet, WDW, ATM y MPLS tecnología con las que implementamos nuestra red.

Cada uno de los cuartos de equipos están diseñados y acondicionados de acuerdo a la norma ANSI/TIA/EIA-569-A que especifica rutas y espacios de telecomunicaciones en edificios comerciales. Además de consideraciones para protecciones como sistemas de puesta a tierra basadas en la norma EIA/TIA 607 y backup.

## 3. Visión General de la ruta del anillo

Básicamente este proyecto tienen como objetivo intercomunicar mediante una red óptica a tres de las ciudades más importantes de nuestro país como son:

Guayaquil – Quito – Cuenca. Por las grandes distancias que tendremos que recorrer es recomendable dividir la ruta en tramos y cada tramo tendrá una estación que albergará un cuarto de equipos.



Figura 1. Ruta de la Fibra óptica enterrada.

Hemos considerado que nuestra red óptica, que será desplegada mediante una técnica de tendido con microzanjas, pase por todas las ciudades importantes que están en la ruta entre Guayaquil – Quito - Cuenca, ya que en estas ciudades se encontraran futuros clientes para la red.

Como es costumbre, se debe llevar a cabo un estudio detallado de la ruta, como situación física de las carreteras, clima en las ciudades donde se ubicaran los cuartos de equipos incluso en el momento de implementar proyectos como este se debe considerar el nivel delincucional de la zona con finalidad de identificar todas las actividades que se deben efectuar antes de iniciar la instalación del cable de fibra y el levantamiento de los cuartos de equipos , tales como la preparación de la ruta en puentes, cruces bajo caminos o vías férreas. Además, es necesario determinar los sitios para los empalmes y las terminaciones de las secciones.

Es probable que se tenga que investigar la composición del subsuelo de la ruta, por ejemplo, el espesor del asfalto y los materiales del camino o de la banqueta, mediante perforaciones de prueba, como también es importante conocer si la zona es muy lluviosa y se producen continuas inundaciones con la finalidad ya que esta agua afectan las arquetan donde están localizados los empalmes.

Para Nuestro anillo de Fibra se ha considerado levantar 18 estaciones como nodos principales que contendrán el cuarto de equipos.

Tabla 1. Distancias de la ruta Quito – Guayaquil

Tabla 2. Distancias de la ruta Guayaquil - Cuenca

RUTA	DISTANCIA	
Quito – Aloag	65	Km.
Aloag –Tandapi	47	Km.
Tandapi – Santo Domingo	56	Km.
Santo Domingo – Quevedo	105	Km.
Quevedo – Ventanas	65	Km.
Ventanas - Babahoyo	50	Km
Babahoyo – Milagro	55	Km.
Milagro – Guayaquil	62	Km.
<b>TOTAL DE LA RUTA</b>	<b>505</b>	<b>KM</b>

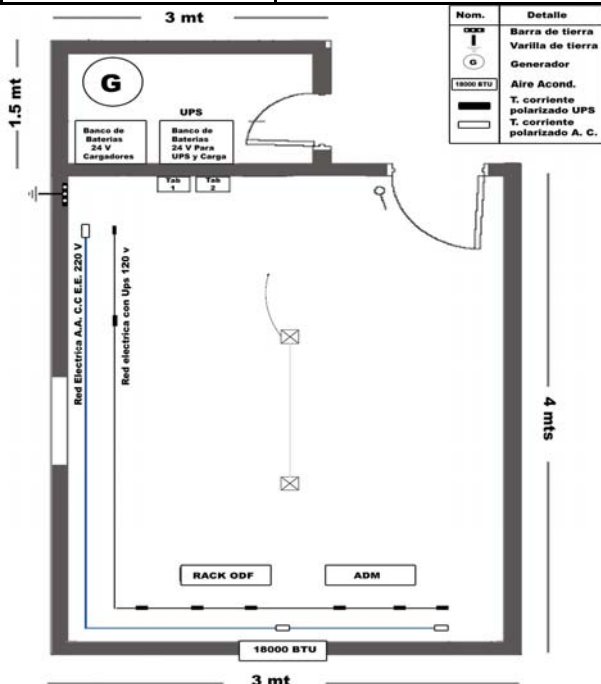
Guayaquil – Naranjal	58	Km.
Naranjal – Machala	99	Km.
Machala – Santa Isabel	77	Km.
Santa Isabel – Cuenca	70	Km.
<b>TOTAL DE LA RUTA</b>	<b>304</b>	<b>KM</b>

Tabla 3. Distancias de la ruta Cuenca - Quito

SUB-RUTA	DISTANCIA	
Cuenca - Zhud	93	Km
Zhud - Alausi	58	Km
Alausi - Riobamba	81	Km
Riobamba - Ambato	63	Km
Ambato - Latacunga	95	Km
Latacunga - Quito	90	Km
<b>TOTAL</b>	<b>480</b>	<b>KM</b>

Tabla 4. Características de los Cuartos de Equipos.

Descripción	Característica
Dimensiones recomendadas	4.5 x 4 mt área 3 mt. altura
Alimentación de energía	220 v – 110 v
Sistema de Tierra	0-4 ohm
Rectificador DC -48 V	60 Amp
Cajas de Breaker	2
Breaker	2x 50 Amp - 4 x 25 Amp
Generador	12 KVA
Aire Acondicionado	18000 BTU
Baterías	2x100 Amp /hora
Rack	2.2 mts Pintura Electroestática
Gabinete para ADM	2.2 mts Pintura Electroestática
Bandejas canalizado	4 mts * 0.5 mt



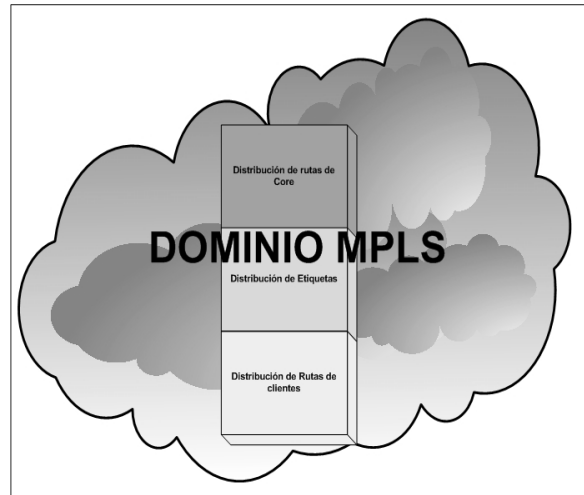
#### 4. Fase 2: Diseño Lógico de la Red.

En este apartado se presenta la red en anillo que se está diseñando introducido desde la perspectiva de los equipos de red. Como se puede apreciar, se logra un alto nivel de disponibilidad al lograr una redundancia de medio gracias al diseño en anillo del tendido de fibra óptica y como veremos más adelante una redundancia a nivel lógico de la red.

Las premisas básicas que nuestra red debe cumplir utilizados durante esta fase de diseño de nuestra red MPLS fueron los siguientes:

- ✓ Robustez
- ✓ Convergencia
- ✓ Flexibilidad de Servicios

Para el diseño de nuestra red de servicios basada en protocolo MPLS y a fin de procurar la consecución de las premisas planteadas, hemos dividido la estructura lógica de nuestra red en 3 grandes áreas que se presenta en la siguiente figura.



**Figura 3. Estructura Red MPLS**

#### Distribución de Rutas de Core:

Cuando se desarrollan redes de proveedores de servicios es de vital importancia el poder lograr una conectividad total permitiendo que todos se vean contra todos. Estas redes “Full Mesh” (malla completa) se logran implementando un protocolo de enrutamiento dinámico para que todos los routers miembros de la comunidad puedan aprender las redes de cada uno de sus vecinos.

#### ¿Porque OSPF?

- 1.- Protocolo de estado enlace de gran difusión.
- 2.- Permite a futuro aplicaciones como Ingeniería de Tráfico.
- 3.- Protocolo robusto menos propenso a fallas. (Envío de información incorrecta)
- 4.- Protocolo de rápida convergencia.

#### Distribución de Etiquetas

Actualmente se cuentan con 2 opciones en cuanto al protocolo para la distribución de rutas, el LDP y el TDP. LDP es de estándar publicado por la IETF y ampliamente utilizado en el mercado mientras que el protocolo propietario de Cisco TDP encuentra restringido su ambiente de aplicación a equipos únicamente CISCO lo cual sin dudas representa una limitante seria.

En el presente trabajo, a pesar de que la red se desarrollará en un ambiente completamente CISCO, se ha optado por el uso del protocolo LDP por su carácter de estándar.

#### Distribución de las Rutas de Clientes

Sin este apartado, simplemente no tendría sentido tener como negocio una red de prestación de servicio de comunicaciones. Según la RFC 1918, se ha asignado bloques de IPs para que las empresas puedan utilizarlas para su direccionamiento privado. Que ocurre si algunos clientes que utilizarían nuestra red para sus comunicaciones WAN usara el mismo direccionamiento interno? Simplemente no se pudieran comunicar y tocaría IMPONER a los clientes el direccionamiento que deben utilizar.

MP-BGP permite gracias a la riqueza de atributos del protocolo BGP “marcar” como únicas a las redes del cliente con esto permitir que nuestra red pueda ser utilizada por varios clientes sin restricción de direccionamiento interno y adicional este protocolo permite la propagación de las rutas entre todos los equipos PE (equipos de borde) a fin de que el cliente pueda alcanzar todos los sitios pertenecientes a su red.

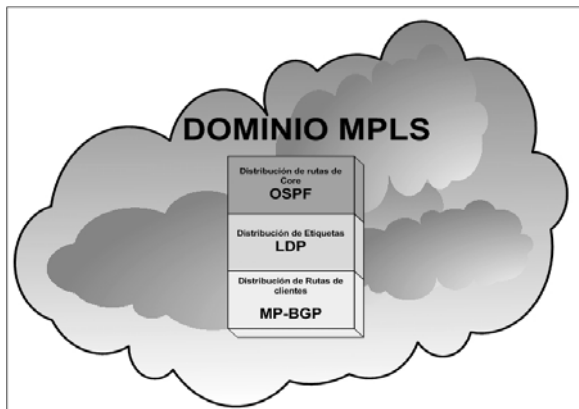


Figura 4. Protocolos Seleccionados

De forma adicional, en ambientes que tengan conexión al Internet, BGP es el único protocolo capaz de poder aprender la cantidad de rutas disponibles en el Internet, es por ello que su utilización para la comunicación entre grandes redes (sistemas autónomos) es de muy extensa utilización.

Para el desarrollo de este trabajo se dimensionó la red con una capacidad máxima de transmisión de 1 STM-1 (155 Mbps) con un crecimiento limitado por hardware de máximo 1 STM-4. Los equipos de networking escogidos para este proyecto fueron los equipos Cisco 7206 VXR que dado a su diseño modular permite tener un aceptable rendimiento a un excelente precio. Cabe mencionar que este es el equipo del tipo “Service Provider” más económico en la línea Cisco.

## 5. Conclusiones

Llegado a este punto donde se ha compartido los conceptos más importantes de la tecnología MPLS, de los protocolos OSPF y BGP, ciertamente necesarios para la implementación de redes de alto rendimiento y escalabilidad; aunque de forma sucinta dada la

amplitud teórica de los temas, procederemos en este apartado a enlistar brevemente las ventajas y diferencias más relevantes entre redes MPLS y redes IP tradicionales.

### Diferencias

- ✓ Las redes IP tradicionales utilizan protocolos de enrutamiento para distribuir la información del protocolo enrutado seleccionado, en este caso IP.
- ✓ Las redes MPLS son independientes del protocolo enrutado seleccionado en la red, pudiendo ser IP, IPX, APPLETALK, etc.
- ✓ Las redes IP tradicionales realizan sus decisiones de reenvío de paquetes en base a la cabecera del paquete y su tabla de enrutamiento local.
- ✓ El mecanismo de reenvío de paquetes en redes MPLS es en base a “etiquetas”.
- ✓ En redes IP tradicionales, cada router realiza consultas independientes a sus tablas de enrutamiento locales.
- ✓ En MPLS, los routers intermedios realizan consultas a las tablas con información de etiquetas y los siguientes saltos no en sus tablas de enrutamiento locales.
- ✓ Redes IP puras, no pueden ser utilizadas por proveedores de servicios de comunicaciones dado que podrían presentarse problemas de conflictos de redes privadas duplicadas. Quizás este problema se pueda solucionar de forma ineficiente mediante la asignación de IPs públicas a nivel WAN y la creación de túneles IP entre las sucursales.
- ✓ Redes MPLS, mediante la utilización de BGP extendido permiten eliminar los problemas de duplicidad de redes privadas mediante la asignación de VRFs y RD por cada VPN de clientes. (RFC 2547)

### Ventajas

- Menor consumo de procesador y memoria.
- Independencia del protocolo enrutado (Capa 3). MPLS puede ser ejecutado con cualquier protocolo IP, IPX, Apple Talk.
- Independiente de la tecnología de transporte. (Capa 2). Esto mediante la habilitación de AToM (Any Transport Over MPLS).
- Permite la re-utilización de infraestructura: Solo se requiere realizar una actualización de IOS (Interworking Operation System) para que los equipos CISCO tengan características de MPLS, siempre y cuando el hardware soporte dicha actualización.
- La versatilidad de productos que se pueden ofrecer sobre una misma red: Voz, datos y video.
- Permite la clasificación y priorización de la data que transita por la red.
- Permite la comunicación entre redes MPLS con redes IP tradicionales sin problemas. Es decir, los equipos MPLS pueden conmutar

etiquetas o enrutar paquetes IP con igual facilidad. Esta es de hecho la función de un Edge provider (PE).

- Soporta Ingeniería de tráfico.
- Permite la asignación dinámica de caudal, por ejemplo, cuando un caudal ORO no es utilizado puede ese ancho de banda ser utilizado por el caudal BRONCE hasta que se lo requiera de forma automática.

## 6. Referencias

- [1] D. Camposano – W. Franco, Tesis de Grado: Diseño de una red troncal en anillo de fibra óptica para el transporte de tráfico IP sobre MPLS entre las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca
- [2] Cisco System Learning., “Implementing Cisco MPLS” Version 2.2
- [3] Cisco System Learning., “Implementing Cisco Quality of Services ” Version 1.2
- [4] Cisco System Learning., “Building Scalable Cisco Internetwork ” Version 2.2