

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL

TEMA:

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED MPLS PARA ESP COMPLETION TECHNOLOGIES LLC”

ING. OMAR ARMAS E.

Quito – 2017

Contenido

1. Introducción	3
2. Justificación	4
3. Antecedentes	4
4. Objetivos	5
5. Desarrollo Caso de Estudio.....	5
5.1 Análisis tráfico de red Mejor Esfuerzo	5
5.2 Análisis tráfico de red con Calidad de Servicio	14
5.3 Diseño red MPLS	16
5.3.1 Arquitectura MPLS	16
5.3.2 Planeación	17
5.3.3 Requerimientos	18
5.3.3.1 Calidad de Servicio	19
5.3.3.2 Identificación método de acceso a la red desde Internet.....	19
5.3.4 Topología de red MPLS	20
5.4 Simulación MPLS	21
5.4.1 Simulación red MPLS para tráfico Mejor Esfuerzo	22
5.4.2 Simulación red MPLS con Calidad de Servicio.....	27
5.4.3 Esquema final	29
6. Conclusiones y Recomendaciones	30
Bibliografía:	31
Anexos:.....	31

1. Introducción

ESP Completion Technologies LLC es una empresa que brinda servicios y fabrica productos para el sector petrolero, cuenta con tres filiales (1) Black Gold Oilfield Services ubicada en la ciudad de Quito es la matriz donde se realizan los procesos administrativos, (2) ESP Completion Technologies S.A. ubicada en la ciudad de Quito es la fábrica donde se elaboran herramientas o equipos y (3) Black Gold Oilfield Services ubicada en la ciudad de Francisco de Orellana es la Base de Operaciones desde ahí el personal técnico se desplaza a brindar los servicios o instalación de los productos que solicitan los clientes.

Respecto al servicio de Internet, Black Gold Oilfield Services Quito tiene un Proveedor de Servicios de Internet diferente al Proveedor de ESP Completion Technologies S.A. y Black Gold Oilfield Services Francisco de Orellana.

La situación actual de la red ESP Completion Technologies LLC presenta una configuración de un túnel de datos de Internet entre Black Gold Oilfield Services Quito y Black Gold Oilfield Services Francisco de Orellana. Una Red Privada Virtual entre la Black Gold Oilfield Services Quito y ESP Completion Technologies S.A. Quito, pero se ha detectado la falta de comunicación entre las redes Black Gold Oilfield Services Francisco de Orellana y ESP Completion Technologies S.A. Quito, sin embargo esta no es una solución que mejore los temas de calidad de servicio para los servicios que Internet brinda.

Luego de un análisis más exhaustivo tanto de la topología como de la configuración actual, se determinó que la infraestructura de la empresa posee inconvenientes relacionados al uso del ancho de banda. Uno de los mecanismos que podrían solventar gran parte de estos inconvenientes es MPLS¹. Este mecanismo provee varias funcionalidades como integración, clasificación de tráfico y otras. Se determina como caso de estudio ESP Completion Technologies LLC.

Se realizará el diseño y simulación de la red MPLS que permita evidenciar la solución del caso de estudio, previo análisis del tráfico de la red.

Para el presente documento se definen los siguientes acrónimos:

- Black Gold Oilfield Services Quito = BGOFSUIO
- Black Gold Oilfield Services Francisco de Orellana = BGOFSCOCA
- ESP Completion Technologies S.A. Quito = ESPCT SA

¹MPLS Multi Protocol Label Switch (Multi Protocolo de Intercambio de Etiquetas), maneja un esquema de envío de paquetes basado en etiquetas.

2. Justificación

En la empresa ESP Completion Technologies LLC se detecta problemas de comunicación de servicios entre las dependencias o agencias, no existe una configuración adecuada ya que son dos Proveedores de Servicios de Internet uno para BGOFSUIO, otro Proveedor de Servicios de Internet para BGOFSUOCA y ESPCT SA. Se tiene inconvenientes con los servicios de voz sobre IP, las pruebas iniciales no permitieron una comunicación adecuada. Esto debido a que los servicios usan libremente el ancho de banda, no existe la clasificación del tráfico, ni calidad de servicio que permita aprovechar las aplicaciones actuales como son voz sobre IP (VoIP²).

Definitivamente se necesita una solución integral que MPLS las brinda, además que es un protocolo que ya está probado a nivel mundial con éxito en varias empresas de diferentes sectores como: Ministerio de Defensa de España (2010). Securitización de la red de Datos de Propósito General del Ministerio de Defensa sobre una red comercial IP/MPLS, Claranet (2016). Solución a clientes red privada MPLS.

Entre las características principales de MPLS se puede clasificar el tráfico generado, calidad de servicio para las aplicaciones de voz sobre IP. MPLS permite una operación de red simple, diseño de red más sencilla, escalabilidad porque la integración de nuevos enlaces, servicios a nivel nacional e internacional se los realiza con mayor facilidad, pues así lo requiere la industria del petróleo en nuevos proyectos de producción. MPLS provee una herramienta o funcionalidad denominada IP-VPN³, la cual permite el ingreso de usuarios autorizados.

3. Antecedentes

La situación actual de la empresa indica que la infraestructura tecnológica no está unida física ni lógicamente ya que se tienen dos Proveedores de Servicios de Internet que no permiten la comunicación directa entre las tres dependencias de ESP Completion Technologies LLC. Por el momento se tiene una configuración de túnel de datos entre BGOFSUIO y BGOFSUOCA para los servicios de la red con Dominio: Active Directory, Microsoft Exchange, SharePoint y SQL Server. Para ESPCT SA y BGOFSUIO está configurada una Red Privada Virtual para los servicios mencionados anteriormente. Con el propósito de mejorar la situación actual se plantea migrar a un solo Proveedor de Servicios de Internet que permitirá una comunicación directa entre las agencias mediante sus redes MAN⁴ y WAN⁵. La empresa cuenta con firewall para proteger la red, fortaleciendo el nivel de seguridad de información, bloqueando el acceso de intrusos cibernéticos que desean alojar sus aplicaciones en los servidores de Base de Datos, Correo Electrónico para generar spam, phishing⁶ o fuga de información.

Otra de las situaciones es que los servicios utilizan libremente el ancho de banda por lo tanto no está clasificado el tráfico, la red se satura causando inconvenientes para la implementación

²VoIP Voice over Internet Protocol (Voz sobre el Protocolo de Internet), es un método que permite que la señal analógica de voz sea transmitida por el Protocolo de Internet, es decir convierte la señal de voz en digital.

³VPN Virtual Private Network (Red Privada Virtual), permite conectar oficinas y usuarios remotos a través de accesos a Internet.

⁴MAN Metropolitan Area Network (Red de Área Metropolitana), es una red de alta velocidad banda ancha que da cobertura a un área geográfica extensa.

⁵WAN Wide Area Network (Red de Área Amplia), es una red de alta velocidad capaz de cubrir un país o continente.

⁶Phishing (Fraude), es tipo de engaño por correo electrónico que solicita al usuario información importante como números de tarjetas de crédito, claves, datos de cuentas bancarias, etc. El objetivo es sustraer dinero del usuario que cae en la trampa.

de servicios de voz sobre IP que en sus requerimientos necesitan un ancho de banda dedicado y exclusivo para que corran dichas aplicaciones.

Debido a que personal de la empresa requiere conectarse a la red desde fuera de la compañía (casa, aeropuertos, hoteles, etc.) se habilita el acceso en las portátiles del personal autorizado, se configura la Red Privada Virtual de Windows con ello se conectan desde el Internet para acceder a los servicios como Correo Electrónico, Intranet, SharePoint⁷ y Aplicaciones.

4. Objetivos

Objetivo General:

Diseñar y Simular una red MPLS para ESP Completion Technologies LLC

Objetivos Específicos:

1. Analizar el tráfico de red Mejor Esfuerzo (Best-Effort)⁸
2. Analizar el tráfico de red con Calidad de Servicio (QoS)⁹
3. Diseñar una red MPLS
4. Simular la red MPLS para tráfico con Mejor Esfuerzo
5. Simular la red MPLS con Calidad de Servicio
6. Identificar el mejor método para acceso a la red desde el Internet

5. Desarrollo Caso de Estudio

5.1 Análisis tráfico de Red Mejor Esfuerzo

Una red Mejor Esfuerzo soporta diferentes tipos de tráfico y servicios, utilizan libremente el ancho de banda disponible sin garantizar tratamiento o recurso especial al flujo de información. Todo paquete es tratado de igual forma es decir no existe prioridad.

Para el presente análisis se identifica lo siguiente:

- Recopilación de información de las agencias Quito y Francisco de Orellana
- Topología de la red Mejor Esfuerzo
- Cuantificación de los dispositivos
- Ubicación de los dispositivos
- Cálculo de la velocidad para transmisión de datos

⁷SharePoint (Sitio para compartir), es un servicio de Windows Server para Pequeñas Empresas que permite crear sitios web donde se almacena, modifica y comparte información de manera segura.

⁸Best-Effort (Mejor Esfuerzo), es una red que soporta diferentes tipos de servicios y utiliza libremente el ancho de banda sin mecanismos o configuraciones especiales.

⁹QoS Quality of Service (Calidad de Servicio), es la capacidad de una red de proveer una garantía y control en la asignación de recursos y una diferenciación de servicios conforme, de acuerdo a las aplicaciones que lo soliciten.

5.1.1 Recopilación de información de las agencias Quito y Francisco de Orellana

Para recopilar la información se realiza la inspección a cada una de las empresas que conforman ESP Completion Technologies LLC, su entorno, la situación actual y la infraestructura tecnológica y de comunicaciones.

En la ciudad de Quito se encuentra la empresa BGOFSUIO que se encarga de la parte administrativa, ubicada al norte de la ciudad, sector parque La Carolina. También se encuentra ESPCT SA que se encarga de la fabricación de productos para la Industria Petrolera, ubicada al norte de la ciudad, sector El Bosque.

En la ciudad de Francisco de Orellana se encuentra la agencia de BGOFSCOCA que se encarga de la parte operativa, es decir es la Base de Operaciones donde se distribuyen los grupos de trabajo para brindar los diversos servicios a la Operadoras Petroleras del Oriente Ecuatoriano, ubicada en el centro de la ciudad, sector Municipio Francisco de Orellana.

La Infraestructura tecnológica es similar en el grupo de empresas respecto a la topología, equipamiento como se describe a continuación.

5.1.2 Topología de la Red Mejor Esfuerzo

La topología de la red Mejor Esfuerzo para el grupo de empresas ESP Completion Technologies LLC es muy similar como se puede observar en el siguiente gráfico, además permite tener una mejor visión de la red, tráfico, servicios, se incluye una breve descripción de cada uno de los enlaces.

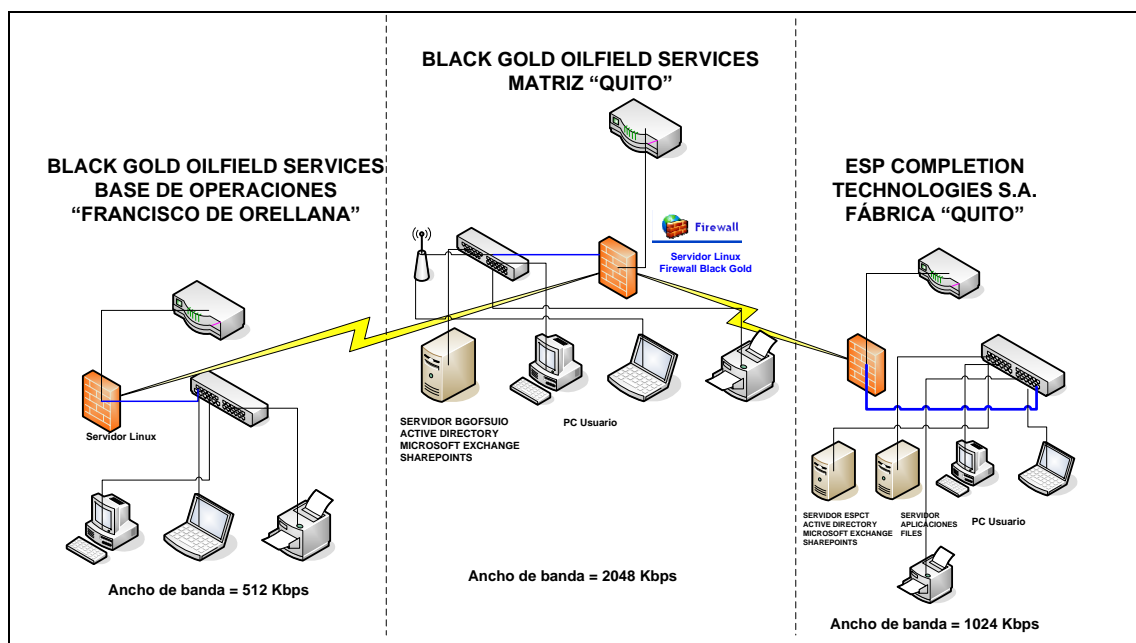


Figura 5-1. Topología Red Mejor Esfuerzo

BGOFSUIO es el nodo o enlace principal ya que se encuentran operando los servicios más importantes como son: Administración de usuarios por medio del Directorio Activo de Windows Server, Correo Electrónico Microsoft Exchange que administra el dominio blackgold.com.ec, el Cortafuegos con Sistema Operativo CentOS administra el dominio

espct.com.ec, para los servicios Cliente – Servidor está arriba un motor de base de datos SQL Server y SharePoint un servicio de Microsoft para la administración de la Intranet.

BGOFSCOCA cuenta con un Cortafuegos con Sistema Operativo CentOS que se encarga de administrar las seguridades de la red, navegación de Internet, conexión hacia BGOFSUIO mediante un túnel de datos para los servicios de Correo Electrónico, acceso a la aplicación Cliente – Servidor e Intranet.

ESPCT SA tiene operando los servicios de Administración de usuarios por medio del Directorio Activo de Windows Server, para los servicios Cliente – Servidor está corriendo el motor de base de datos SQL Server y SharePoint servicio de Microsoft que administra la Intranet. El Cortafuegos con Sistema Operativo CentOS administra las seguridades de la red, navegación de Internet, conexión hacia BGOFSUIO a través de una VPN para el correo electrónico. El Servidor de Aplicaciones que administra las licencias del software de Diseño para Ingeniería Mecánica.

Cabe indicar que los enlaces de ESP Completion Technologies LLC tienen salida independiente hacia el Internet.

En resumen los servicios que poseen son: telefonía fija e Internet. El proveedor de telefonía fija para BGOFSUIO y BGOFSKOCA es CNT. En cambio que para ESPCT SA es SETEL. El Proveedor de Servicios de Internet de BGOFSUIO es Telconet con una velocidad 2 Mbps, enlace dedicado es decir compartición 1 a 1. Para BGOFSKOCA y ESPCT SA el proveedor es Ecuonet que en el desarrollo del presente caso de estudio se fusiono con Telconet con una velocidad 1 Mbps cada agencia, enlace dedicado compartición 1 a 1.

5.1.2 Cuantificación de los dispositivos

En la siguiente tabla se presenta el número de servidores, clientes que pueden ser los usuarios de computador portátil o computador de escritorio. Para los dispositivos se incluyen los que se conectan a la red (concentrador, impresora, enrutador Wi-Fi). Que se tiene en cada una de las dependencias.

BGOFSUIO	
SERVIDOR, COMPUTADOR, DISPOSITIVO	CANTIDAD
Servidor	3
Computador de escritorio	4
Computador Portátil	10
Dispositivos (concentrador, impresora, enrutador Wi-Fi)	8
ESPCT SA	
SERVIDOR, COMPUTADOR, DISPOSITIVO	CANTIDAD
Servidor	5
Computador de escritorio	17
Computador Portátil	3
Dispositivos (concentrador, impresora, enrutador Wi-Fi)	6
BGOFSKOCA	

SERVIDOR, COMPUTADOR, DISPOSITIVO	CANTIDAD
Servidor	1
Computador de escritorio	8
Computador Portátil	6
Dispositivos (concentrador, impresora, enrutador Wi-Fi)	3

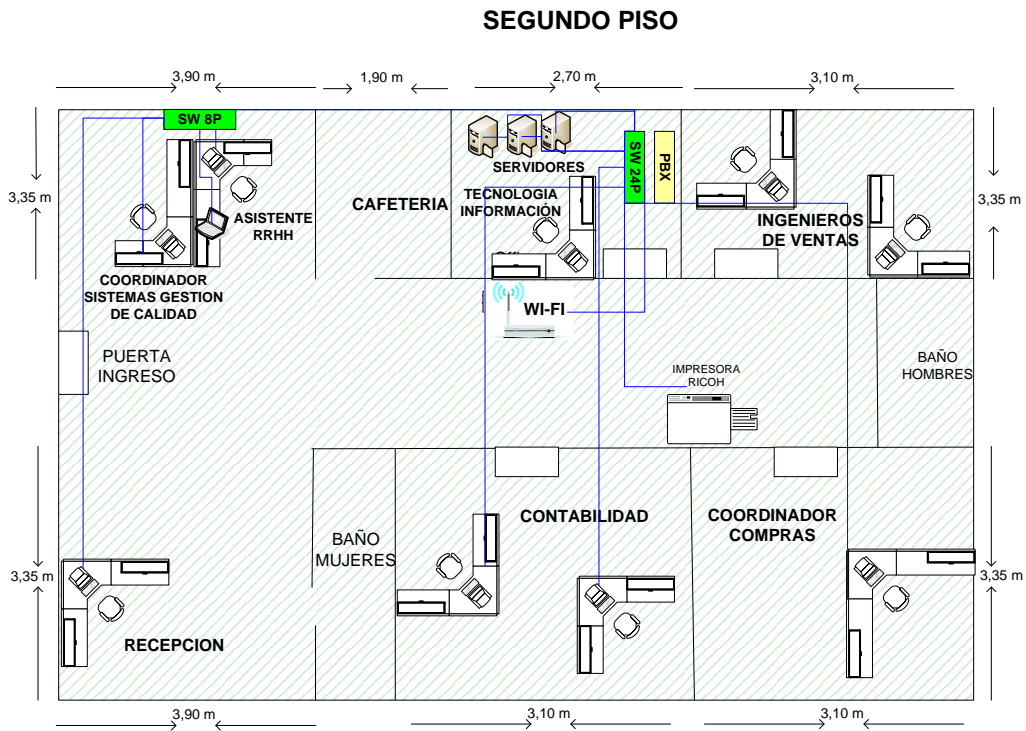
Tabla 5-1. Número de Servidores, Clientes y Dispositivos

Por lo expuesto en la Tabla 5-1, se tiene en total 6 servidores, los usuarios de computadores suman 48 y dispositivos 15, estos datos sirven para el cálculo de velocidad de transmisión y cálculo del ancho de banda de los enlaces de datos.

5.1.3 Ubicación de los dispositivos

A continuación en la gráfica se muestra un plano de las oficinas, los computadores, servidores, dispositivos y su ubicación física.

BGOFSUIO



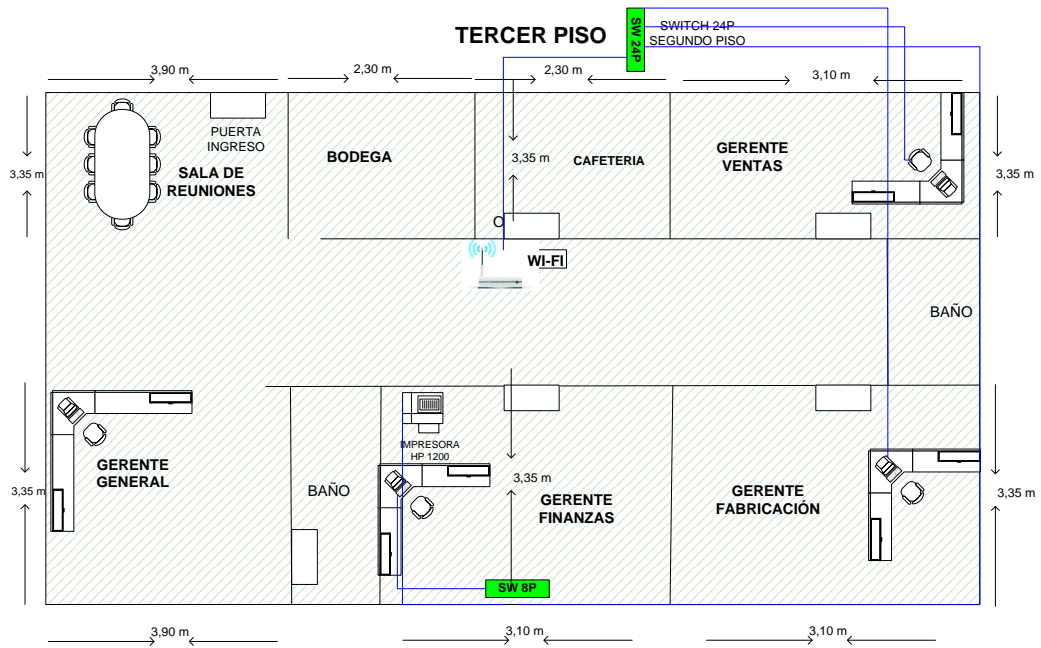


Figura5-2. Plano oficinas segundo y tercer piso

ESPCT SA¹⁰

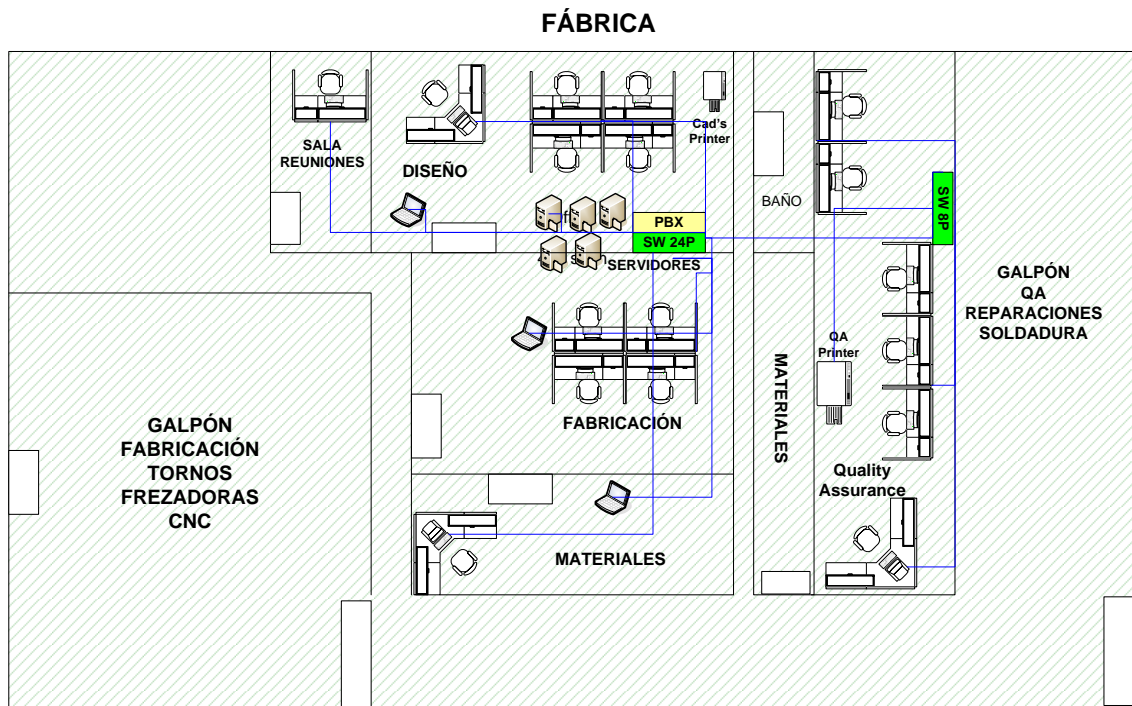


Figura 5-3. Plano ESPCT SA

¹⁰QA Quality Assurance (Aseguramiento de Calidad), proceso que se encarga de establecer las directrices para asegurar la calidad de los productos fabricados y equipos reparados en todas sus etapas, además determina los criterios de aceptación de los productos.



Figura 5-4. Plano Base de Operaciones “Francisco de Orellana”

5.1.4 Cálculo de la velocidad de transmisión para datos

A continuación se realiza el cálculo de la velocidad de datos, para lo cual se tomara como referencia el reporte de anual de estadísticas Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2016) de Tecnología de Información y Comunicación para la estimación del uso de servicios de internet y tiempo de uso como se muestra en la siguiente figura.

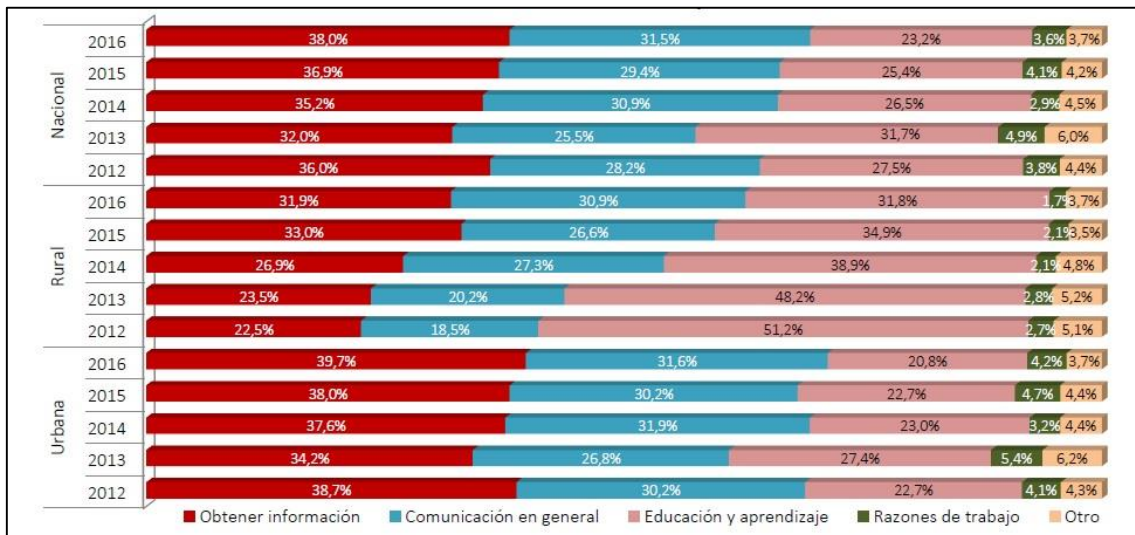


Figura 5-5. Razones de uso de Internet por área. (INEC, 2016)

¹¹HSE Health Security Environment (Seguridad de Salud y Ambiente), proceso que se encarga de la Seguridad del Medio Ambiente en las filiales, en los campos petroleros de los clientes y de la salud de los empleados.

¹²WES Wellhead Engineer Service (Servicio de Ingeniería de Cabezales), proceso que se encarga de la instalación, inspección en campo de los cabezales de producción de petróleo.

De acuerdo a la estadística del año 2016 para el uso de Internet por área se tiene que: el 38.0% un usuario lo asigna para obtener información, el 31,5% para comunicación en general, el 23,2% para educación y aprendizaje y el 3,6% por razones de trabajo. Por lo que se concluye los usuarios dedican el 96,3% de tiempo en Internet para obtener información, comunicarse, capacitarse en línea o por actividades laborales.

Se estima que los usuarios del área operativa o administrativa utilizan Internet mínimo 2 horas diarias para realizar las actividades descritas de uso de Internet, según las estadísticas que se obtienen del registro del servidor de la empresa.

Para el cálculo del tiempo de uso que se muestra en la siguiente tabla se aplica una regla de tres simple y se redondea el resultado a minutos.

$$tiempo\ uso = \frac{valor\ porcentaje \times 60\ min}{100\ \%}$$

RAZONES USO INTERNET	TIPO DE TRAFICO	PORCENTAJE %	TIEMPO USO Min
Obtener información	Descarga documentos	38.0	23
Comunicación en general	Correo electrónico	31.5	19
Educación y aprendizaje	Navegación Internet	23.2	14
Razones de trabajo y otro	Transferencia archivos	7.3	4

Tabla 5-2. Razones, tipo de tráfico, tiempo de uso Internet

Existe una diferencia del personal de la empresa, algunas personas reciben o generan más información por ejemplo personal Administrativo del proceso de Ventas requieren subir las cotizaciones de productos o servicios a un aplicativo Web propietario del cliente. Por lo que se procede a clasificarlos en dos tipos de usuarios: usuario (usuario normal) y usuario vip (usuario que genera o recibe mayor información).

5.1.4.1 Navegación Internet

El diseño de las páginas web actuales son dinámicas, el desarrollo de estas permiten visualizarse en las computadores y dispositivos móviles como: Tablet y Smartphone. De acuerdo al análisis estadístico de Httparchive (2016) el tamaño promedio de una página web es 3325 KB. Un factor importante que se debe tomar en cuenta es el tiempo de carga de una página web que a nivel de un enlace corporativo es en promedio 3 segundos de acuerdo a las métricas de Google (2016).

Por consiguiente se realiza el cálculo de la velocidad de transmisión de navegación en la web para el personal de la empresa que requiere cargar una página web de tamaño 3325 KB en un tiempo de 3 segundos será:

$$velocidad\ transmision\ web = \frac{3325\ KByte}{3\ s} \times \frac{8\ bits}{1\ Byte} = 8866,66\ Kbps$$

Por lo tanto el personal que necesita abrir una página web, requiere una velocidad de transmisión de 8866,66 Kbps.

5.1.4.2 Correo electrónico

Se tiene que un usuario necesita 19 minutos para revisar los correos electrónicos, este tiempo consta en la tabla 5-2 Razones, tipo de tráfico, tiempo de uso Internet. Además de acuerdo a las estadísticas del servidor de correo electrónico, un usuario recibe en promedio 10 correos al día, mientras que un usuario vip recibe 30 correos al día es decir el triple.

El tamaño promedio de un correo electrónico es de 300 Kbits sin datos adjuntos esto es cuando el mensaje escrito en el correo es extenso. En cambio que el tamaño promedio de los archivos adjuntos es de 5120 KBytes según los registros del servidor de correo de la empresa. Con estos datos se procede al cálculo respectivo:

$$\text{tamaño correo} = 10 \times (300 \text{ Kb} + 5120 \text{ Kbytes} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}}) = 433600 \text{ Kb}$$

La velocidad de transmisión para que un usuario revise 10 correos electrónicos con archivos adjuntos en un tiempo promedio de 19 minutos será:

$$\text{velocidad correo usr} = \frac{433600 \text{ Kb}}{19 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 380,35 \text{ Kbps}$$

Por lo tanto se realiza el cálculo para que el usuario vip revise 30 correos electrónicos:

$$\text{tamaño correo} = 30 \times (300 \text{ Kb} + 5120 \text{ Kbytes} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}}) = 1300800 \text{ Kb}$$
$$\text{velocidad correo usr vip} = \frac{1300800 \text{ Kb}}{19 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1141,05 \text{ Kbps}$$

5.1.4.2 Descarga documentos

El personal usa 23 minutos de acuerdo a la tabla 5-2 para obtener información, por lo general estos documentos son archivos con extensión PDF (Portable Document Format) que comprime el tamaño de fotografías o planos de los productos, en promedio los archivos .pdf tienen un tamaño de 4 MB según los registros obtenidos en el servidor de la empresa.

Se prevé que el usuario descarga un archivo .pdf para actividades del trabajo, en cambio que el usuario vip descarga cuatro archivos .pdf debido a que requiere revisar proyectos, información técnica, cotizaciones, planos. De acuerdo a los registros del servidor de la empresa. Por lo tanto la velocidad de transmisión para la descarga de un usuario será:

$$V \text{ trans desc usr} = \frac{4 \text{ MB}}{23 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{1024 \text{ Kbyte}}{1 \text{ MB}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} = 23,74 \text{ Kbps}$$

La velocidad de transmisión para la descarga de un usuario vip será:

$$V_{trans\ desc\ usr\ vip} = 23,74\ Kbps \times 4 = 94,96\ Kbps$$

5.1.4.3 Transferencia de archivos

Personal ocupa 4 minutos para la transferencia de archivos de acuerdo a la tabla 5-2. Como referencia se toma la transferencia de un archivo comprimido, de acuerdo a los registros del servidor de la empresa el tamaño promedio del archivo comprimido es 5120 KB.

Se prevé que el usuario transfiere o comparte un archivo, es la misma cantidad de archivos que se descarga del Internet para actividades de su trabajo. En cambio que el usuario vip transfiere o comparte cuatro archivos comprimidos. Según los registros del servidor de la empresa.

A continuación se presenta el cálculo respectivo de transferencia de archivos para los usuarios de la empresa.

$$V_{trans\ transf\ archivos} = \frac{5120\ KB}{4\ min} \times \frac{1\ min}{60\ s} \times \frac{8\ bits}{1\ Byte} = 170,66\ Kbps$$

La velocidad de transmisión de un usuario vip será:

$$V_{trans\ transf\ archivos\ usr\ vip} = 170,66\ Kbps \times 4 = 682,64\ Kbps$$

5.1.4.3 Voz sobre IP (VoIP)

Para la transmisión de voz sobre IP en una red de datos se deben armar “paquetes” por lo tanto la velocidad depende directamente de la sobrecarga de estos paquetes. También se debe tomar en cuenta que para envío de voz sobre paquetes se utiliza el protocolo estándar RTP, este protocolo trabaja sobre UDP, el que a su vez se sobrepone a IP en Ethernet. La suma de los 3 protocolos da como resultado que la capacidad para el tráfico de voz sobre Ethernet sea considerablemente superior a la capacidad de audio. Para el cálculo de VoIP se utiliza el códec G.729 de acuerdo a Cisco (2016) y se muestra a continuación:

$$Velocidad\ Tx\ VoIP = tamaño\ total\ paquete\ [bits] \times tasa\ paquete\ [pps]$$

Donde;

$$tasa\ paquete\ [pps] = \frac{tasa\ de\ bit}{tamaño\ payload}$$

Para el códec G.729 el tamaño de carga útil es 20 bytes, es decir 160 bits, además se considera una tasa de bits de 8 Kbps por lo tanto nos arroja el siguiente resultado:

$$tasa\ paquete\ [pps] = \frac{8\ Kbps}{160\ bits} = 50\ pps$$

Cuando se realiza una llamada el códec G.729 el tamaño total del paquete es de 78 Bytes es decir 624 bits, aplicando la fórmula siguiente nos da la velocidad de transmisión:

$$Velocidad\ Tx\ VoIP = tamaño\ total\ paquete\ [bits] \times tasa\ paquete\ [pps]$$
$$Velocidad\ Tx\ VoIP = 624\ bits \times 50\ pps = 31200\ bps$$

$$\text{Velocidad Tx VoIP} = 31,2 \text{ Kbps}$$

Se prevé iniciar con 2 teléfonos IP en BGOFSUIO para la Alta Dirección de la empresa, 1 teléfono IP en BGOFSCOCA para el Coordinador de Operaciones y 1 teléfono IP en ESPCT SA para el Gerente de Producción. Por lo tanto el valor total de la velocidad de transmisión para VoIP será:

$$\text{Velocidad Tx VoIP total} = 31,2 \text{ Kbps} \times 4 = 124,8 \text{ Kbps}$$

A continuación se muestra un cuadro resumen del tipo de tráfico y el valor del cálculo de la velocidad que se requiere:

TIPO DE TRAFICO	TIPO USUARIO	VELOCIDAD Kbps
Descarga documentos	Usuario	23.74
	Usuario Vip	94.96
Navegación Internet	Usuario	8866.66
	Usuario Vip	8866.66
Correo electrónico	Usuario	380.35
	Usuario Vip	1141.05
Transferencia archivos	Usuario	170.66
	Usuario Vip	682.64
Voz sobre IP	1 softphone	31.2
	4 softphone	124.8
Total velocidad Usuario		9472.61
Total velocidad Usuario vip		10910.11

Tabla 5-3. Tipo de tráfico y cálculo de velocidad

5.2 Análisis tráfico de red con Calidad de Servicio

Partiendo del análisis del tráfico de red Mejor Esfuerzo para Calidad de Servicio se procede a clasificar el tráfico de la red y definir las políticas de cada clase:

- Clasificación tráfico de la red
- Definición políticas de Calidad de Servicio

5.2.1 Clasificación tráfico de la red

Como base se toman los datos de la Tabla 5-2. Razones, tipo de tráfico, tiempo de uso Internet. Ya definido el tipo de tráfico de la red se determinan las siguientes clases y el porcentaje asignado: VoIP, Misión Crítica, Señalización y Restante.

5.2.1.1 Clase Voz sobre IP

Para la clase Voz sobre IP al tratarse de un medio de comunicación es igual al tráfico de comunicación más razones de trabajo.

$$VoIP = \text{tráfico comunicación} + \text{razones trabajo}$$

$$VoIP = 31.5 \% + 3.6\% = 35.1 \%$$

5.2.1.2 Clase Misión Crítica

El cálculo será el promedio del tráfico de descarga y tráfico de navegación en Internet, ya que estas son las aplicaciones importantes para la red analizada.

$$\text{Misión Crítica} = \frac{\text{tráfico descarga} + \text{tráfico navegación Internet}}{2}$$

$$\text{Misión Crítica} = \frac{38 \% + 23.2 \%}{2} = 30.6 \%$$

5.2.1.3 Clase Señalización

Se requiere reservar un porcentaje para la señalización de VoIP y para la gestión de red, este valor es igual a razones de trabajo y otras.

$$\text{Señalización} = \text{tráfico razones de trabajo} + \text{otras} = 7.3 \%$$

5.2.1.4 Clase Restante

Es todo el tráfico no definido en las clases anteriores, se asigna el ancho de banda restante.

$$\text{Restante} = 100 \% - 35.1 \% - 30.6 \% - 7.3 \%$$

$$\text{Restante} = 27 \%$$

5.2.2 Definición de las Políticas de Calidad de Servicio

Es el último paso para la implementación de Calidad de Servicio, se procede a definir el nivel de servicio para cada aplicación o clase, el ancho de banda y la prioridad del tráfico (el mayor valor tiene prioridad sobre el resto de aplicaciones o clases). Como se muestra en la tabla 5-4. Políticas Calidad de Servicio, aplicación o clase.

APLICACIÓN O CLASE	ANCHO DE BANDA	PRIORIDAD
VoIP	35.1 %	5
Misión Crítica	30.6 %	4
Señalización	7.3 %	3
Restante	27 %	2

Tabla 5-4. Políticas Calidad de Servicio Aplicación o Clase

5.3 Diseño red MPLS

5.3.1 Arquitectura MPLS

MPLS es un estándar IP de conmutación de paquetes del IETF¹³ reconocido en la RFC¹⁴ 3031. El envío de paquetes los realiza basados en etiquetas y estas tienen prioridad de acuerdo a la clasificación configurada en las tablas de enrutamiento. MPLS asigna una etiqueta a los elementos de la tabla de enrutamiento (concentradores o enrutadores) y comunica a los nodos vecinos, de esta forma se reduce el tiempo de envío de paquetes a la dirección destino.

Dos capas o planos constituyen la arquitectura MPLS, estos son: Plano de Control y Plano de Datos.

Plano de Control: Esta capa se encarga de la asignación y reasignación de etiquetas hacia otros nodos vecinos. Los protocolos que realizan esta función son los siguientes:

- **LDP¹⁵.**- Protocolo de Distribución de Etiquetas, es el estándar de la IETF liberado en el RFC 3031 que como su nombre lo indica distribuye las etiquetas, también asigna y libera las etiquetas en los enrutadores. Para el caso de estudio se utilizara este protocolo.
- **TDP¹⁶.**- Protocolo de Distribución de Marcaje, marca al paquete o trama con un color que lo identifica dentro de una clase. Los nodos internos identifican al paquete por su marca o color y le darán un apropiado nivel de servicio. Este protocolo ya no se usa mucho porque el estándar es LDP.

Plano de Datos.- Esta capa almacena la información que se intercambia con en el Plano de Control.

¹³IETF Internet Engineer Task Force (Grupo de Tareas de Ingeniería de Internet), desarrolla y promueve estándares de Internet, en particular a las normas del protocolo TCP / IP y el conjunto de protocolos de Internet.

¹⁴RFC Request For Comments (Petición de Comentarios), son las publicaciones del IETF, documentos que sirven de referencia para la comunidad de Internet, que describen, especifican y asisten en la implementación, estandarización de las normas.

¹⁵LDP Label Distribution Protocol (Protocolo de Distribución de Etiquetas), Es el protocolo estándar de la IETF, RFC 3031 que distribuye las etiquetas.

¹⁶TDP Tag Distribution Protocol (Protocolo de Distribución de Marcaje), Protocolo propietario de Cisco que se encarga de distribuir el marcaje.

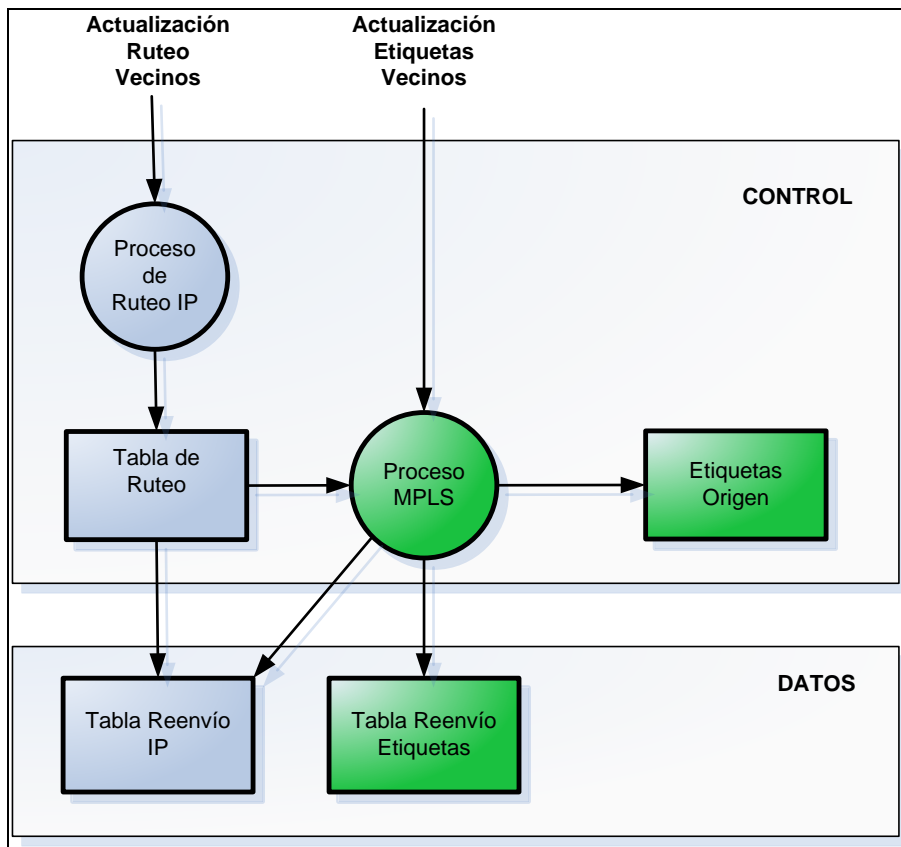


Figura 5-6. Arquitectura MPLS. Según conferencia Carranza (2013)

5.3.2 Planeación red MPLS

En este punto conlleva a determinar la infraestructura de la red MPLS para ESP Completion Technologies LLC, cabe indicar que se acuerda con el Proveedor de Servicios de Internet los siguientes componentes:

- Equipos de comunicación
- Medios de conexión
- Ancho de banda para enlaces de Internet
- Ancho de banda para enlaces de datos

Equipos de comunicación: En cada filial u oficina los equipos de comunicación son enrutadores.

Medios de conexión: Fibra óptica en BGOFSUIO y BGOFSCOCA. Radio enlace en ESPCT SA (esta última milla es temporal hasta que el Proveedor de Servicios de Internet gestione los permisos de instalación fibra óptica) con ello se estandariza y toda la red será fibra óptica.

Ancho de banda para enlaces de Internet: En el contrato con el Proveedor de Internet consta los siguientes valores. BGOFSUIO 4 Mbps, BGOFSCOCA 1 Mbps y ESPCT SA 2 Mbps.

Ancho de banda para enlaces de datos: En el contrato con el Proveedor de Internet consta los siguientes valores. BGOFSUIO 2 Mbps, BGOFSCOCA 1 Mbps y ESPCT SA 1 Mbps.

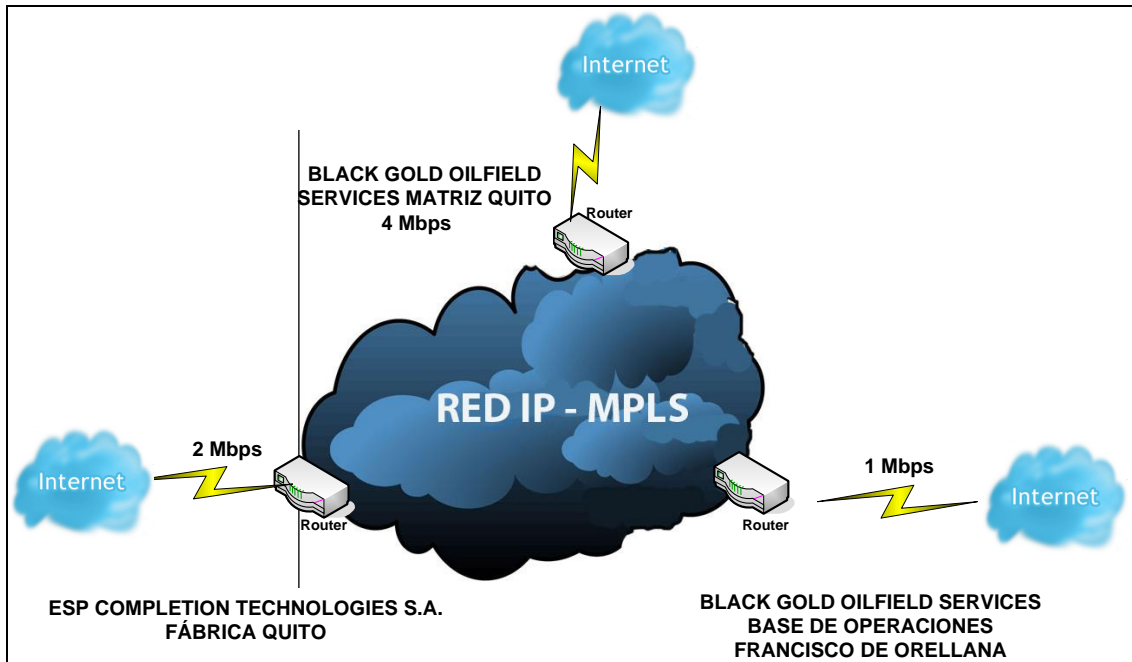


Figura 5-7. Infraestructura MPLS

5.3.3 Requerimientos red MPLS

En la red MPLS del presente caso de estudio se identifican 3 requerimientos:

- Integración de los enlaces
- Calidad de Servicio
- Acceso a la red desde el Internet

MPLS tiene varias ventajas o funcionalidades que cubren los requerimientos y éstas son:

Escalabilidad: MPLS permite la integración de los enlaces de ESP Completion Technologies LLC, así también el crecimiento o decrecimiento de la red de una forma sencilla, es suficiente configurar el protocolo de enrutamiento OSPF¹⁷ y el protocolo de distribución de etiquetas IP MPLS en los enrutadores para que éstos formen parte de la red. MPLS tiene una topología similar a una nube en la cual los enlaces se ubican en los bordes de la misma.

Calidad de Servicio: permite clasificar el tráfico, garantizando el servicio en la red debido a que reserva un espacio exclusivo en el canal para aquello.

Acceso a la red desde Internet: IP-VPN de MPLS ofrece un acceso seguro, encriptado a la Red Privada Virtual desde el Internet. En los siguientes numerales se expone con más detalle estas funcionalidades y su implementación.

¹⁷ OSPF Open Shortest Path First (Vía más corta), protocolo de direccionamiento de tipo enlace-estado, desarrollado para redes IP, se basa en el algoritmo de la vía más corta.

5.3.3.1 Calidad de Servicio

MPLS incluye la funcionalidad de Calidad de Servicio, para la implementación del presente caso de estudio se selecciona el método MQC¹⁸ que consta de 3 fases:

- Mapa de Clase
- Mapa de Política
- Política de Servicio

Mapa de Clase: en esta fase se definen las diferentes clases de tráfico identificadas en el análisis del tráfico de la red. El comando para crear una clase es “class-map”. Para este análisis se crearon las siguientes clases:

```
class-map VoIP
class-map Misión Crítica
class-map Señalización
```

Mapa de Política: en esta fase se definen las políticas de calidad de servicio para las clases. El comando para crear una política es “policy-map”.

```
policy-map QOS-Policy
class VoIP
class Misión Crítica
class Señalización
```

Política de Servicio: en esta fase se aplica la política de servicio de la policy-map, en la interfaz de entrada y salida respectivamente.

```
Interface FastEthernet0/0
service-policy output QOS-Policy
```

5.3.3.2 Identificación del mejor método de acceso a la red desde el Internet

La Alta Dirección y usuarios específicos requieren acceso a la red desde el Internet debido a que constantemente se encuentran viajando localmente o internacionalmente por lo tanto necesitan acceso a los diversos servicios de la red, aplicaciones para revisar información y procesarla.

Un método es configurar el servicio de la Red Privada Virtual de Windows Server, en el Active Directory para los usuarios autorizados, mediante la autenticación y que puedan ingresar a la red desde el Internet.

¹⁸MQC Modular QoS Command-Line (Configuración Modular desde la línea de comando para Calidad de Servicio), método de implementación de QoS que clasifica el tráfico, define políticas de QoS y aplica las políticas de servicio en las interfaces, esta configuración manual se la realiza desde la línea de comando del enrutador.

Otro método es configurar la Red Privada Virtual VPN de MPLS en el enrutador que permite unir enlaces u oficinas, también el acceso a usuarios autorizados a la Red Privada Virtual desde el Internet. IP-VPN de MPLS cumple con las siguientes funcionalidades:

Privada.- IP-VPN de MPLS ofrece privacidad sobre una infraestructura de red pública. Generalmente se usa un túnel de encriptación para asegurar que usuarios no autorizados no lean los datos.

Autenticación.- Verifica que el usuario y su clave correspondan al dominio de la empresa y restringe el acceso a usuarios no autenticados.

Administración direccionamiento.- Asigna una dirección IP privada al usuario en cada sesión para que pueda acceder a los recursos, ésta dirección no debe cambiar.

Debido a que IP-VPN de MPLS incluye las funcionalidades descritas anteriormente se determina que es el mejor método de acceso a la red desde el Internet.

5.3.4 Topología de red MPLS

La topología de la red MPLS para ESP Completion Technologies LLC está definida de la siguiente manera:

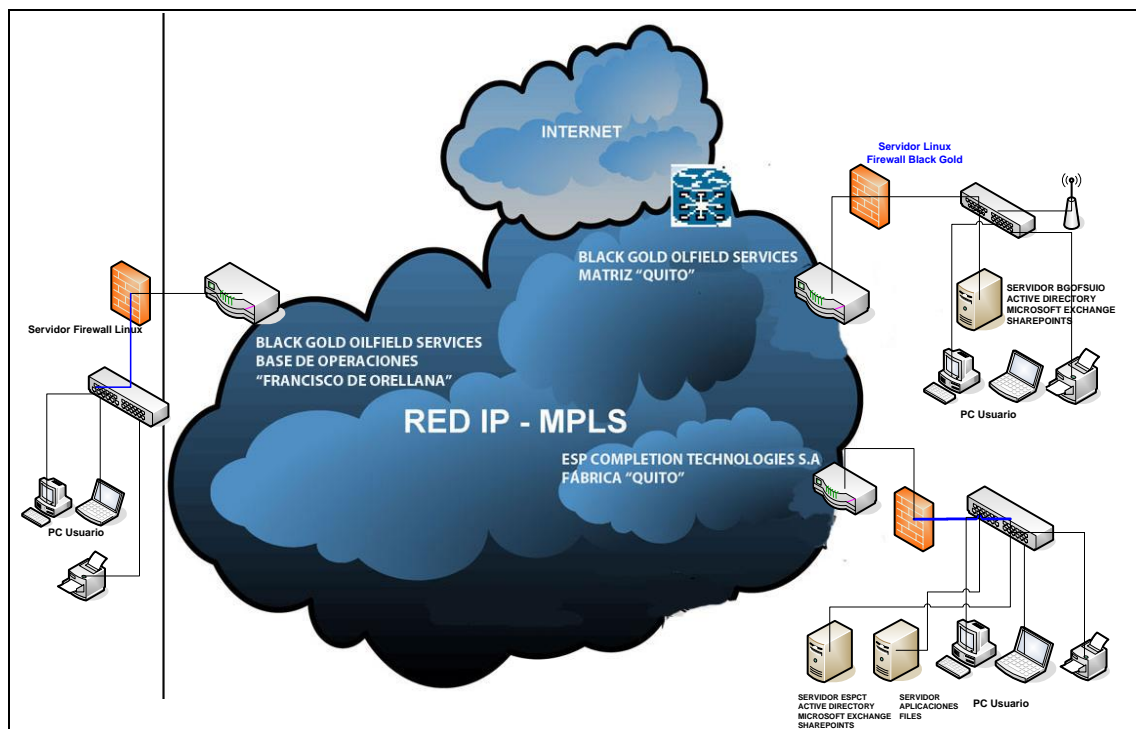


Figura 5-7. Topología red MPLS

La red MPLS tiene una topología similar a una nube en la cual los enlaces están en los bordes de la misma. A ésta funcionalidad se la denomina escalabilidad, la cual permite la integración de enlaces, así como la expansión o decrecimiento de la red. Los enrutadores han sido configurados de modo que garanticen la Calidad de Servicio en la red MPLS para ESP Completion Technologies LLC.

5.4 Simulación MPLS

La simulación de la red se la realiza a través del programa GNS3, el cual permite diseñar topologías de red con los diferentes dispositivos que lo integran como enrutadores, concentradores, computadores, periféricos, etc. También interactúa con software para la virtualización de la infraestructura con el sistema operativo que se seleccione.

El esquema de la red MPLS consta de 3 enrutadores como se muestra en la Figura 5-8. Por motivos de simulación, se conectan por las interfaces respectivas simulando enlace MAN desde BGOFSUIO con ESPCT SA y enlace WAN desde BGOFSUIO con BGOFS COCA.

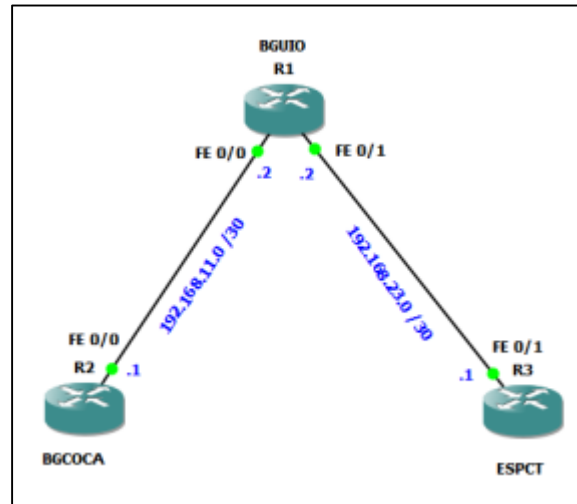


Figura 5-8. Esquema inicial red MPLS

La notación asignada a los enrutadores de cada una de las filiales es la siguiente:

- BGUIO = Black Gold Oilfield Services Matriz “Quito”
- BGOCA = Black Gold Oilfield Services Base de Operaciones “Francisco de Orellana”
- ESPCT = ESP Completion Technologies S.A. Fábrica “Quito”

El esquema de direccionamiento para los dispositivos de la simulación de la red es el siguiente:

DISPOSITIVO	INTERFAZ	DIRECCIÓN IP	MASCARA	PUERTA DE ENLACE
BGUIO	Lo 0	192.168.15.1	255.255.255.248	N/A
	FE 0/0	192.168.11.2	255.255.255.252	N/A
	FE 0/1	192.168.23.2	255.255.255.252	N/A
	FE 1/0	192.168.240.1	255.255.255.0	N/A
	PC 1	192.168.240.3	255.255.255.0	192.168.240.1
	IP Phone 1	192.168.240.4	255.255.255.0	192.168.240.1
BGOCA	Lo 0	192.168.12.1	255.255.255.248	N/A
	FE 0/0	192.168.11.1	255.255.255.252	N/A
	FE 0/1	192.168.254.1	255.255.255.0	N/A
	PC 2	192.168.254.3	255.255.255.0	192.168.254.1
	IP Phone 2	192.168.254.5	255.255.255.0	192.168.254.1

ESPCT	Lo 0	192.168.24.1	255.255.255.248	N/A
	FE 0/1	192.168.23.1	255.255.255.252	N/A
	FE 1/1	192.168.250.1	255.255.255.0	N/A
	PC 3	192.168.250.3	255.255.255.0	192.168.250.1
	IP Phone 3	192.168.250.5	255.255.255.0	192.168.250.1

Tabla 5-9. Tabla de Direccionamiento IP

Se tiene un direccionamiento clase C para las LAN (192.168.240.0, 192.168.250.0 y 192.168.254.0 mascara 255.255.255.0), para prever el crecimiento de la red privada. Para el enlace WAN se asigna la red 192.168.11.0, generalmente los Proveedores de Servicios de Internet configuran la red con mascara 255.255.255.252 para unir los 2 enrutadores. El enlace MAN va por la red 192.168.23.0, mascara 255.255.255.252. Las direcciones de Loopback (Lo 0) en la simulación representan el direccionamiento de red con IPs reales que la empresa solicita al Proveedor de Servicios de Internet de acuerdo al número de dispositivos que necesita en Internet.

5.4.1 Simulación red MPLS para tráfico Mejor Esfuerzo

Al tratarse de una simulación se utiliza el software GNS3 para representar la topología del presente caso de estudio, como se menciona la infraestructura es similar en cada una de las filiales, es decir los equipos de comunicación son enrutadores y concentradores. Medios de comunicación como fibra óptica y radio enlace. Para las LAN como computadores y softphones simulan todos los componentes de la Red de Área Local.

El software de simulación permite personalizar los enrutadores como agregar slots adicionales, aumento de memoria RAM en este caso se selecciona un enrutador que incluya el servicio de telefonía IP porque se simulara Voz sobre IP.

La herramienta de simulación incluye computadores con servicios de red a configurarlos. Para los softphones se levanta máquinas virtuales que permitan la comunicación de telefonía IP.

Las acciones a realizar para la simulación de la red MPLS para tráfico Mejor Esfuerzo son:

- Representación gráficamente la topología de la red Mejor Esfuerzo
- Configuración de los enrutadores, equipos de comunicación
- Configuración de los dispositivos de la red (computadores)
- Configuración de las máquinas virtuales para voz sobre IP

5.4.1.1 Representación gráfica de la topología de la red MPLS para tráfico Mejor Esfuerzo

En el software de simulación iniciar seleccionando el enrutador para BGUIO el cual debe incluir el servicio de telefonía IP para habilitarlo, 256 MB memoria RAM. También debe tener 4 interfaces de red para que se conecten con los enrutadores ESPCT, BGCOCA y la red LAN de BGUIO, la interface loopback se utilizara para simular la interface WAN es decir la subred de IPs públicos. Las conexiones de los enrutadores realizar con la herramienta enlace del software de simulación, unir las interfaces de red de los dispositivos de comunicación.

El enlace de BGUIO con BGOCA se une con la red 192.168.11.0 máscara 255.255.255.252 simulando el enlace WAN.

El enlace de BGUIO con ESPCT se une con la red 192.168.23.0 máscara 255.255.255.252 simulando el enlace MAN.

La red LAN de BGUIO es 192.168.240.0 máscara 255.255.255.0 en esta interface se conecta un concentrador y los dispositivos como estaciones de trabajo que en la herramienta de simulación son computadoras virtuales con adaptadores de red que se configuran de acuerdo a la red que les corresponda. Para la simulación de los teléfonos IP se configuran máquinas virtuales con sistema operativo y software de telefonía IP (softphone).

En el siguiente gráfico se muestra la representación de la topología de la red MPLS en la herramienta de simulación.

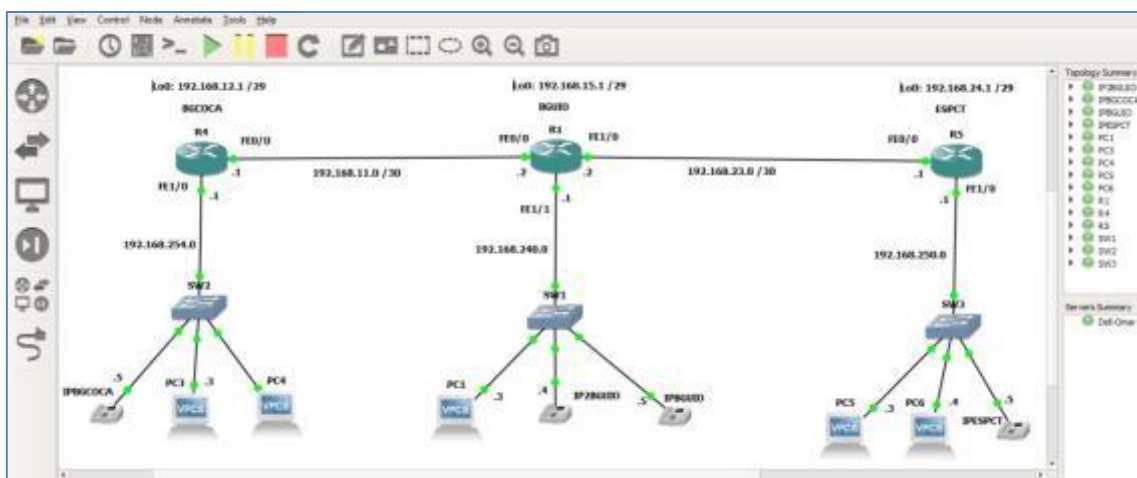


Figura 5-9. Topología de red MPLS en simulador

5.4.1.2 Configuración de los enrutadores

La herramienta de simulación tiene una consola donde se realiza las siguientes configuraciones:

Identificación del enrutador, mediante el comando hostname se asigna el nombre al enrutador en este caso BGUIO.

Direccionamiento IP, de acuerdo a la Tabla 5-9 Tabla de Direccionamiento IP se asignan las redes en las interfaces pertinentes mediante el comando ip address 192.168.240.0 255.255.255.0

Anunciar redes, el comando “router ospf” se usa para indicar o anunciar las subredes conectadas directamente. En este caso sería:

```
router ospf 1
network 192.168.0.0 0.0.255.255 area 0
```

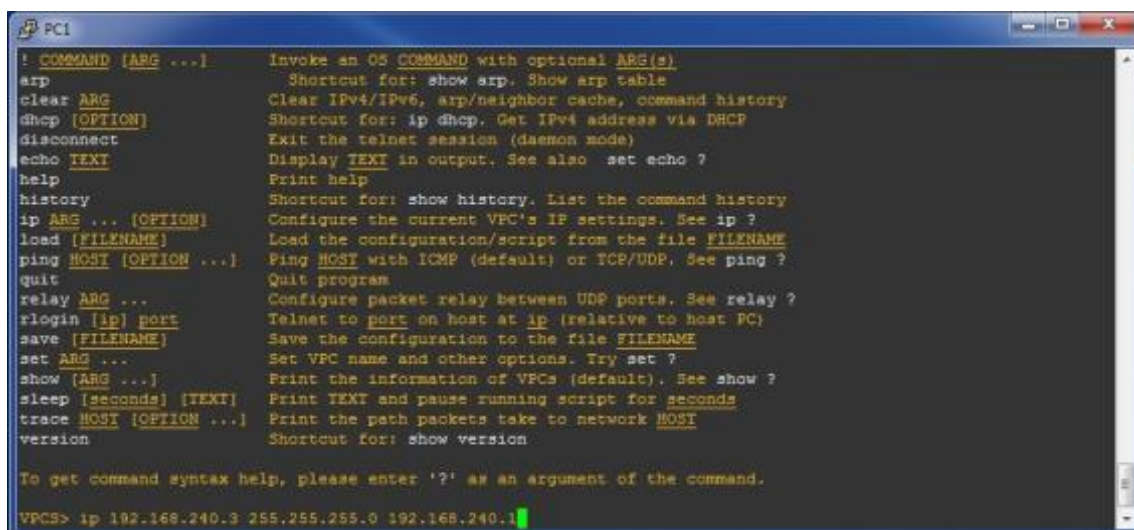
Para usar MPLS, en la consola de configuración se habilita el protocolo de la red con el comando mpls ip previo ingreso a la interface que corresponde.

Las configuraciones del enrutador de telefonía IP a realizar son: habilitar el servicio de telefonía, especificar el número máximo de líneas en la red, asignar el número de extensión y nombre de la extensión.

Las configuraciones paso a paso de los enrutadores de la red MPLS para tráfico Mejor Esfuerzo se encuentran en el Anexo [2].

5.4.1.3 Configuración de los computadores

La herramienta de simulación viene con varios dispositivos en este caso seleccionar VPCS Simulador de Computador Personal Virtual para agregar a la topología de la red, se une al concentrador con el objeto enlace. En la consola proceder a configurar la red respectiva es decir la dirección IP, el valor de la máscara de red y la puerta de enlace. Por ejemplo: ip 192.168.240.3 255.255.255.0 192.168.240.1



```
! COMMAND [ARG ...]      Invoke an OS COMMAND with optional ARG(s)
arp                       Shortcut for: show arp. Show arp table
clear ARG                 Clear IPv4/IPv6, arp/neighbor cache, command history
dhcp [OPTION]             Shortcut for: ip dhcp. Get IPv4 address via DHCP
disconnect                Exit the telnet session (daemon mode)
echo TEXT                 Display TEXT in output. See also set echo ?
help                      Print help
history                   Shortcut for: show history. List the command history
ip ARG ... [OPTION]       Configure the current VPC's IP settings. See ip ?
load [FILENAME]           Load the configuration/script from the file FILENAME
ping HOST [OPTION ...]    Ping HOST with ICMP (default) or TCP/DDP. See ping ?
quit                      Quit program
relay ARG ...             Configure packet relay between UDP ports. See relay ?
rlogin [ip] PORT          Telnet to port on host at ip (relative to host PC)
save [FILENAME]           Save the configuration to the file FILENAME
set ARG ...               Set VPC name and other options. Try set ?
show [ARG ...]            Print the information of VPCs (default). See show ?
sleep [seconds] [TEXT]    Print TEXT and pause running script for seconds
trace HOST [OPTION ...]   Print the path packets take to network HOST
version                   Shortcut for: show version

To get command syntax help, please enter '?' as an argument of the command.

VPCS> ip 192.168.240.3 255.255.255.0 192.168.240.1
```

Figura 5-10. Consola Simulador de Computador Personal Virtual

Con el comando **save** se guarda la configuración. También se puede utilizar el comando **ping** para verificar la conectividad con los dispositivos de la red LAN, MAN y WAN.

De la misma forma proceder con la configuración de todos los computadores que simulan la red MPLS con su respectivo direccionamiento IP.

5.4.1.4 Configuración máquinas virtuales para Voz sobre IP

Para la simulación de teléfonos IP se usa softphone para lo cual se procede a levantar máquinas virtuales, en éstas se instala el sistema operativo y el software de telefonía IP. En el simulador se selecciona el dispositivo Cloud, se cambia el símbolo de nube a ip_phone en las preferencias de Cloud, luego en la sección Interfaces de red se agrega VirtualBox Host-Only Network e indicar que conectara por esta interface, como se visualiza en la figura 5-11.



Figura 5-11. Pantalla selección interface de red

En la máquina virtual, en el sistema operativo se configura la dirección IP que se asigna al softphone, en las preferencias del softphone se especifica cual es la dirección del enrutador que administra el servicio de telefonía IP.



Figura 5-12. Pantallas configuración software telefonía IP

5.4.1.5 Pruebas y afinamiento para tráfico Mejor Esfuerzo

Se realizan pruebas de conectividad y habilitación de MPLS.

Una de las pruebas será visualizar las redes anunciadas con las tablas de ruteo de cada uno de los enrutadores mediante el comando “show ip route”.

Otra prueba a realizar es mediante el comando “ping” comprobar la conectividad de todos los enrutadores y sus interfaces se encuentren habilitadas. También se puede usar este comando en los dispositivos de la red LAN como los computadores para verificar la comunicación de todos los dispositivos a las otras redes LAN.

El comando “show mpls interfaces” muestra las interfaces físicas del enrutador con el protocolo de intercambio de etiquetas que es LDP.

Con el comando “show mpls ldp bindings” se puede visualizar los datos de la tabla de información de etiquetas y sus asociaciones LIB.

Adicional con el comando “show mpls forwarding-table” se usa para visualizar los datos de la tabla de información de re envío de etiquetas LFIB.

Se utiliza el comando “trace” para visualizar la ruta trazada y las etiquetas en cada salto. Esta prueba se realiza a los enrutadores ubicados en los extremos.

Finalmente se realizan pruebas de telefonía IP de la matriz Quito BGUIO a BGOCA, BGUIO a ESPCT y BGOCA a ESPCT.



Figura 5-13. Llamada telefonía IP BGUIO a BGOCA



Figura 5-14. Llamada telefonía IP BGUJO a ESPCT



Figura 5-15. Llamada telefonía IP BGCOCA a ESPCT

Todas las pruebas mencionadas con sus resultados se incluyen en el Anexo [3].

5.4.2 Simulación de la red MPLS con Calidad de Servicio

Explicación:

Luego de establecida la red MPLS se habilita Calidad de Servicio en el software de simulación, existen varios métodos para la implementación de Calidad de Servicio para este caso de estudio se usa el método MQC (Modular QoS CLI) Línea de comando Módulo Calidad de

Servicio, para ello se debe realizar los siguientes pasos en cada uno de los enrutadores de la red:

- Configurar mapa de Clases
- Configurar mapa de Políticas
- Configurar Política de Servicio

5.4.2.1 Configurar mapa de Clases

Partiendo del análisis del tráfico en la red y los resultados que se obtiene en la tabla 5-7 Políticas Calidad de Servicio Aplicación o Clase, se utiliza los valores para configurar el mapa de clases.

El comando “class-map” se usa para crear la clase, por lo tanto se procede a la creación de las 3 clases:

- La clase Voz sobre IP class-map VOIP
- La clase Misión Critica class-map MCritica
- La clase Señalización class-map Senal
- La clase Restante. Esta clase no se configura porque el enrutador por defecto incluye el tráfico restante de la red, también reserva un porcentaje para este tipo de tráfico y las gestiones propias del enrutador.

Después se asigna la prioridad a las clases. El comando “match ip precedence” es usado para establecerla prioridad para el servicio, que funciona de la siguiente manera: el valor más alto (5) tiene mayor prioridad.

- La clase Voz sobre IP class-map VOIP, prioridad 5
- La clase Misión Critica class-map MCritica, prioridad 4
- La clase Señalización class-map Senal, prioridad 3

A continuación se indica el protocolo que le corresponde a cada clase con el comando “match protocol”.

- La clase Voz sobre IP class-map VOIP, protocolo rtp
- La clase Misión Critica class-map MCritica, protocolo http
- La clase Señalización class-map Senal, protocolo sip

5.4.2.2 Configuración mapa de Políticas

Se determina las políticas que se usaran las clases, en este caso se creara una política de entrada, una política de salida con el porcentaje del ancho de banda asignada a la clase.

5.4.2.3 Configuración Política de Servicio

Se configuran dos políticas de servicio: La una es la política de servicio en la interface de entrada del enrutador y la otra es la política de servicio en la interface de salida del enrutador con el valor total del ancho de banda asignado a los enlace de datos.

Las configuraciones de Calidad de Servicio de los enrutadores se las muestra en el Anexo [3].

5.4.2.4 Pruebas y afinamiento MPLS con Calidad de Servicio

Se realizan dos pruebas, la verificación de la creación de mapa de clases mediante el comando “sh class-map” se visualiza las clases generadas, la prioridad y el protocolo.

La otra prueba es la verificación de la creación del mapa de políticas mediante el comando “sh policy-map” se visualiza la política de entrada configurada en los enrutadores y las clases que la conforman, la política de salida con el porcentaje de ancho de banda asignado a cada clase que se aplica en la interface de salida.

Los resultados de las pruebas MPLS con Calidad de Servicio se las muestras en el Anexo [5].

5.4.3 Esquema final

Como se muestra en la Figura 5-16 el esquema final es el siguiente: el enrutador BGUIO utiliza la red privada 192.168.240.0 en la interfaz FastEthernet 1/1 para la LAN, luego va conectado a un concentrador en el cual van conectado los dispositivos de la red de área local una computadora: PC1 y un teléfono IP: IPBGUIO. La subred 192.168.11.0 por la interfaz FastEthernet 0/0 simula el enlace WAN y la red 192.168.23.0 por la interfaz FastEthernet 1/0 simula el enlace MAN. También se visualiza las máquinas virtuales que simulan los teléfonos IP.

El enrutador BGOCA usa la red privada 192.168.254.0 en la interfaz FastEthernet 1/0 para la LAN, donde va conectado un concentrador y a éste se encuentran conectados un computador personal: PC2 y un teléfono IP: IPBGOCA. La red 192.168.11.0 por la interfaz FastEthernet 0/0 simula el enlace WAN.

El enrutador ESPCT usa la red privada 192.168.250.0 en la interfaz FastEthernet 1/0 para la LAN, al enrutador va conectado un concentrador y al concentrador están conectadas un computador personal: PC3, adicional un teléfono IP: IPESPCT. La subred 192.168.23 por la interfaz FastEthernet 0/0 simula el enlace MAN.

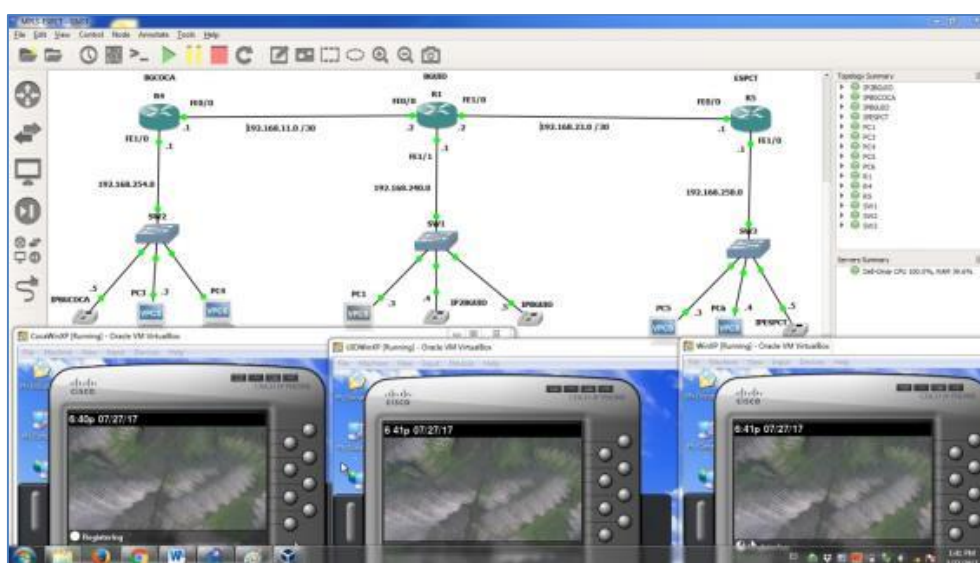


Figura 5-16. Esquema final red MPLS con Calidad de Servicio

5 Conclusiones y Recomendaciones

- MPLS permite la comunicación de todas las filiales de ESP Completion Technologies LLC por medio de la funcionalidad de escalabilidad, esto se logra configurando el protocolo OSPF y MPLS IP en los enrutadores.
 - En el análisis del tráfico de red mejor esfuerzo se concluye que los diversos tipos de tráfico y servicios utilizan libremente el ancho de banda, todo paquete se trata por igual y no existe prioridad.
 - Los usuarios dedican un 96,3% de su tiempo de uso en Internet para: obtener información, comunicarse, capacitación en línea o por actividades laborales, de acuerdo a la estadística del INEC (2016).
 - En la red MPLS al configurar Calidad de Servicio se optimiza el uso del ancho de banda ya que garantiza el servicio, porque se reserva la cantidad de canal exclusivo para ese servicio, además que clasifica al tráfico determinado como importante y se le asigna prioridad en la red.
 - En la implementación de Calidad de Servicio la clase de VoIP tiene mayor prioridad porque el tráfico de voz requiere bajo retardo y un ancho de banda sin interrupciones. También se identifica la clase Misión Crítica (el tráfico importante de la red analizada, navegación en Internet y descarga de documentos), la clase Señalización (necesaria para VoIP) y la clase Restante (el tráfico no clasificado es decir el tráfico mejor esfuerzo).
 - Se diseñó una red MPLS que cubre el requerimiento de integración de los enlaces, aplicando la funcionalidad escalabilidad que permite la agrupación de los enlaces y agregar nuevos enlaces en caso que se requiera con facilidad. El requerimiento de calidad de servicio, aplicando esta funcionalidad permite clasificar el tráfico y los servicios que transitan en la red.
 - Se simuló la red MPLS en el software GNS3 que permite representar gráficamente la red mejor esfuerzo y la red con calidad de servicio, donde los resultados obtenidos evidencian la notable diferencia a favor de calidad de servicio porque reserva un porcentaje del ancho de banda exclusivo para el tipo de tráfico definido en una clase y está a su vez tiene prioridad.
-
- En una empresa se recomienda que todas las filiales se encuentren comunicadas entre sí, para que la información que se encuentra en la red sea actualizada en línea, además aprovechar los recursos tecnológicos para comunicarse y utilizar los servicios de la red.
 - Cada empresa es diferente así pertenezcan a la misma industria por lo tanto se recomienda realizar un análisis del tráfico de la red en base a los servicios prioritarios que la empresa brinda, clasificar los tipos de usuarios de la red.
 - Para la simulación de telefonía IP se recomienda seleccionar un enrutador que en su sistema operativo incluya el servicio de telefonía, además que soporte MPLS IP.
 - En la simulación de telefonía IP se recomienda generar una máquina virtual para cada enlace ya que éstas consumen la mayoría del procesador del computador donde se

genera la simulación y afecta directamente al funcionamiento de la red del caso de estudio.

- Se recomienda como herramienta de simulación a GNS3 para una red MPLS con Calidad de Servicio ya que permite agregar: enrutadores con su sistema operativo, personalizar memoria RAM e interfaces de comunicación. Además que interactúa con Virtualbox para levantar máquinas virtuales.
- Se recomienda crear como máximo cuatro clases de tráfico, las que en el análisis del tráfico sean determinadas como principales de la red. Porque al generar demasiadas clases a cada una le correspondería un menor porcentaje del canal del ancho de banda.
- En la asignación del porcentaje a las clases en Calidad de Servicio reservar un 25% para el tráfico restante (no incluir en las clases) y para gestiones propias del enrutador.

Bibliografía:

- Publicaciones periódicas online: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, (2016). Tecnologías de la Información y Comunicaciones 2016. Quito Ecuador: INEC, pp 19. Recuperado de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf
- Referencia a páginas webs: ASLAN, (2010). Asociación Aslan. Caso de éxito: Securización de la red de Datos de Propósito General del Ministerio de Defensa sobre una red comercial IP/MPLS. España: ASLAN. Recuperado de <http://www.aslan.es/files/1149-24546-Archivo/MINISDEF.pdf>
- Referencia a páginas webs: Cisco, Carranza (2013). Introducción al Multiprotocol Label Switching (MPLS): Usos y beneficios. México D.F México: Cisco Support Community. Recuperado de <https://supportforums.cisco.com/es/video/11933231>
- Referencia a páginas webs: Cisco Systems, (2016). Voice Over IP - Per Call Bandwidth Consumption – Cisco. Voice Over IP - Per Call Bandwidth Consumption. San Jose California USA: Cisco Systems. Recuperado de <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/7934-bwidth-consume.html>
- Referencia a páginas webs: Cisco System, (2015). MPLS Configuration Guide: Configuring MPLS Quality of Service. San Jose California USA: Cisco System. Recuperado de http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/sw/5_x/nx-os/mpls/configuration/guide/mpls_cg/mpls_qos.pdf
- Referencia a páginas webs: Claranet, (2016). Proveedor líder en servicios de cloud, hosting y redes. Redes VPN MPLS e IPsec para empresas. España: Claranet SAU. Recuperado de <https://www.claranet.es/redes-vpn-mpls-e-ipsec>
- Referencia a páginas webs: GNS3, (2017). The software that empowers network professionals. United States of America: GNS3 Technology Inc. Recuperado de <http://www.gns3.com>

- Referencia a páginas webs: Httparchiveorg, (2016). HTTP Archive – Interesting stat. Average Bytes per Page by Content Type. USA: Httparchiveorg. Recuperado de <http://httparchive.org/interesting.php>
- Referencia a páginas webs: Microsoft, (2015). Small IT Solution: Planear la red de la área local: Latinoamérica. Microsoft. Recuperado de https://www.microsoft.com/latam/technet/mediana/25-50/soluciones/dsgnwrk_4.mspix
- Tesis de grado: Granizo, (2015). Diseño de la Infraestructura de Comunicación de Datos para los Centros y Sub-Centros de Salud en el Cantón Latacunga, (Caso de estudio Maestría Redes de Comunicación). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Anexos:

Anexo [1]. Descripción servicio con el número de puerto respectivo

IDENTIFICACIÓN PUERTOS		
Nombre del Protocolo o Servicio	Protocolo	Puerto
Transferencia de archivos	TCP	20
Control de transferencia de archivos (FTP)	TCP	21
Shell segura	TCP	22
Telnet	TCP	23
Sistema de nombres de dominio (DNS)	TCP/UDP	53
Transferencia de hipertexto (HTTP)	TCP	80
	TCP	81
Protocolo de correo electrónico de entrada (POP3)	TCP	110
Páginas de hipertexto seguras (SSL o HTTPS)	TCP	443
Servidor de dominio SMB de Microsoft	TCP	445
Protocolo de transferencia de correo de salida (SMTP autenticado)	TCP	587
Microsoft SQL Server	TCP	1433
Red Privada Virtual (VPN)	TCP	1723
MSN Messenger	TCP	1863
Solución antivirus, Eset Endpoint Security	TCP	2221
Solución antivirus, Eset Endpoint Security	TCP	2222
Solución antivirus, Eset Endpoint Security	TCP	2223
Microsoft Terminal Server	TCP/UDP	3389
Protocolo inicio de sesiones (SIP)	UDP	5060
Puerto por defecto navegación, ver puerto 80	TCP	8080

Anexo [2]. Configuración red MPLS para tráfico Mejor Esfuerzo

Inicializar enrutadores

El comando “erase startup configuration” es usado para borrar las configuraciones del enrutador.

```
>enable
#erase star
#reload
Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: n
```

Configurar direccionamiento IP

El comando “configure terminal” es usado para ingresar al enrutador en modo de configuración. El comando “hostname” es usado para asignar el nombre del enrutador. El comando “ip address” es usado para asignar las direcciones IPs en las interfaces.

```
R1>enable
R1#configure terminal
R1(config)#hostname BGUIO
BGUIO(config)#no ip domain-lookup
BGUIO(config)# interface loopback0
BGUIO(config-if)# ip address 192.168.15.1 255.255.255.248
BGUIO(config-if)# no shutdown
BGUIO(config-if)# interface FastEthernet0/0
BGUIO(config-if)# ip address 192.168.11.2 255.255.255.252
BGUIO(config-if)# no shutdown
BGUIO(config-if)# interface FastEthernet0/1
BGUIO(config-if)# ip address 192.168.23.2 255.255.255.252
BGUIO(config-if)# no shutdown
BGUIO(config-if)# interface FastEthernet1/0
BGUIO(config-if)# ip address 192.168.240.1 255.255.255.0
BGUIO(config-if)# no shutdown
BGUIO(config-if)# exit
BGUIO(config)#wr
```

```
R2>enable
R2#configure terminal
R2(config)#hostname BGOCA
BGOCA(config)#no ip domain-lookup
BGOCA(config)# interface loopback0
BGOCA(config-if)# ip address 192.168.12.1 255.255.255.248
BGOCA(config-if)# no shutdown
BGOCA(config-if)# interface FastEthernet0/0
BGOCA(config-if)# ip address 192.168.11.1 255.255.255.252
BGOCA(config-if)# no shutdown
BGOCA(config-if)# interface FastEthernet0/1
BGOCA(config-if)# ip address 192.168.254.1 255.255.255.0
BGOCA(config-if)# no shutdown
BGOCA(config-if)# exit
BGOCA(config)# wr
```

```
R3>enable
R3#configure terminal
R3(config)#hostname ESPCT
ESPCT(config)#no ip domain-lookup
ESPCT(config)# interface loopback0
ESPCT(config-if)# ip address 192.168.24.1 255.255.255.248
```

```

ESPCT(config-if)# no shutdown
ESPCT(config-if)# interface FastEthernet0/0
ESPCT(config-if)# ip address 192.168.23.1 255.255.255.252
ESPCT(config-if)# no shutdown
ESPCT(config-if)# interface FastEthernet0/1
ESPCT(config-if)# ip address 192.168.250.1 255.255.255.0
ESPCT(config-if)# no shutdown
ESPCT(config-if)# exit
ESPCT(config)# wr

```

Configuración OSPF

El comando “router ospf” es usado para indicar o anunciar las subredes conectadas directamente.

```

BGUIO(config)# router ospf 1
BGUIO(config-router)# network 192.168.0.0 0.0.255.255 area 0

```

```

BGCOCA(config)# router ospf 1
BGCOCA(config-router)# network 192.168.0.0 0.0.255.255 area 0

```

```

ESPCT(config)# router ospf 1
ESPCT(config-router)# network 192.168.0.0 0.0.255.255 area 0

```

Configuración MPLS

El comando “mpls ip” es usado para habilitar MPLS en cada una de las interfaces físicas, es decir las interfaces de salida (no loopback)

```

BGUIO(config)# interface FastEthernet0/0
BGUIO(config-if)# mpls ip
BGUIO(config)# interface FastEthernet0/1
BGUIO(config-if)# mpls ip

```

```

BGCOCA(config)# interface FastEthernet0/0
BGCOCA(config-if)# mpls ip

```

```

ESPCT(config)# interface FastEthernet0/0
ESPCT(config-if)# mpls ip

```

Configuración Voz sobre IP

Con el comando “telephony-service” se habilita el servicio de telefonía, esto se realiza en el enrutador principal BGUIO. El comando “max-ephone” especifica el número máximo de teléfonos IP el valor máximo es 144 para el caso de estudio se define el valor en 100, el comando “max-ephone” especifica el número de extensiones, el valor máximo es 500 para el presente caso se utiliza el valor 50. Con el comando “ip source-address” se indica la dirección IP del enrutador que tiene el servicio de telefonía IP en este caso es el mismo enrutador 192.168.240.1

```

BGUIO(config)# telephony-service
BGUIO(config-telephony)# max-ephone 100
BGUIO(config-telephony)# max-dn 50
BGUIO(config-telephony)# ip source-address 192.168.240.1

```

Registrar telefonos

```
BGUIO(config)# do show ephone
BGUIO(config)# ephone 1
BGUIO(config-ephone)# mac-address 0800.27B2.E74B
BGUIO(config-ephone)# exit
BGUIO(config)# ephone-dn 1 dual-line
BGUIO(config-ephone-dn)# number 1011
BGUIO(config-ephone-dn)# name IPBGUIO
BGUIO(config-ephone-dn)# label IPBGUIO
BGUIO(config-ephone-dn)# ephone-dn 2 dual-line
BGUIO(config-ephone-dn)# number 1012
BGUIO(config-ephone-dn)# name President
BGUIO(config-ephone-dn)# label President
BGUIO(config-ephone-dn)# exit
BGUIO(config)# ephone 1
BGUIO(config-ephone)# button 1:1
BGUIO(config-ephone)# button 3:2
BGUIO(config-ephone)# reset
BGUIO(config-ephone)# exit
BGUIO(config)# wr
```

```
BGUIO(config)# do show ephone
BGUIO(config)# ephone 2
BGUIO(config-ephone)# mac-address 0800.2785.5347
BGUIO(config-ephone)# exit
BGUIO(config)# ephone-dn 3 dual-line
BGUIO(config-ephone-dn)# number 1021
BGUIO(config-ephone-dn)# name IPBGCOCA
BGUIO(config-ephone-dn)# label IPBGCOCA
BGUIO(config-ephone-dn)# ephone-dn 4 dual line
BGUIO(config-ephone-dn)# number 1022
BGUIO(config-ephone-dn)# name Bodega
BGUIO(config-ephone-dn)# label Bodega
BGUIO(config-ephone-dn)# exit
BGUIO(config)# ephone 2
BGUIO(config-ephone)# button 2:3
BGUIO(config-ephone)# button 4:4
BGUIO(config-ephone)# reset
BGUIO(config-ephone)# exit
BGUIO(config)# wr
```

```
BGUIO(config)# do show ephone
BGUIO(config)# ephone 3
BGUIO(config-ephone)# mac-address 0800.27F8.3E6E
BGUIO(config-ephone)# exit
BGUIO(config)# ephone-dn 5 dual-line
BGUIO(config-ephone-dn)# number 1031
BGUIO(config-ephone-dn)# name IPESPCT
BGUIO(config-ephone-dn)# label IPESPCT
BGUIO(config-ephone-dn)# ephone-dn 6 dual-line
BGUIO(config-ephone-dn)# number 1032
BGUIO(config-ephone-dn)# name Fabrica
BGUIO(config-ephone-dn)# label Fabrica
BGUIO(config-ephone-dn)# exit
BGUIO(config)# ephone 3
BGUIO(config-ephone)# button 5:5
BGUIO(config-ephone)# button 6:6
BGUIO(config-ephone)# reset
BGUIO(config-ephone)# exit
BGUIO(config)# wr
```

Anexo [3]. Pruebas y afinamiento red MPLS Mejor Esfuerzo

Se realizan las pruebas de:

- Comprobación de conectividad
- Habilitación MPLS

Comprobación de conectividad

El comando “show ip route” se utiliza para visualizar todas las redes anunciadas y las tablas de ruteo.

```
BGUIO#sh ip route
```

```
192.168.12.0/32 is subnetted, 1 subnets
O 192.168.12.1 [110/2] via 192.168.11.1, 00:12:15, FastEthernet0/0
192.168.15.0/29 is subnetted, 1 subnets
C 192.168.15.0 is directly connected, Loopback0
C 192.168.240.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
192.168.24.0/32 is subnetted, 1 subnets
O 192.168.24.1 [110/2] via 192.168.23.1, 00:11:33, FastEthernet0/1
192.168.11.0/30 is subnetted, 1 subnets
C 192.168.11.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O 192.168.250.0/24 [110/11] via 192.168.23.1, 00:11:34, FastEthernet0/1
192.168.23.0/30 is subnetted, 1 subnets
C 192.168.23.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O 192.168.254.0/24 [110/11] via 192.168.11.1, 00:12:17, FastEthernet0/0
```

```
BGCOCA#sh ip route
```

```
192.168.12.0/29 is subnetted, 1 subnets
C 192.168.12.0 is directly connected, Loopback0
192.168.15.0/32 is subnetted, 1 subnets
O 192.168.15.1 [110/2] via 192.168.11.2, 00:14:35, FastEthernet0/0
O 192.168.240.0/24 [110/2] via 192.168.11.2, 00:14:35, FastEthernet0/0
192.168.24.0/32 is subnetted, 1 subnets
O 192.168.24.1 [110/3] via 192.168.11.2, 00:13:55, FastEthernet0/0
192.168.11.0/30 is subnetted, 1 subnets
C 192.168.11.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O 192.168.250.0/24 [110/12] via 192.168.11.2, 00:13:56, FastEthernet0/0
192.168.23.0/30 is subnetted, 1 subnets
O 192.168.23.0 [110/2] via 192.168.11.2, 00:14:36, FastEthernet0/0
C 192.168.254.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

```
ESPCT#sh ip route
```

```
192.168.12.0/32 is subnetted, 1 subnets
O 192.168.12.1 [110/3] via 192.168.23.2, 00:17:02, FastEthernet0/0
192.168.15.0/32 is subnetted, 1 subnets
O 192.168.15.1 [110/2] via 192.168.23.2, 00:17:02, FastEthernet0/0
O 192.168.240.0/24 [110/2] via 192.168.23.2, 00:17:02, FastEthernet0/0
192.168.24.0/29 is subnetted, 1 subnets
C 192.168.24.0 is directly connected, Loopback0
192.168.11.0/30 is subnetted, 1 subnets
O 192.168.11.0 [110/2] via 192.168.23.2, 00:17:03, FastEthernet0/0
C 192.168.250.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
192.168.23.0/30 is subnetted, 1 subnets
C 192.168.23.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O 192.168.254.0/24 [110/12] via 192.168.23.2, 00:17:03, FastEthernet0/0
```

El comando "ping" se usa para comprobar la conectividad de los enrutadores y que sus interfaces estén habilitadas

BGUIO#ping 192.168.254.1

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.254.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/24/32 ms

BGUIO#ping 192.168.11.1

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.11.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/21/32 ms

BGUIO#ping 192.168.250.1

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.250.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 8/17/24 ms

BGUIO#ping 192.168.23.1

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.23.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/18/21 ms

BGCOCA#ping 192.168.240.1

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.240.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/19/24 ms

BGCOCA#ping 192.168.11.2

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.11.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 12/17/24 ms

BGCOCA#ping 192.168.250.1

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.250.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 28/40/52 ms

BGCOCA#ping 192.168.23.1

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.23.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 32/36/40 ms

ESPCT#ping 192.168.240.1

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.240.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/19/28 ms

ESPCT#ping 192.168.11.2

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.11.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 12/17/24 ms

ESPCT#ping 192.168.254.1

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.254.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 36/39/40 ms
```

```
ESPCT#ping 192.168.11.1
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.11.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 32/38/44 ms
```

Comprobación MPLS

El comando “show mpls interfaces” se utiliza para mostrar las interfaces físicas y su respectivo protocolo (LDP) para el intercambio de etiquetas.

```
BGUIO#sh mpls interfaces
Interface          IP           Tunnel  Operational
FastEthernet0/0    Yes (ldp)    No      Yes
FastEthernet0/1    Yes (ldp)    No      Yes
```

```
BGCOCA#sh mpls interfaces
Interface          IP           Tunnel  Operational
FastEthernet0/0    Yes (ldp)    No      Yes
```

```
ESPCT#sh mpls interfaces
Interface          IP           Tunnel  Operational
FastEthernet0/0    Yes (ldp)    No      Yes
```

Asignación de etiquetas

El comando “sh mpls ldp bindings” es usado para visualizar los datos de la LIB¹⁹tabla de información de etiquetas y sus asociaciones.

```
BGUIO#sh mpls ldp bindings
lib entry: 192.168.11.0/24, rev 2
local binding: label: imp-null
remote binding: lsr20: 192.168.12.1:0, label: imp-null
remote binding: lsr: 192.168.24.1:0, label: 16
lib entry: 192.168.12.0/24, rev 17
remote binding: lsr: 192.168.12.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.12.1/32, rev 4
local binding: label: 16
remote binding: lsr: 192.168.24.1:0, label: 17
lib entry: 192.168.15.0/24, rev 6
local binding: label: imp-null
lib entry: 192.168.15.1/32, rev 18
remote binding: lsr: 192.168.12.1:0, label: 16
remote binding: lsr: 192.168.24.1:0, label: 18
lib entry: 192.168.23.0/24, rev 8
local binding: label: imp-null
remote binding: lsr: 192.168.12.1:0, label: 17
remote binding: lsr: 192.168.24.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.24.0/24, rev 19
```

¹⁹LIB Label Information Base (Base de Información de Etiquetas), es la tabla de información de etiquetas que manejan los LSR que relaciona la interfaz de entrada y la etiqueta de entrada con la interfaz de salida y la etiqueta de salida.

²⁰LSR Label Switch Router (Ruteador Encamina Etiquetas), Ruteador que encamina los paquetes de acuerdo al valor de la etiqueta MPLS.

```
remote binding: lsr: 192.168.24.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.24.1/32, rev 10
local binding: label: 17
remote binding: lsr: 192.168.12.1:0, label: 18
lib entry: 192.168.240.0/24, rev 12
local binding: label: imp-null
remote binding: lsr: 192.168.12.1:0, label: 19
remote binding: lsr: 192.168.24.1:0, label: 19
lib entry: 192.168.250.0/24, rev 14
local binding: label: 18
remote binding: lsr: 192.168.12.1:0, label: 20
remote binding: lsr: 192.168.24.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.254.0/24, rev 16
local binding: label: 19
remote binding: lsr: 192.168.12.1:0, label: imp-null
remote binding: lsr: 192.168.24.1:0, label: 20
```

BGCOCA#sh mpls ldp bindings

```
lib entry: 192.168.11.0/24, rev 2
local binding: label: imp-null
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.12.0/24, rev 4
local binding: label: imp-null
lib entry: 192.168.12.1/32, rev 17
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: 16
lib entry: 192.168.15.0/24, rev 18
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.15.1/32, rev 6
local binding: label: 16
lib entry: 192.168.23.0/24, rev 8
local binding: label: 17
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.24.1/32, rev 10
local binding: label: 18
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: 17
lib entry: 192.168.240.0/24, rev 12
local binding: label: 19
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.250.0/24, rev 14
local binding: label: 20
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: 18
lib entry: 192.168.254.0/24, rev 16
local binding: label: imp-null
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: 19
```

ESPCT#sh mpls ldp bindings

```
lib entry: 192.168.11.0/24, rev 2
local binding: label: 16
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.12.1/32, rev 4
local binding: label: 17
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: 16
lib entry: 192.168.15.0/24, rev 17
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.15.1/32, rev 6
local binding: label: 18
lib entry: 192.168.23.0/24, rev 8
local binding: label: imp-null
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.24.0/24, rev 10
local binding: label: imp-null
lib entry: 192.168.24.1/32, rev 18
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: 17
lib entry: 192.168.240.0/24, rev 12
local binding: label: 19
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: imp-null
```

```

lib entry: 192.168.250.0/24, rev 14
local binding: label: imp-null
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: 18
lib entry: 192.168.254.0/24, rev 16
local binding: label: 20
remote binding: lsr: 192.168.15.1:0, label: 19

```

El comando “sh mpls forwarding-table” es usado para visualizar de la LFIB²¹ tabla de información de re envío de etiquetas.

BGUIO#sh mpls forwarding-table

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Label	Outgoing interface	Next Hop
16	No Label	192.168.12.1/32	0		Fa0/0	192.168.11.1
17	No Label	192.168.24.1/32	0		Fa0/1	192.168.23.1
18	Pop Label	192.168.250.0/24	0		Fa0/1	192.168.23.1
19	Pop Label	192.168.254.0/24	0		Fa0/0	192.168.11.1

BGCOCA#sh mpls forwarding-table

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Label	Outgoing interface	Next Hop
16	No Label	192.168.15.1/32	0		Fa0/0	192.168.11.2
17	Pop Label	192.168.23.0/24	0		Fa0/0	192.168.11.2
18	17	192.168.24.1/32	0		Fa0/0	192.168.11.2
19	Pop Label	192.168.240.0/24	0		Fa0/0	192.168.11.2
20	18	192.168.250.0/24	0		Fa0/0	192.168.11.2

ESPCT#sh mpls forwarding-table

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Label	Outgoing interface	Next Hop
16	Pop Label	192.168.11.0/24	0		Fa0/1	192.168.23.2
17	16	192.168.12.1/32	0		Fa0/1	192.168.23.2
18	No Label	192.168.15.1/32	0		Fa0/1	192.168.23.2
19	Pop Label	192.168.240.0/24	0		Fa0/1	192.168.23.2
20	19	192.168.254.0/24	0		Fa0/1	192.168.23.2

El comando “trace” es usado para visualizarla ruta trazada y las etiquetas en cada salto, para esta prueba se lo realizo del enrutador BGCOCA a ESPCT y viceversa.

BGCOCA#trace 192.168.250.1

```

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.250.1
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 192.168.11.2 [MPLS: Label 18 Exp 0] 948 msec 1036 msec 36 msec
 2 192.168.23.1 364 msec 632 msec 1024 msec

```

ESPCT#trace 192.168.254.1

```

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.254.1
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 192.168.23.2 [MPLS: Label 19 Exp 0] 144 msec 348 msec 48 msec
 2 192.168.11.1 736 msec 500 msec 1316 msec

```

²¹LFIB Label Forwarding Information Base (Base de Información de Re envío de Etiquetas), es la base de información donde se relacionan las etiquetas con los destinos y la interface de salida del enrutador, dando la instrucción al enrutador si debe asignar o eliminar la etiqueta.

Anexo [4]. Configuración red MPLS con Calidad de Servicio

Mapa de Clases

```
BGUIO#conf t
BGUIO(config)#class-map match-all VOIP
BGUIO(config-cmap)# match ip precedence 5
BGUIO(config-cmap)# match protocol rtp
BGUIO(config-cmap)# exit
BGUIO(config)#class-map match-all MCritica
BGUIO(config-cmap)# match ip precedence 4
BGUIO(config-cmap)# match protocol http
BGUIO(config-cmap)# exit
BGUIO(config)#class-map match-all Senal
BGUIO(config-cmap)# match ip precedence 3
BGUIO(config-cmap)# match protocol sip
BGUIO(config-cmap)# exit
```

```
BGCOCA#conf t
BGCOCA(config)#class-map match-all VOIP
BGCOCA(config-cmap)# match ip precedence 5
BGCOCA(config-cmap)# match protocol rtp
BGCOCA(config-cmap)# exit
BGCOCA(config)#class-map match-all MCritica
BGCOCA(config-cmap)# match ip precedence 4
BGCOCA(config-cmap)# match protocol http
BGCOCA(config-cmap)# exit
BGCOCA(config)#class-map match-all Senal
BGCOCA(config-cmap)# match ip precedence 3
BGCOCA(config-cmap)# match protocol sip
BGCOCA(config-cmap)# exit
```

```
ESPCT#conf t
ESPCT(config)#class-map match-all VOIP
ESPCT(config-cmap)# match ip precedence 5
ESPCT(config-cmap)# match protocol rtp
ESPCT(config-cmap)# exit
ESPCT(config)#class-map match-all MCritica
ESPCT(config-cmap)# match ip precedence 4
ESPCT(config-cmap)# match protocol http
ESPCT(config-cmap)# exit
ESPCT(config)#class-map match-all Senal
ESPCT(config-cmap)# match ip precedence 3
ESPCT(config-cmap)# match protocol sip
ESPCT(config-cmap)# exit
```

Mapa de Políticas

Política de entrada

```
BGUIO#conf t
BGUIO(config)#policy-map POLITICA_IN
BGUIO(config-pmap)# class VOIP
BGUIO(config-pmap)# exit
BGUIO(config-pmap)# class MCritica
BGUIO(config-pmap)# exit
BGUIO(config-pmap)# class Senal
BGUIO(config-pmap)# exit
```

```
BGCOCA#conf t
BGCOCA (config) #policy-map POLITICA_IN
BGCOCA (config-pmap) # class VOIP
BGCOCA (config-pmap) # exit
BGCOCA (config-pmap) # class MCritica
BGCOCA (config-pmap) # exit
BGCOCA (config-pmap) # class Senal
BGCOCA (config-pmap) # exit
```

```
ESPCT#conf t
ESPCT (config) #policy-map POLITICA_IN
ESPCT (config-pmap) # class VOIP
ESPCT (config-pmap) # exit
ESPCT (config-pmap) # class MCritica
ESPCT (config-pmap) # exit
ESPCT (config-pmap) # class Senal
ESPCT (config-pmap) # exit
```

Política de salida

El comando “policy-map” es usado para crear la política de salida. El comando “bandwidth percent” es usado para especificar el porcentaje del ancho de banda asignado a la clase.

```
BGUIO#conf t
BGUIO (config) #policy-map POLITICA_OUT
BGUIO (config-pmap) # class VOIP
BGUIO (config-pmap) # bandwidth percent 35
BGUIO (config-pmap) # exit
BGUIO (config-pmap) # class MCritica
BGUIO (config-pmap) # bandwidth percent 31
BGUIO (config-pmap) # exit
BGUIO (config-pmap) # class Senal
BGUIO (config-pmap) # bandwidth percent 9
BGUIO (config-pmap) # exit
```

```
BGCOCA#conf t
BGCOCA (config) #policy-map POLITICA_OUT
BGCOCA (config-pmap) # class VOIP
BGCOCA (config-pmap) # bandwidth percent 35
BGCOCA (config-pmap) # exit
BGCOCA (config-pmap) # class MCritica
BGCOCA (config-pmap) # bandwidth percent 31
BGCOCA (config-pmap) # exit
BGCOCA (config-pmap) # class Senal
BGCOCA (config-pmap) # bandwidth percent 9
BGCOCA (config-pmap) # exit
```

```
ESPCT#conf t
ESPCT (config) #policy-map POLITICA_OUT
ESPCT (config-pmap) # class VOIP
ESPCT (config-pmap) # bandwidth percent 35
ESPCT (config-pmap) # exit
ESPCT (config-pmap) # class MCritica
```

```
ESPCT(config-pmap)# bandwidth percent 31
ESPCT(config-pmap)# exit
ESPCT(config-pmap)# class Senal
ESPCT(config-pmap)# bandwidth percent 9
ESPCT(config-pmap)# exit
```

Política de Servicio

El comando “service-policy input” es usado para aplicar la política de servicio en la interfaz de entrada del ruteador.

```
BGUIO#conf t
BGUIO(config)#int FastEthernet 1/0
BGUIO(config-if)# service-policy input POLITICA_IN
```

```
BGCOCA#conf t
BGCOCA(config)#int FastEthernet 0/1
BGCOCA(config-if)# service-policy input POLITICA_IN
```

```
ESPCT#conf t
ESPCT(config)#int FastEthernet 1/0
ESPCT(config-if)# service-policy input POLITICA_IN
```

El comando “service-policy output” es usado para aplicar la política de servicio en la interfaz de salida del enrutador, adicional se especifica el valor total del ancho de banda que usan las clases.

```
BGUIO#conf t
BGUIO(config)#int FastEthernet 0/0
BGUIO(config-if)# bandwidth 1024
BGUIO(config-if)# service-policy output POLITICA_OUT
BGUIO(config-if)# exit
```

```
BGUIO(config)#int FastEthernet 0/1
BGUIO(config-if)# bandwidth 1024
BGUIO(config-if)# service-policy output POLITICA_OUT
BGUIO(config-if)# exit
```

```
BGCOCA#conf t
BGCOCA(config)#int FastEthernet 0/0
BGCOCA(config-if)# bandwidth 1024
BGCOCA(config-if)# service-policy output POLITICA_OUT
BGCOCA(config-if)# exit
```

```
ESPCT#conf t
ESPCT(config)#int FastEthernet 0/1
ESPCT(config-if)# bandwidth 1024
ESPCT(config-if)# service-policy output POLITICA_OUT
ESPCT(config-if)# exit
```

Anexo [5]. Pruebas y afinamiento MPLS con Calidad de Servicio

Las acciones a realizar para las pruebas son:

- Verificar la creación de mapa de clases
- Verificar la creación de mapa de políticas

Verificar la creación de mapa de clases: El comando “sh class-map” es usado para visualizar las clases de tráfico creadas en los ruteadores, la prioridad y el protocolo.

```
BGUIO#sh class-map
Class Map match-all VOIP (id 1)
  Match ip precedence 5
  Match protocol rtp

Class Map match-all MCritica (id 2)
  Match ip precedence 4
  Match protocol http

Class Map match-any class-default (id 0)
  Match any

Class Map match-all Senal (id 3)
  Match ip precedence 3
  Match protocol sip
```

```
BGCOCA#sh class-map
Class Map match-all VOIP (id 1)
  Match ip precedence 5
  Match protocol rtp

Class Map match-all MCritica (id 2)
  Match ip precedence 4
  Match protocol http

Class Map match-any class-default (id 0)
  Match any

Class Map match-all Senal (id 3)
  Match ip precedence 3
  Match protocol sip
```

```
ESPCT#sh class-map
Class Map match-all VOIP (id 1)
  Match ip precedence 5
  Match protocol rtp

Class Map match-all MCritica (id 2)
  Match ip precedence 4
  Match protocol http

Class Map match-any class-default (id 0)
  Match any

Class Map match-all Senal (id 3)
  Match ip precedence 3
  Match protocol sip
```

Verificar la creación de mapa de Políticas: El comando “sh policy-map” es usado para mostrar la política de entrada configurada en los enrutadores y las clases que la conforman. Así también muestra la política de salida, con el porcentaje de ancho de banda asignado a cada clase, que se aplica en la interface de salida.

```
BGUIO#sh policy-map
```

```
Policy Map POLITICA_OUT
  Class VOIP
    Bandwidth 35 (%) Max Threshold 64 (packets)
  Class MCritica
    Bandwidth 31 (%) Max Threshold 64 (packets)
  Class Senal
    Bandwidth 9 (%) Max Threshold 64 (packets)
```

```
Policy Map POLITICA_IN
  Class VOIP
  Class MCritica
  Class Senal
```

BGCOCA#sh policy-map

```
Policy Map POLITICA_OUT
  Class VOIP
    Bandwidth 35 (%) Max Threshold 64 (packets)
  Class MCritica
    Bandwidth 31 (%) Max Threshold 64 (packets)
  Class Senal
    Bandwidth 9 (%) Max Threshold 64 (packets)
```

```
Policy Map POLITICA_IN
  Class VOIP
  Class MCritica
  Class Senal
```

ESPCT#sh policy-map

```
Policy Map POLITICA_OUT
  Class VOIP
    Bandwidth 35 (%) Max Threshold 64 (packets)
  Class MCritica
    Bandwidth 31 (%) Max Threshold 64 (packets)
  Class Senal
    Bandwidth 8 (%) Max Threshold 64 (packets)
```

```
Policy Map POLITICA_IN
  Class VOIP
  Class MCritica
  Class Senal
```