

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED SERVICIOS CON MPLS**

Wendy Marin Valencia

Programa Académico:  
Ingeniería en Telecomunicaciones

Pedro Enrique Guerrero

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Septiembre 2016**

## RESUMEN

---

La integración de tecnologías y la convergencia hacen que múltiples servicios (Datos, internet, telefonía y otros) se presten sobre la misma infraestructura de red. Sumado a esto la gran mayoría de los servicios han evolucionado hacia el formato digital (Telefonía IP, video digital, datos e internet) incrementando los requerimientos de las redes.

Este proyecto tiene como propósito diseñar e implementar una red que soporten los servicios de la red OTM tales como internet, datos y Voz. En este diseño se implementaron Vlans para la segmentación de los servicios; la distribución del tráfico se realiza por medio de etiquetas ya que se configuró una red Backbone basado en el protocolo de red MPLS y el enrutamiento lo maneja de manera dinámica por medio del protocolo OSPF.

Como medidas de seguridad de ingreso, se configuro en los Router de borde para que el acceso se realice el protocolo SSH y winbox.

*Palabras clave:* MPLS, Vlan, OSPF, SSH

## RECONOCIMIENTOS

---

Le doy gracias a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad. A mi madre por el apoyo constante y al ingeniero Pedro Guerrero por su acompañamiento en la realización de este trabajo.

## ACRÓNIMOS

---

*FEC* Forwarding Equivalence Class

*LDP* o *TDP* Label o Tag Distribution Protocol

*LIB* Label Information Base

*LSP* Label Switched Path

*LSR* Label Switching Router

*OSPF* Open Shortest Path First

*QoS* Calidad de Servicio

*RSVP* Protocolo de reserva de recursos

*SSH* Secure Shell

*TIB* Tag Information Base

*VLAN* red de área local virtual

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	
2. MARCO TEÓRICO .....	
3. METODOLOGÍA.....	
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	
REFERENCIAS .....	¡Error! Marcador no definido.
APÉNDICE .....	¡Error! Marcador no definido.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

En la sede fraternidad de la universidad ITM se tiene una red institucional gestionada por los estudiantes de telecomunicaciones llamada OTM, esta cuenta con 5 aulas, N101, N102, N601, K105 y bloque O.

Las aulas N101, N601 y bloque O tienen 3 Router Mikrotik modelo CCR1009-8G-1S-1S los cuales canalizan el tráfico de cada Lan. Los 8 puertos de cada Router existente están configurados dentro de un bridge lógico que une cada host bajo el direccionamiento IP 192.168.100.0/24.

Este direccionamiento es utilizado para administración y gestión de cada dispositivo de la red, también es utilizado para los servicios ofrecidos tales como Voz, internet, DNS, web, ftp, etc.

A nivel físico se encuentran falencias tales como falta de una apropiada identificación en los puertos Ethernet de los equipos lo cual genera desorden y confusión a la hora de gestionarlos.

En la red OTM no se cuenta con la adecuada gestión de los dispositivos ya que no se tienen segmentaciones de red para separar los diferentes servicios que se ofrecen en ella.

En las aulas N105 y N102 no se cuentan con Router, allí solo se tienen switches que sirven de acceso a los host y APs de cada aula.

El cableado del aula N601 se encuentra desorganizado y no está certificado según las normas vigentes de cableado estructurado tales como ANSI/EIA/TIA-568-A.

Se anexa el diagrama de conexión de que como se encuentra la red al iniciar este trabajo de grado:

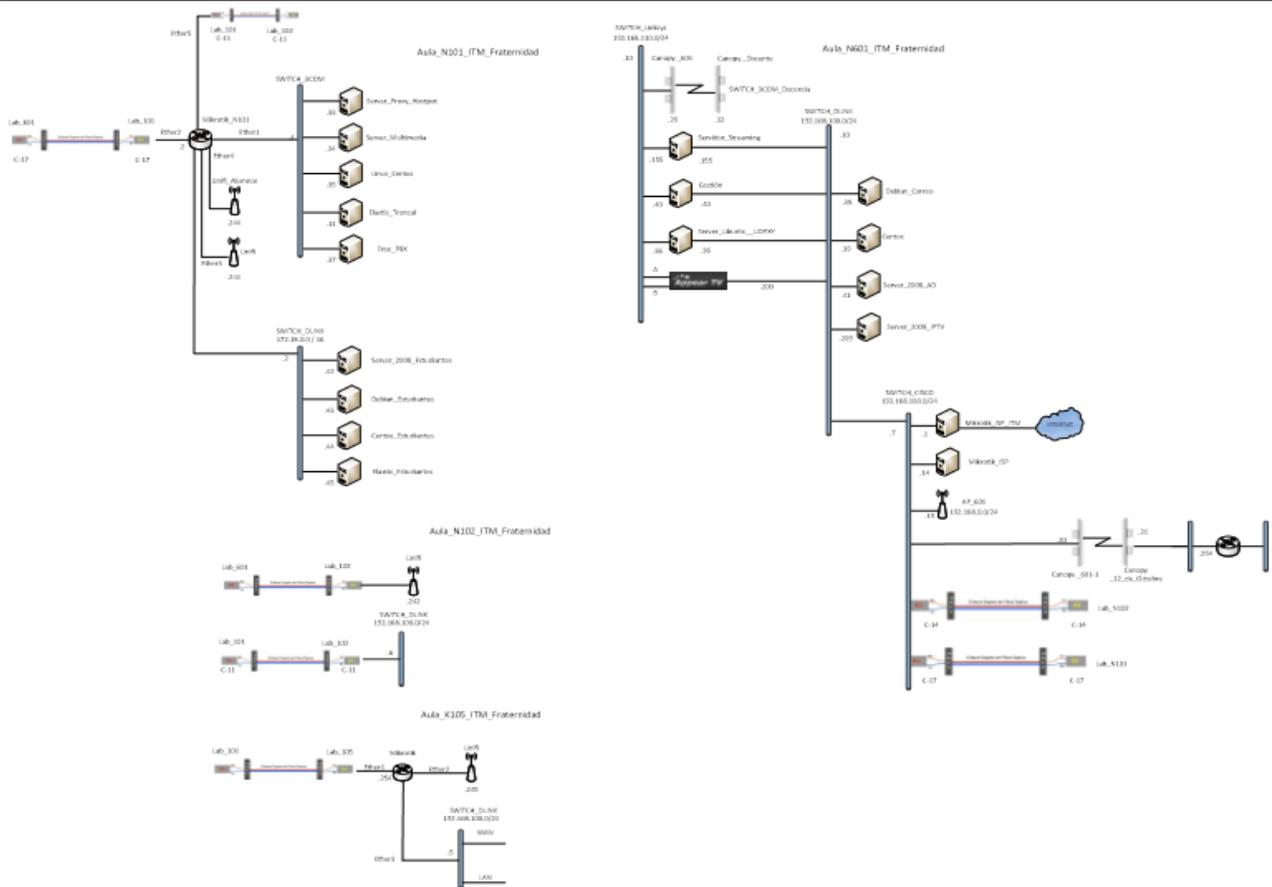


Figura 5. Diagrama inicial de la red OTM

## 1.1. Objetivo

Diseñar e implementar una red MPLS segmentada de conectividad que cubra los servicios de voz, datos e internet en los equipos de la red OTM.

## 1.2. Objetivos Específicos

- Rediseñar la red OTM para ofrecer los servicios de internet, datos y voz basados en el estándar 802.1Q de la IEEE.
- Implementar una red MPLS que permita ofrecer calidad de servicio a las aplicaciones y servicios operativos en esta red.
- Generar guías didácticas para los estudiantes de la institución las cuáles indiquen el paso a paso para la configuración de una red segmentada que utiliza el protocolo MPLS.

## 2. MARCO TEÓRICO

---

Inicialmente en el desarrollo de este trabajo se realiza la asignación y configuración de la red de servicios segmentada por Vlans siguiendo el estándar 802.1Q de la IEEE.. Este estándar cuenta con una estructura de trama que tiene el campo vlan ID el cual permite generar etiquetas diferenciando el tráfico y optimizando el ancho de banda disponible.

Inicio como un proyecto del grupo de trabajo 802 de la IEEE para desarrollar un mecanismo que permita a múltiples redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas.

En este trabajo se implementó Vlans para segmentar los servicios tales como Internet, Voz y datos.

### 2.1 Fundamentación Teórica

El enfoque principal de este trabajo es implementar una red MPLS basados en el estándar creado por IETF y definido en el RFC 3031 donde se indica: “Como un paquete de un protocolo de capa de red sin conexión viaja de un enrutador al siguiente, cada enrutador toma una decisión de reenvío independiente para ese paquete. Es decir, cada enrutador analiza la cabecera del paquete, y cada router ejecuta un algoritmo de red de capa de enrutamiento.” (RFC 3031, s. f.)

Para entender mejor que es el protocolo MPLS y sus ventajas, se debe realizar una introducción de lo que son los protocolos de routing y switching.

El protocolo de routing se encarga de determinar la mejor ruta para enviar un paquete a su destino. Es el primer protocolo definido y utilizado para trabajar a nivel de internet. Tiene desventajas tales como:

- Es un protocolo no orientado a la conexión lo que significa que no se puede aplicar temas de QoS (calidad de servicio).

- Cada router debe tomar decisiones independientes basadas en las direcciones IP ya sea que se aplique configuraciones de enrutamiento estático o enrutamiento dinámico con protocolos como OSPF, RIP o BGP.
- El encabezado IP es grande al menos de 20 bytes.
- El ruteo a nivel de capa 3 es más lento comparado al de Switching (la conmutación es mucho más rápida que el enrutamiento). Usualmente está diseñado para obtener el camino más corto.

Los protocolos de Switching son basados en métodos de comunicación que agrupan todos los datos transmitidos en bloques de tamaño adecuado (sin importar su contenido, tipo o estructura). Cada bloque se transmite a través de la red de forma independiente (se puede transmitir un paquete sin depender del anterior para transmitir el siguiente paquete) es por lo anterior que la red es capaz de asignar los recursos de transmisión necesarios, así de esta manera optimizar la utilización de la capacidad de enlace y la robustez de la comunicación.

Ahora bien, MPLS es un protocolo que se creó posterior al modelo OSI, es por ello que no tiene una ubicación fija en dicho modelo, sin embargo se indica que MPLS trabaja en las capas 2 y 3 del modelo OSI.



Tabla 1. Descripción de la Ubicación de MPLS en el modelo OSI. MPLS trabaja en la capa 2.5 porque la etiqueta MPLS que agrega el protocolo que es de 32bit la cabecera e agrega en una parte de la capa 2 y la capa 3.

Según el énfasis que se tenga a la hora de explicar sus características y utilidad, MPLS se puede presentar como un sustituto de la conocida arquitectura IP sobre ATM, también como un protocolo para hacer túneles (sustituyendo a las técnicas habituales de “tunneling”), o bien, como una técnica para acelerar el encaminamiento de paquetes.

Es importante resaltar en este trabajo que MPLS fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico tales como Voz y paquetes IP. En resumen, MPLS toma las ventajas de los protocolos de routing y los protocolos de Switching y las une para formar MPLS.

#### Características de MPLS:

- Mecanismo para manejar el flujo de tráfico de tamaños variados.

- Es independiente de protocolos de capa 2 y 3.
- Mapea direcciones IP a rótulos de longitud fija (etiquetas).
- Interconecta protocolos existentes (RSVP y OSPF).
- Soporta ATM, Frame relay y ethernet.

## 2.2 ¿Cómo Funciona MPLS?

Un esquema básico o el proceso que se realiza en una red MPLS es el siguiente:

Inicialmente se cuenta con 2 router, uno ubicado al inicio y otro al final de la red MPLS los cuales son los encargados de colocar y retirar las etiquetas a los paquetes; los router ubicados en medio se encargan de realizar la conmutación en la red MPLS. En el siguiente gráfico se puede observar lo explicado anteriormente:

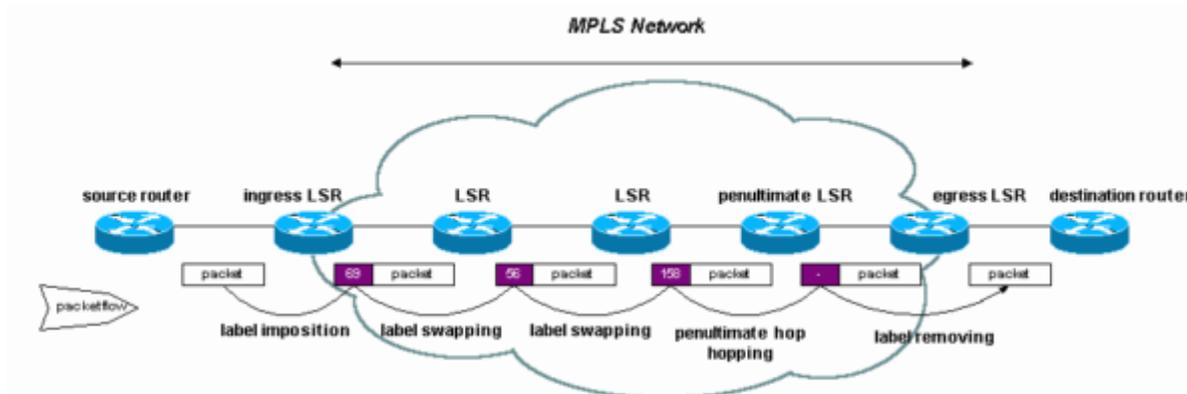


Gráfico 3. Distribución de Paquetes de la Red MPLS. El paquete IP llega al primer router “Ingress LSR” y este es el encargado de colocar la etiqueta; el paquete llega al siguiente router “LSR” el cual coloca la segunda etiqueta para la distribución a la red MPLS. El router final es el encargado de eliminar la etiqueta y entregar el paquete al siguiente router (el router que ya no trabaja bajo protocolo MPLS). Fuente: [<http://www.cisco.com/>].

La finalidad de colocar una etiqueta sobre otra es aplicar QoS, uno de los fuertes de la red MPLS. Para entender mejor el gráfico 3, se procede a explicar el significado de cada equipo y su utilidad en la red:

**LER (Router Etiqueta de Borde):** Nodo MPLS de borde que maneja el tráfico que ingresa o sale de una red MPLS.

**LSR (Router conmutación de etiqueta):** Nodo dentro de la red MPLS capaz de conmutar y enrutar paquetes analizando la etiqueta adicionada a cada paquete.

**LSP (conmutación de rutas etiquetas):** Trayecto definido con QoS entre dos puntos extremos dentro de la red MPLS.

**FEC (clase de equivalencia de reenvío):** nombre que se le da al grupo de paquetes IP que son enviados en el mismo trayecto y con el mismo tratamiento.

### 2.3 Arquitectura de una Red MPLS

Basándonos en el estándar de la IEEE, una arquitectura MPLS cuenta con una trama que posee 32 bits de longitud, distribuidos en cuatro campos, cada uno con una función específica.

bit:	20	3	1	8
	<b>Valor de la etiqueta</b>			
		<b>EXP</b>	<b>S</b>	<b>TTL</b>
	TTL= time to live			
	S = bit de posición en la pila			
	EXP= experimental			

Gráfico 4. Formato de etiqueta de la Red MPLS. Una etiqueta MPLS esta conformada por 32 bits, divididos como se muestra en el gráfico 4. Fuente. [<http://www.cisco.com/>].

**Campo Label o Etiqueta:** En base a este campo, los LSR pueden efectuar la conmutación. Esta etiqueta es asignada por el Ingress LER según parámetros descritos en el LSA. Como se indicó antes, los LSP son los que cambian la etiqueta a lo largo de su recorrido para poder formar un túnel LSP y la última etiqueta es extraída por el Egress LER.

**Campo Experimental EXP:** Campo para uso experimental, pero actualmente se utiliza para transmitir información DiffServ por la creciente demanda de prioridades en el protocolo IP con lo que se tendrían ocho niveles de prioridad incluyendo el esquema de Best Effort.

**Campo Stacking:** Gracias a este campo, se tienen jerarquías de etiquetas. MPLS tiene la capacidad de etiquetar tráfico MPLS de una red vecina con lo que se forma una pila o stack. Toma el valor 1 para la primera entrada en la pila, y cero para el resto.

**Campo TTL Time to Live:** Al igual que en el protocolo IP, este campo sirve como un contador del número de saltos para poder evitar la creación de bucles o loops que se puedan generar en el envío de los paquetes etiquetados. Este campo reemplaza al TTL de la cabecera IP durante el viaje

del datagrama por la red MPLS y es disminuido en una unidad por cada nodo por el que pasa; si llegase a cero en algún LSP, será descartado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 3. METODOLOGÍA

---

Para la elaboración de este proyecto se usó como referencia la metodología Top-Down teniendo en cuenta las ventajas que brinda para el soporte de redes. En el diseño e implementación de esta red fue necesario realizar un levantamiento y a partir de este diseñar e implementar una red MPLS que soporte los servicios ofrecidos tales internet, datos y voz. Esta metodología a nivel general ayuda al mantenimiento de la red ya que al presentarse un daño no sería necesario cambiar todo el diseño, la falla se hace identificable, solo es necesario cambiar el equipo o configuración afectado:

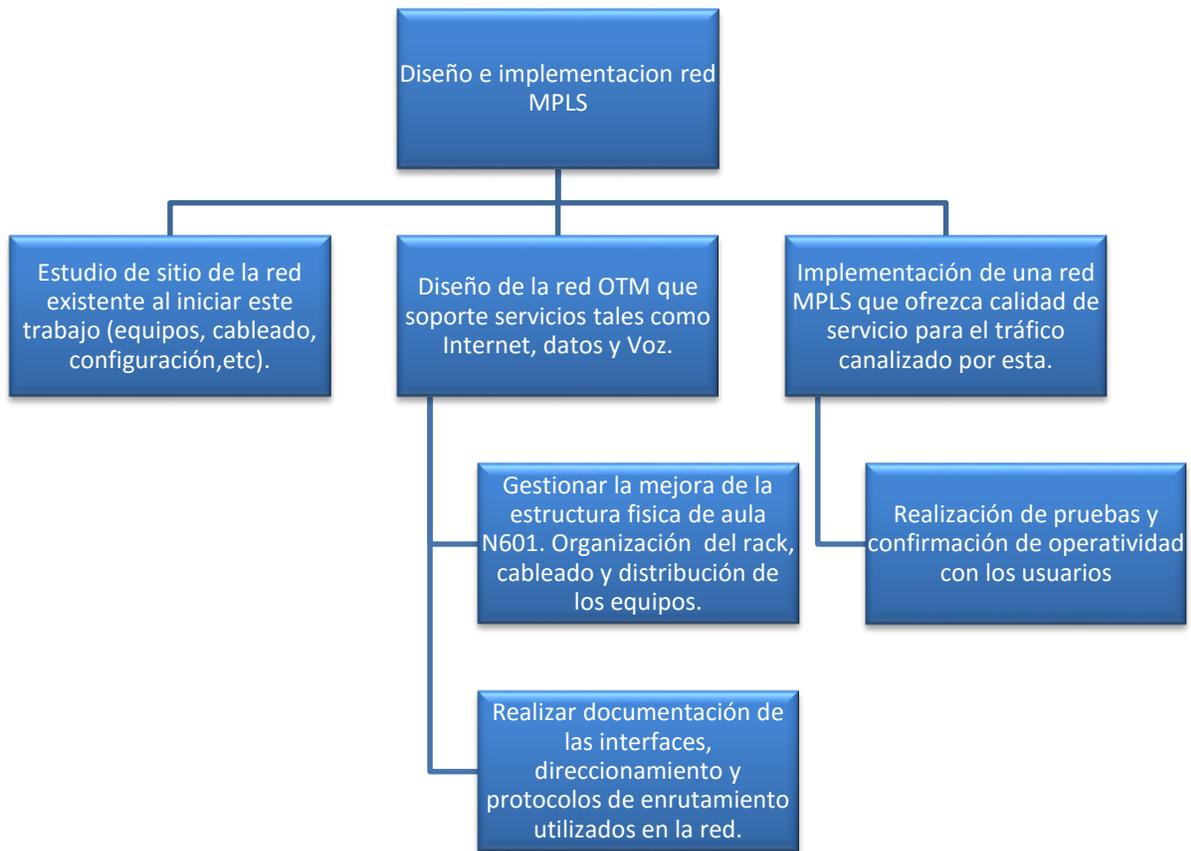


Figura 6. Metodología de Diseño Top-Down utilizada en la realización de este trabajo.

En el resultado de este trabajo se puede evidenciar esta metodología.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Al iniciar este trabajo de grado se realizó un estudio de sitio con el fin de identificar los componentes, falencias y necesidades que sería solventada con la res a diseñar. Se encuentra el aula N601, donde está ubicado los bordes Backbone que componen la red MPLS con fallas en la organización y cableado de datos. Este no se encuentra debidamente marquillado y no cuenta con conectores adecuados para brindar una calidad de servicios. Los equipos Switches y router no cuentan con descripción que ayude a la debida identificación de los servicios.

Se anexan las fotos de cómo se encuentra a nivel físico los equipos y cableado del aula N601:

**Fotos de estructura N601 Inicialmente**

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>
---------------	--------------------

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

	<p>En el aula N601 el cableado que conecta los servidores están de manera desordenada y no cuentan con marquillado.</p>
<p>Figura 1. Cableado del rack 1 en aula N601</p>	

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

		<p>El cableado del rack donde está ubicado el equipo de Backbone y el switch de acceso de los servidores se encuentra desorganizado y sin marquillaje.</p>
<p>Figura 2. Cableado de la parte de atrás rack 2 en el aula N602</p>		

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 3. Cableado de la parte frontal del rack 2 en el aula N602



Figura 4. Cableado del rack 2 en el aula N602

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

--	--

Para este trabajo de grado se diseñó e implemento una red MPLS que soporta los servicios de internet, datos y voz.

Inicialmente se instalan en las aulas N102 y N105 Router Mikrotik modelo 450G y R532 que funcionan como encaminado de paquetes para los host que utilicen la red en estos puntos. Es importante aclarar que estos router fueron donados por el estudiante que desarrollo este trabajo.

Luego se asignan Vlans que canalizaran cada servicio:

- Vlan 15 Internet
- Vlan 16 datos
- Vlan 18 Voz

Estas Vlans se canalizan por todos los equipos que componen la red OTM, desde el Router N601 hasta los Router N102, N101, N105 y bloque O.

Se asigna direccionamiento que será utilizado tanto a nivel Lan como a nivel Wan para cada servicio. Para la conexión Wan desde los Router de Backbone MPLS hasta los Router de core de cada aula se asigna direccionamiento IP mascara 30, esto con el fin de optimizar recursos.

Se anexa el diagrama de solución de las VRF para cada servicio con las respectivas Vlans y Wan asignadas:

### Diagrama General de conexión de Red

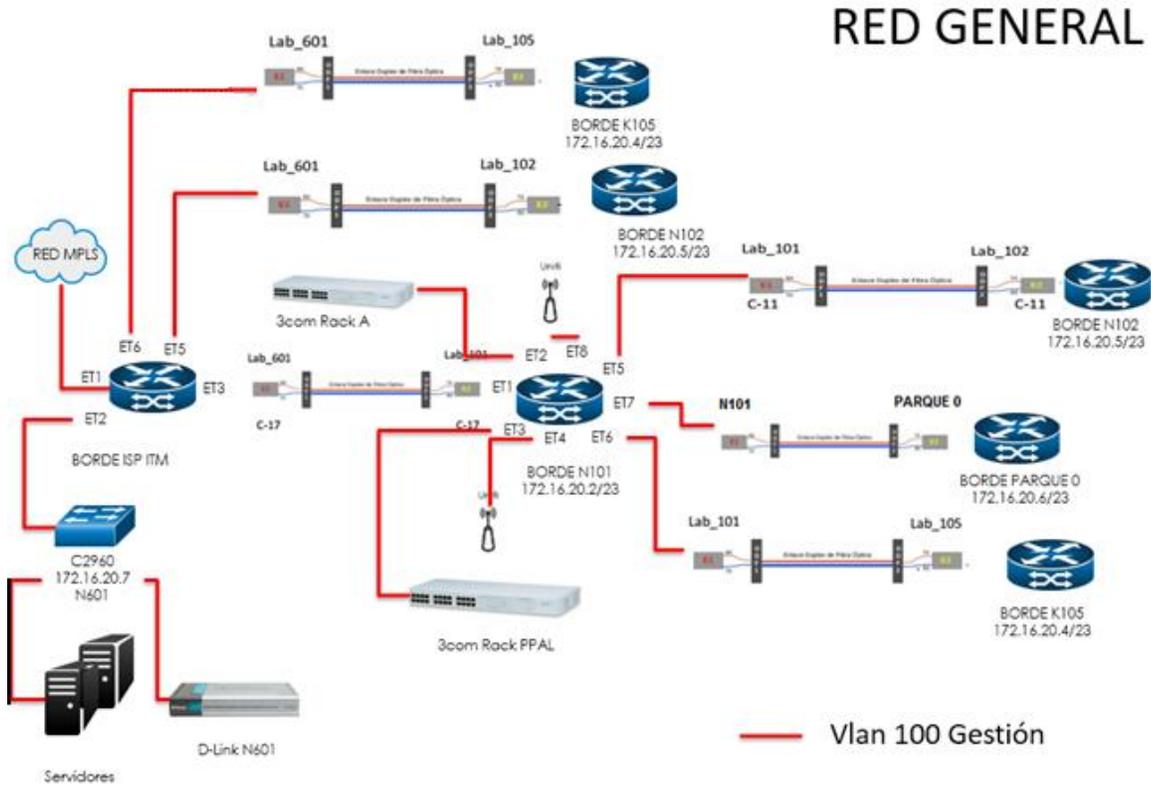


Figura 6. Diagrama general red OTM. Este es el diagrama de red de cómo se encuentra la red OTM al iniciar el desarrollo de este trabajo.

### Red MPLS

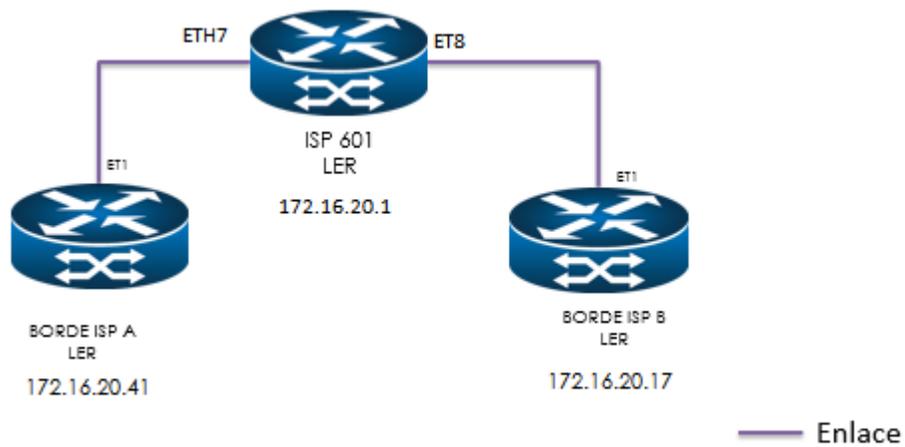


Figura 7. Diagrama de solución de los equipos que componen la red MPLS. La red MPLS implementada está compuesta por 3 router Mikrotik. Estos equipos son los encargados de asignar, distribuir y conmutar las etiquetas.

## Servicio de Internet

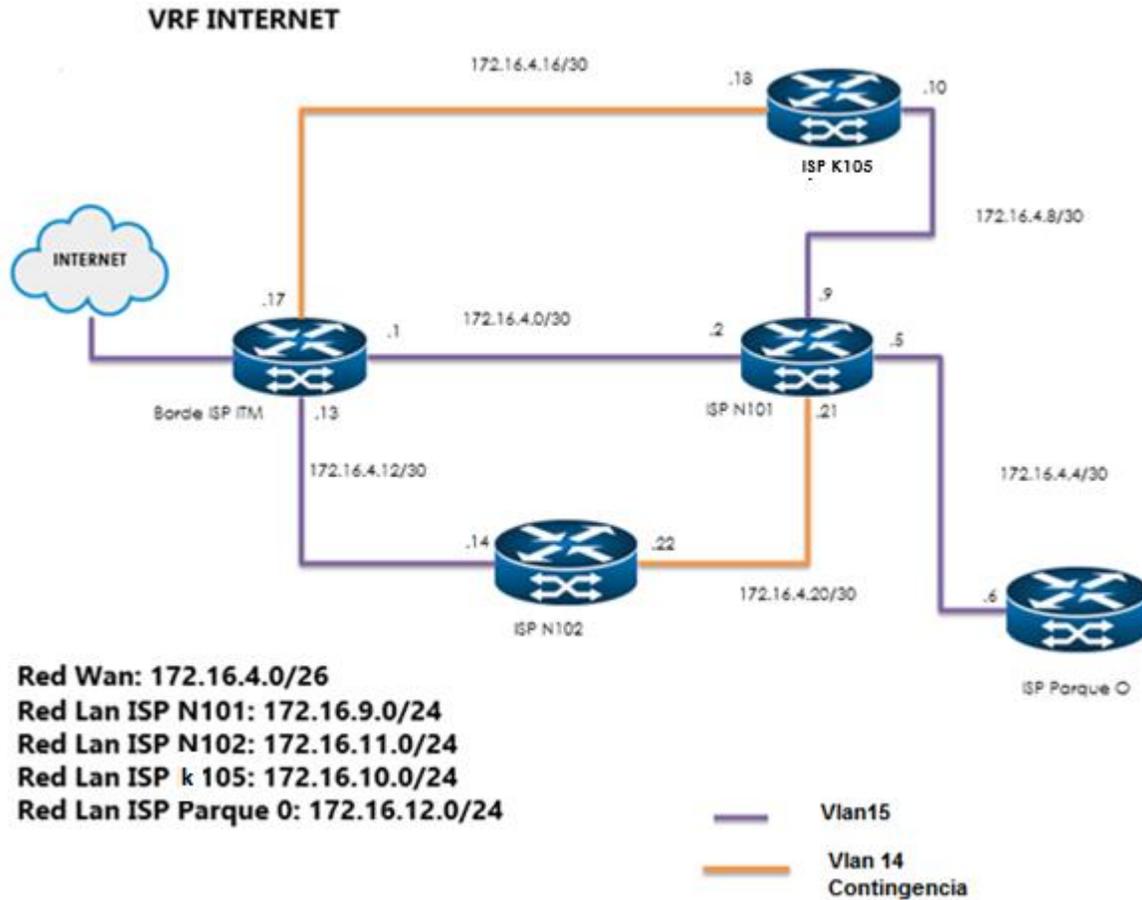


Figura 8. Diagrama de solución del servicio de internet

## Servicio de Datos

**VRF DATOS**

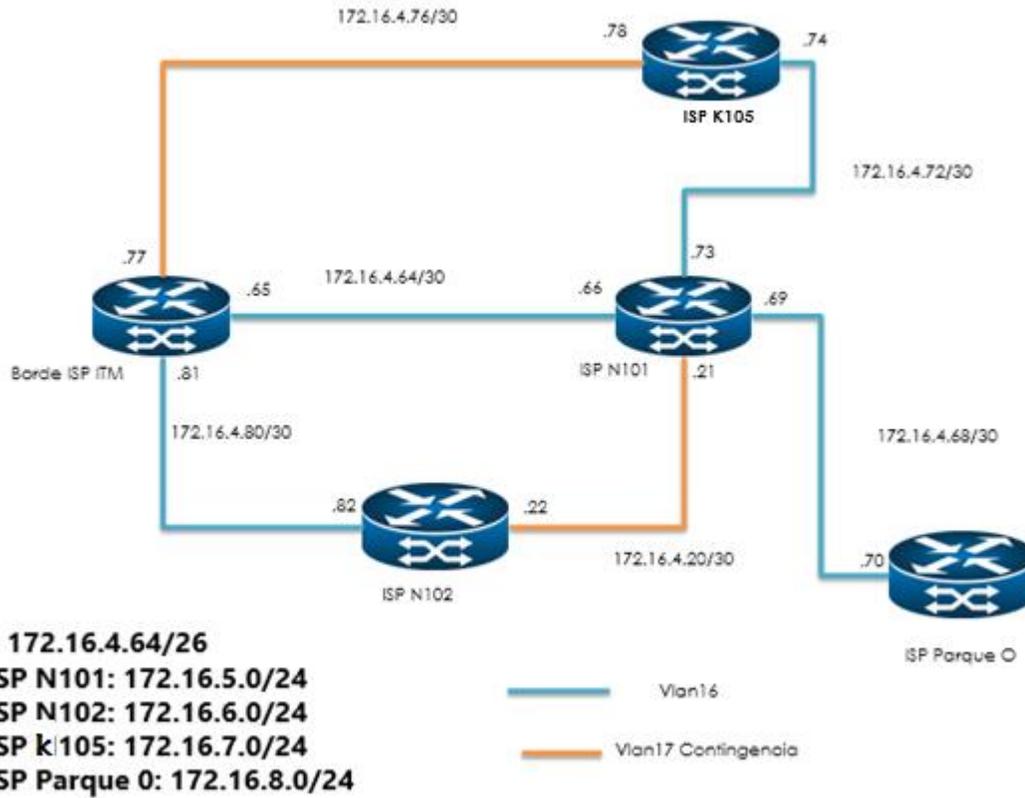


Figura 9. Diagrama de solución del servicio de datos

**Servicio Voz**

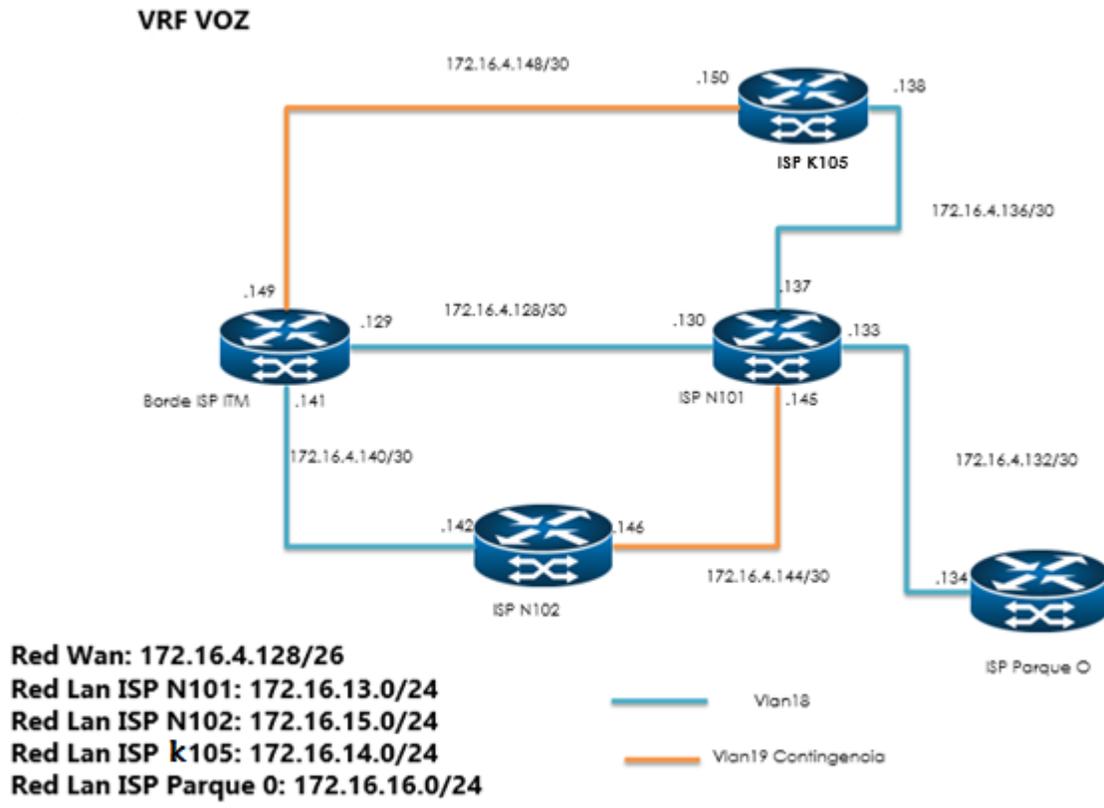


Figura 10. Diagrama de solución del servicio de Voz

Para el enrutamiento de cada Lan y Wan asignados a cada servicio (internet, datos y Voz), se configura el protocolo OSPF. Se adjunta el diseño para esta solución:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## Diseño del OSPF para Red Backbone



# Red Backbone OSPF Interno

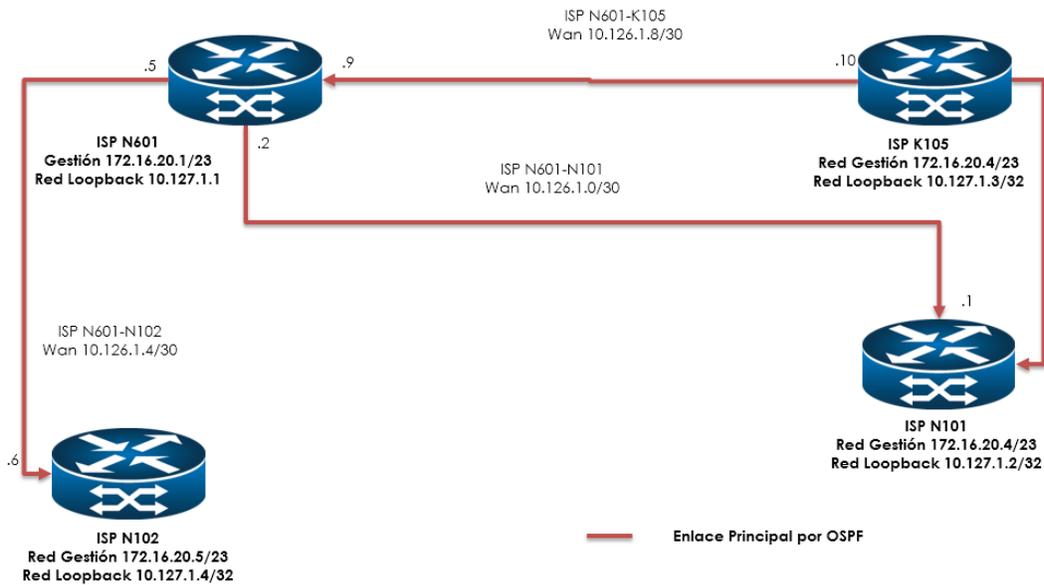


Figura 11. Diseño del OSPF para Red Backbone. En la imagen se observan los recursos y el diseño que se utilizó para la que se anuncie de manera automática las redes Lan y Wan de cada servicio.

### 4.1 Adecuación de la red a nivel de capa 1 (Según el modelo OSI)

Se realiza el diseño y acompañamiento en la adecuación del cableado y reubicación de los equipos Mikrotik C1009-8G y Cisco de acceso C2960 en el aula N601. Inicialmente se realiza la reubicación de los equipos al rack de pared:

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 11. Rack 1 del aula N601

## 4.2 Configuración de la red Backbone

✓ Después de adecuar físicamente los equipos que compondrán la red Backbone, se realiza la configuración de las Vlans para cada uno de los servicios en cada tramo de los Router ISP:

### Comando consola:

```
[wendy@BORDE ISP ITM] > interface vlan add name=Vlan15_Internet_ether3 vlan-id=15 interface=ether3
```

Figura 12. Configuración de la Vlan en Mikrotik. En el modo consola de un router Mikrotik se agrega la Vlan con los comandos indicados en la figura 12.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Por Winbox:** Se ingresa en interface Vlan y se agrega

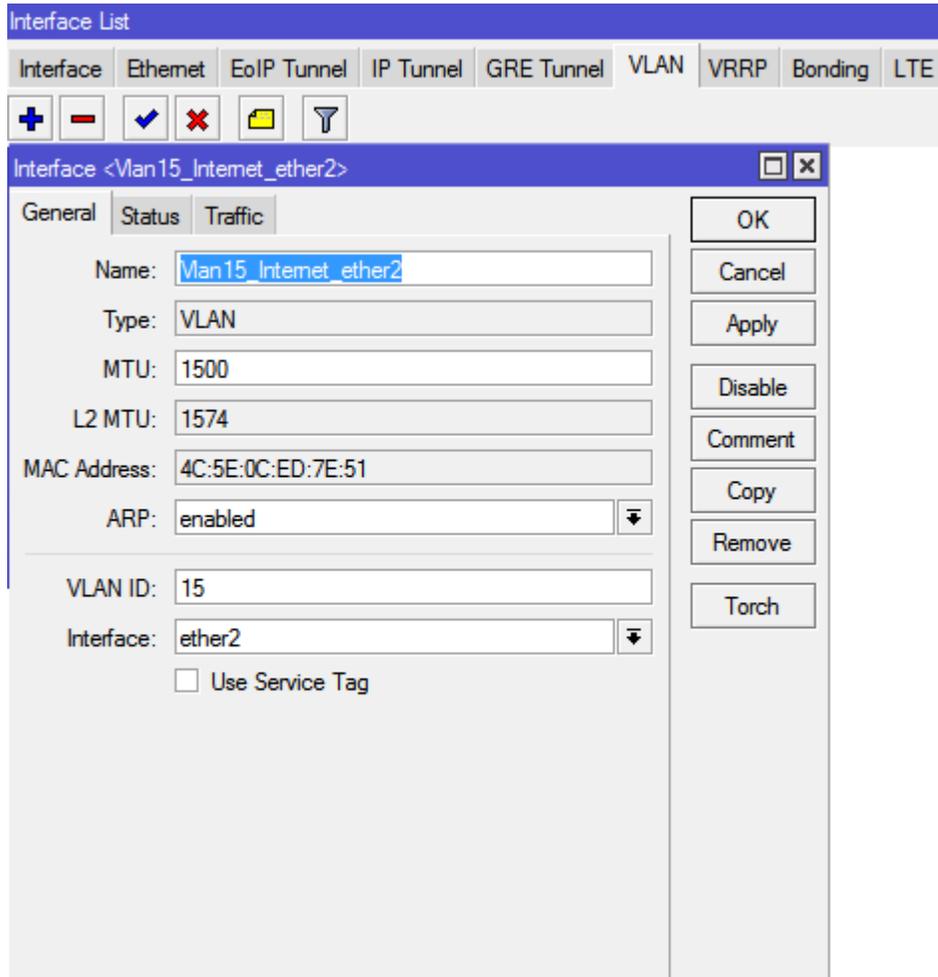
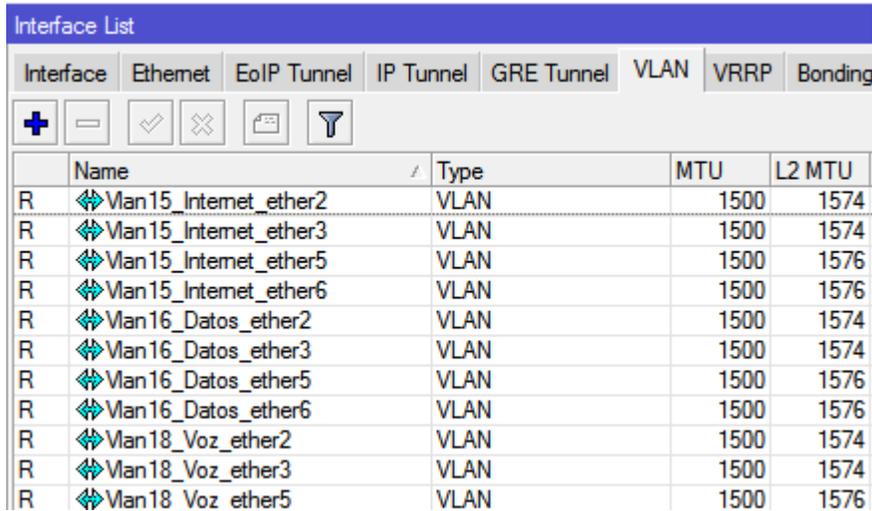


Figura 12. Configuración de la Vlan en Mikrotik. En la interfaz gráfica del router Mikrotik se ingresa en interfaz, en la opción Vlan se da clic en el símbolo más para agregar una Vlan. Es este diseño solo es relevante los ítem de nombre, Vlan ID e interfaz en donde va a quedar asignada la Vlan.

### Vlans Creadas



Interface	Ethernet	EoIP Tunnel	IP Tunnel	GRE Tunnel	VLAN	VRRP	Bonding
R	Vlan15_Internet_ether2				VLAN		
R	Vlan15_Internet_ether3				VLAN		
R	Vlan15_Internet_ether5				VLAN		
R	Vlan15_Internet_ether6				VLAN		
R	Vlan16_Datos_ether2				VLAN		
R	Vlan16_Datos_ether3				VLAN		
R	Vlan16_Datos_ether5				VLAN		
R	Vlan16_Datos_ether6				VLAN		
R	Vlan18_Voz_ether2				VLAN		
R	Vlan18_Voz_ether3				VLAN		
R	Vlan18_Voz_ether5				VLAN		

Figura 13. Vlans configuradas en Mikrotik. En esta imagen se observan algunas de las Vlans que han sido creadas en esta red.

- ✓ Posteriormente agregamos el direccionamiento IP WAN a cada interface Vlan:

#### Comando consola:

```
[wendy@BORDE ISP ITM] > ip address add address=172.16.4.1/30 interface=Vlan15_Internet_ether1
```

Figura 14. Configuración por consola de Ip en Mikrotik

**Por Winbox:** Se ingresa en Ip- address y se agrega

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

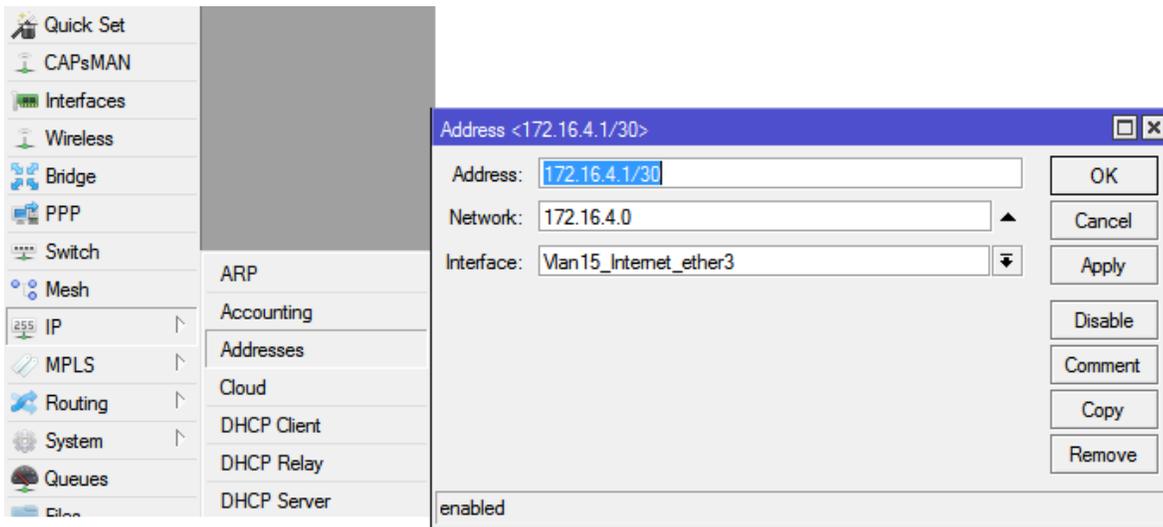


Figura 15. Configuración por winbox de las IPs en Mikrotik. En esta imagen se observa cómo se agrega el direccionamiento IP a una interfaz, en este caso la interfaz designada es la Vlan. Es este diseño solo es relevante los ítem de address e interfaz.

- ✓ Se crea la interfaz de loopback que se utiliza como el Router id del protocolo OSPF y como Router id del transporte MPLS. Se recomienda siempre configurar estos protocolos sobre interfaces virtuales:

**Por consola:**

```
[wendy@BORDE ISP ITM] > inter bridge add name=Loopback
```

Figura 16. Configuración por consola de la interfaz loopback

**Por Winbox:**

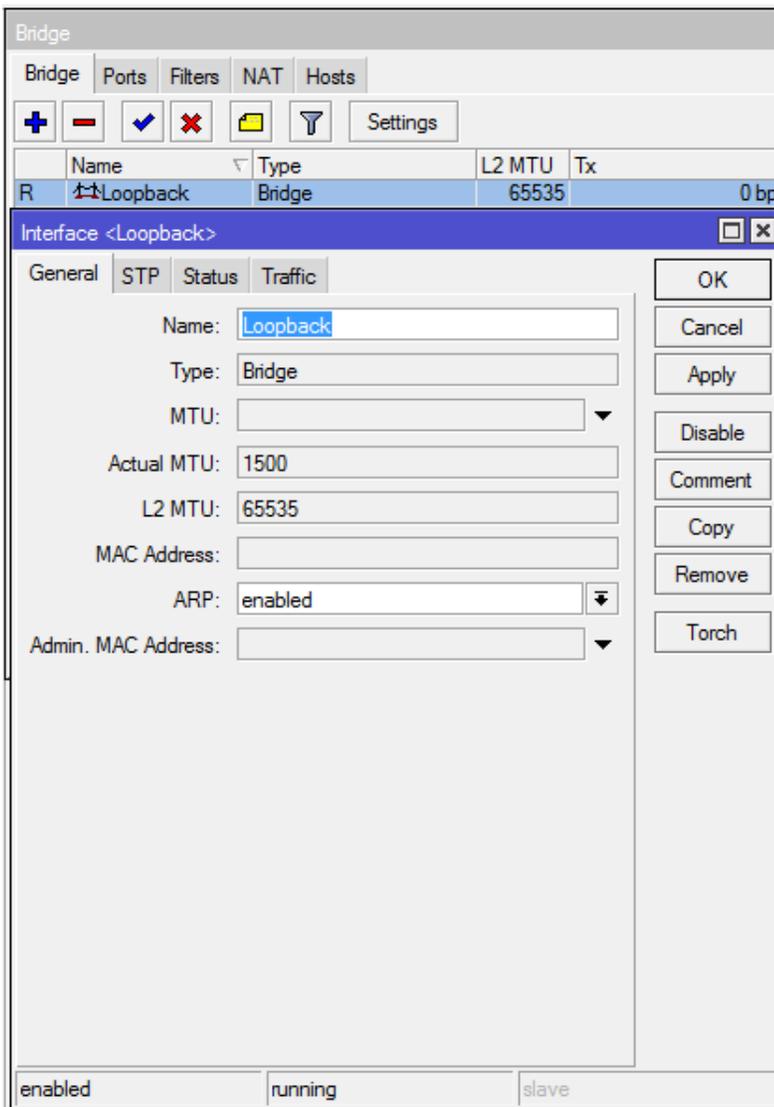


Figura 17. Configuración por winbox de la interfaz loopback en Mikrotik.

- ✓ En los equipos Backbone que componen la red MPLS, en este caso el Router Mikrotik C1009-8G en el N601, y los Router MPLS LSP A y LSP B se configura el protocolo de enrutamiento OSPF que es el que va a encaminar los paquetes de tráfico IP en la red MPLS:

**Por Consola:**

```
[wendy@BORDE ISP ITM] /routing ospf instance> set [ find default=yes ] disabled=no distribute-default-always-as-type-1 metric-bgp=auto metric-connected=20 metric-default=1
metric-other-ospf=auto metric-rip=20 name=default out-filter=ospf-out redistribute-bgp=no redistribute-connected=as-type-1 redistribute-other-ospf=no redistribute-rip=no
redistribute-static=as-type-1 router-id=10.125.1.1
```

Figura 18. Configuración por consola del instante para OSPF

**Por winbox:**

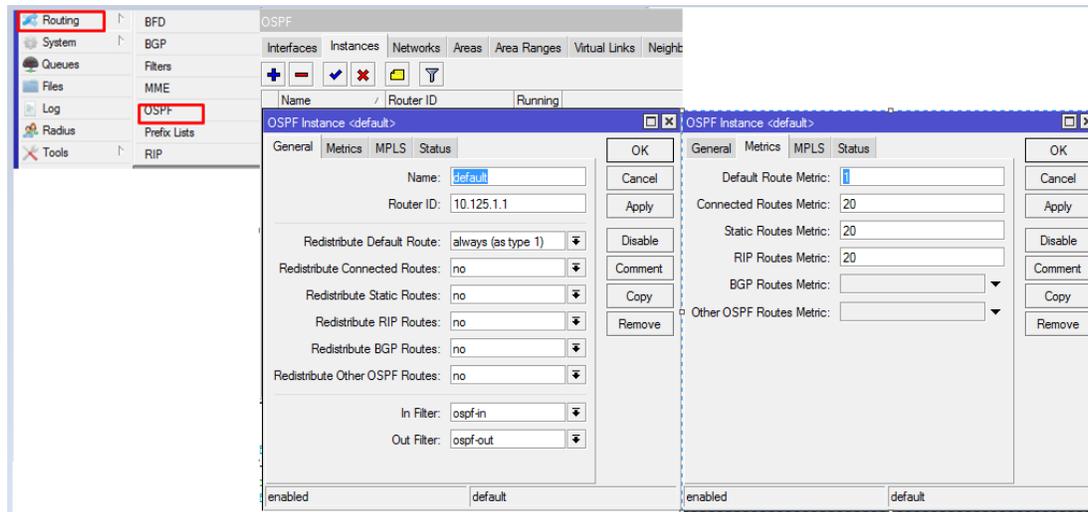


Figura 19. Configuración por winbox del Router id para OSPF

✓ Se anuncian las redes que van a anunciarse desde OSPF, en este caso se crearon conexión IP en las interfaces que conecta cada Router entre sí, 192.168.7.0/30 (entre Borde ISP ITM y Borde ISP A) y 192.168.7.4/30 (entre Borde ISP ITM y Borde ISP B). Estas redes son las anunciadas en el OSPF

**Por consola:**

```
wendy@BORDE ISP ITM] > routing ospf network add network=192.168.7.0/30 area=backbone
wendy@BORDE ISP ITM] > routing ospf network add network=192.168.7.4/30 area=backbone
```

Figura 20. Configuración de los Network para OSPF por consola

**Por Winbox:**

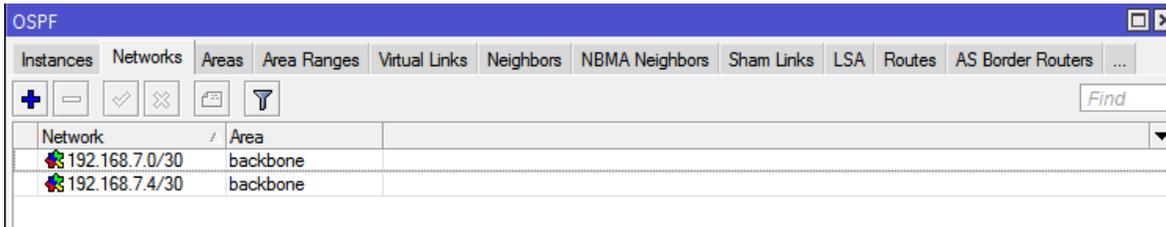


Figura 21. Configuración de los networking para OSPF por winbox

✓ Al realizar la configuración del OSPF en los 3 Router que componen la red MPLS, se puede observar por neighbors y los LSA de los otros equipos que convergen con el protocolo:

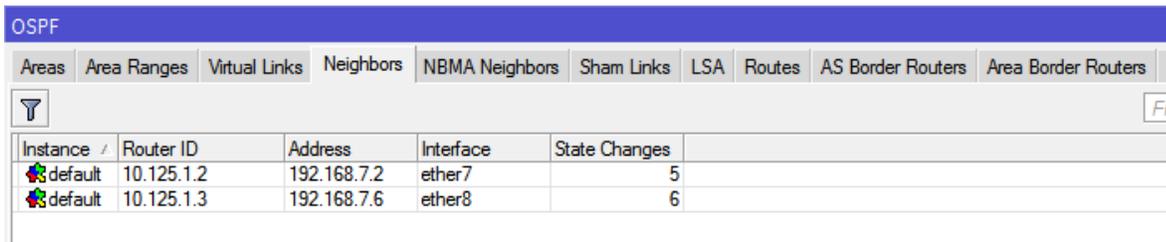
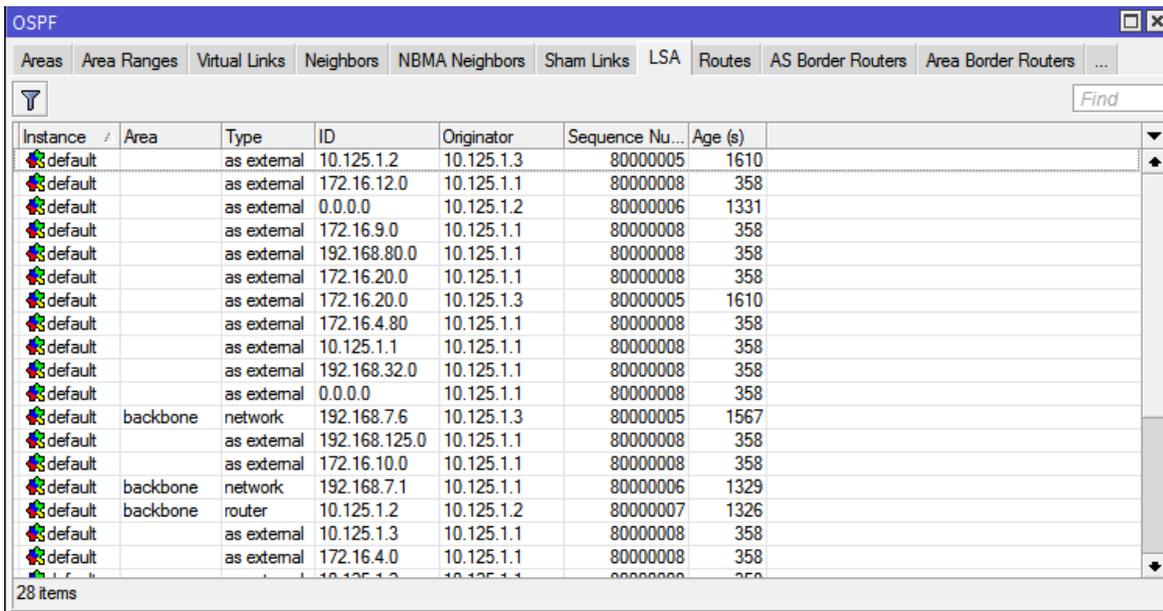


Figura 22. Se observa los demás Router que convergen en la red MPLS. Figura desde el Router Borde ISP



OSPF

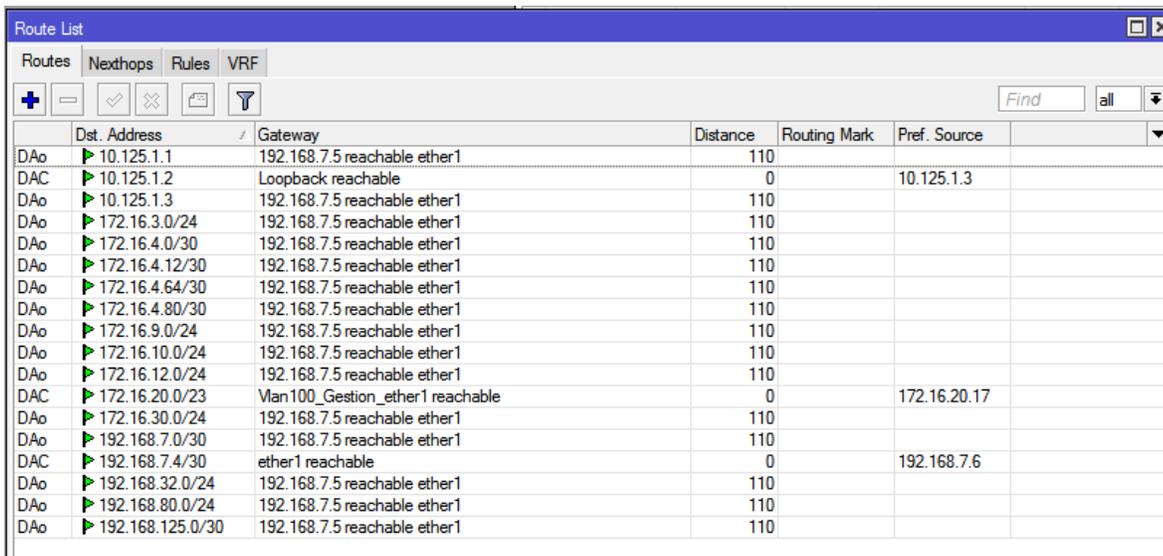
Areas Area Ranges Virtual Links Neighbors NBMA Neighbors Sham Links LSA Routes AS Border Routers Area Border Routers ...

Find

Instance / Area	Type	ID	Originator	Sequence Nu...	Age (s)
default	as external	10.125.1.2	10.125.1.3	80000005	1610
default	as external	172.16.12.0	10.125.1.1	80000008	358
default	as external	0.0.0.0	10.125.1.2	80000006	1331
default	as external	172.16.9.0	10.125.1.1	80000008	358
default	as external	192.168.80.0	10.125.1.1	80000008	358
default	as external	172.16.20.0	10.125.1.1	80000008	358
default	as external	172.16.20.0	10.125.1.3	80000005	1610
default	as external	172.16.4.80	10.125.1.1	80000008	358
default	as external	10.125.1.1	10.125.1.1	80000008	358
default	as external	192.168.32.0	10.125.1.1	80000008	358
default	as external	0.0.0.0	10.125.1.1	80000008	358
default backbone	network	192.168.7.6	10.125.1.3	80000005	1567
default	as external	192.168.125.0	10.125.1.1	80000008	358
default	as external	172.16.10.0	10.125.1.1	80000008	358
default backbone	network	192.168.7.1	10.125.1.1	80000006	1329
default backbone	router	10.125.1.2	10.125.1.2	80000007	1326
default	as external	10.125.1.3	10.125.1.1	80000008	358
default	as external	172.16.4.0	10.125.1.1	80000008	358

28 items

Figura 23. Se observa los LSA de demás Router que convergen en la red MPLS. Figura desde el Router Borde ISP



Route List

Routes Nexthops Rules VRF

Find all

	Dst. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
DAo	▶ 10.125.1.1	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAC	▶ 10.125.1.2	Loopback reachable	0		10.125.1.3
DAo	▶ 10.125.1.3	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 172.16.3.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 172.16.4.0/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 172.16.4.12/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 172.16.4.64/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 172.16.4.80/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 172.16.9.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 172.16.10.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 172.16.12.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAC	▶ 172.16.20.0/23	Vlan100_Gestion_ether1 reachable	0		172.16.20.17
DAo	▶ 172.16.30.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 192.168.7.0/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAC	▶ 192.168.7.4/30	ether1 reachable	0		192.168.7.6
DAo	▶ 192.168.32.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 192.168.80.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo	▶ 192.168.125.0/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 24. Se observa las rutas que se comparten después de converger el protocolo OSPF. Figura tomada desde el Router Borde B LER

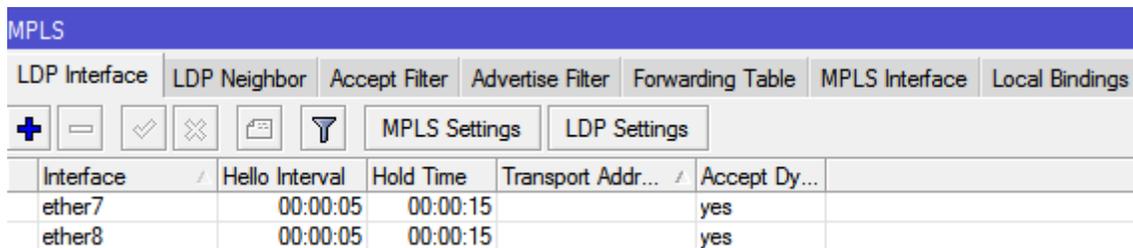
✓ Se configura el protocolo MPLS en los Router de Backbone. Se agregan las interfaces donde están LDP

**Por consola:**

```
[wendy@BORDE ISP ITM] > mpls ldp interface add interface=ether7
[wendy@BORDE ISP ITM] > mpls ldp interface add interface=ether8
```

Figura 25. Configuración por consola de las interfaces LDP

**Por Winbox:**



MPLS					
LDP Interface	LDP Neighbor	Accept Filter	Advertise Filter	Forwarding Table	Local Bindings
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
Interface	Hello Interval	Hold Time	Transport Addr...	Accept Dy...	
ether7	00:00:05	00:00:15		yes	
ether8	00:00:05	00:00:15		yes	

Figura 26. Configuración por winbox de las interfaces LDP

✓ Con el fin de distribuir las etiquetas de rutas, LDP (protocolo sobre el cual funciona MPLS) debe quedar con la ip de la interfaz de loopback como ID del LSR:

**Por Consola:**

```
[wendy@BORDE ISP ITM] > mpls ldp set enabled=yes lsr-id=10.125.1.1 transport-address=10.125.1.1
```

Figura 27. Configuración por consola de los LSR

**Por winbox:**

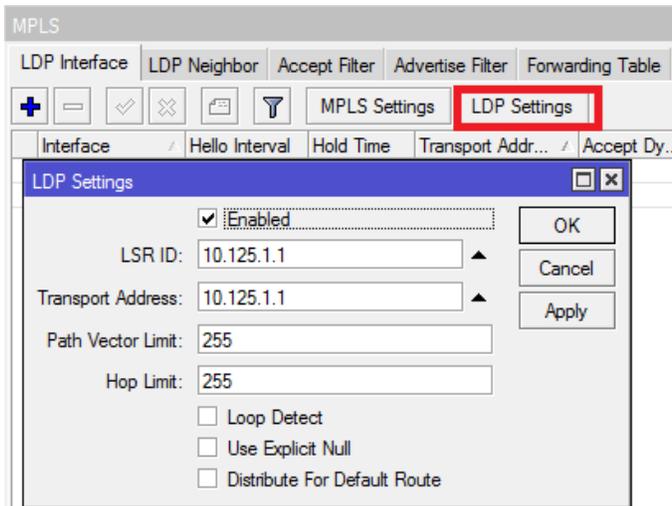


Figura 28. Configuración por winbox de los LDP

✓ Al realiza la anterior configuración en los 3 Router que componen la red MPLS se puede empezar a observar los vecinos LDP que convergen en la red MPLS:

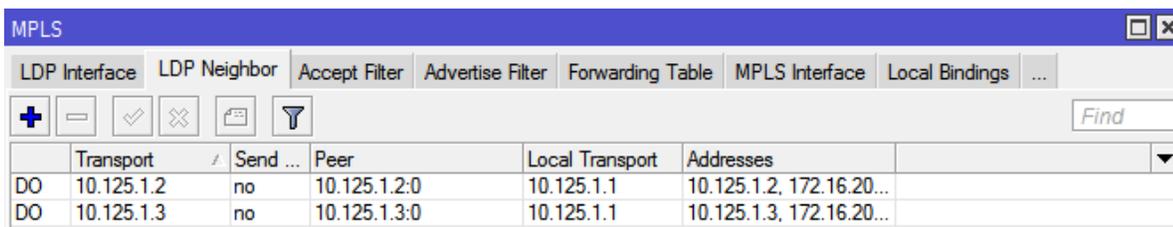


Figura 29. Configuración por winbox de los LDP

✓ Cuando converge la red MPLS y los Router comienzan a intercambiar FEC, se observa las tablas de reenvío:

MPLS

LDP Interface  
  LDP Neighbor  
  Accept Filter  
  Advertise Filter  
  Forwarding Table  
  MPLS Interface  
  Local Bindings  
  Remote Bindings

In Label /	Out Labels	Interface	NextHop	Destination	Bytes	Packets
expl-null					0	0
26		Br100_Gestion	172.16.20.4	172.16.10.0/24	0	0
27		Br100_Gestion	172.16.20.41	10.125.1.2	0	0
28	922	Br100_Gestion	172.16.20.17	10.125.1.3	0	0
29		Br100_Gestion	172.16.20.6	172.16.30.0/24	0	0
30		ether1	192.168.125.1	192.168.32.0/24	0	0
31		Br100_Gestion	172.16.20.2	172.16.3.0/24	0	0
32		ether1	192.168.125.1	0.0.0.0/0	1162444	10968
33		Br100_Gestion	172.16.20.6	172.16.12.0/24	0	0
34		Br100_Gestion	172.16.20.6	192.168.80.0/24	0	0
35		Vlan15_Internet_...	172.16.4.2	172.16.9.0/24	0	0

Figura 30. Se observa la Forwarding table. Figura desde el Borde ISP ITM

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Después de realizar el diseño y la implementación de implementados tales como internet, datos y voz se ha llegado a la conclusión que MPLS es un protocolo que presenta varios beneficios para empresas medianas y grandes existentes en el mercado puesto que su servicio de calidad y su ingeniería de trafico disminuye notablemente el tráfico de una red.

Adicionalmente las razones por la cual la IETF creó el protocolo MPLS fueron los correctos porque soporta nuevos servicios que las redes ip convencionales no hacen, además de funcionar con cualquier otro tipo de tecnología de transporte.

MPLS puede integrar distintos dominios de red independientemente de su protocolo de capa 2 a través de distintas técnicas de encapsulamiento, esto se debe a la gestión multi-etiquetas que permite la combinación del enrutamiento de la capa de red con la conmutación de la capa de enlace para el envío de paquetes utilizando etiquetas cortas de longitud fija, separando el plano de control del plano de datos.

Para finalizar MPLS permite a los proveedores de servicios ser más competitivos y estar más actualizados en cuanto a avance tecnológico se refiere, también permite tener una infraestructura mejor preparada para soportar nuevos clientes y ofrecer mejor servicios a sus usuarios finales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## Referencias

<http://www.ieee802.org/1/pages/802.1Q.html>

J. Wu and Y. Zhang, "A Layered MPLS Network Architecture," *2010 6th International Conference on Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM)*, Chengdu, 2010, pp. 1-4.

doi: 10.1109/WICOM.2010.5601465

URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5601465&isnumber=5600089>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A. M. Bongale, N. Nithin and L. S. Jyothi, "Traffic prioritization in MPLS enabled OSPF networking," Information and Communication Technologies (WICT), 2012 World Congress on, Trivandrum, 2012, pp. 132-137.doi: 10.1109/WICT.2012.6409063 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6409063&isnumber=6409038>

NetScope: Traffic Engineering for IP Networks. Paper de AT&T Labs. Autores: Anja Feldmann, Albert Greenberg, Carsten Lund, Nick Reingold y Jennifer Rexford. Marzo 2000.

Request for Comments (RFC): 3272. Visión y Principios de la Ingeniería de Tráfico en Internet. Autores: D. Awduche, A. Chiu, A. Elwalid, I. Widjaja, X. Xiao. Mayo 2002.

MPLS: Technology and Applications. Capítulo 7: Constraint-Based Routing. Autores: Bruce Davie y Yakov

## ANEXOS

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 1. BITACORA

 Institución Universitaria	<b>BITACORA PARA EL REGISTRO DE ACTIVIDADES DIARIAS</b>	Código	FG 019
		Versión	03
		Fecha	2014-02-05

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD:		<i>Capacitación Red MPLS</i>	
FECHA:	<i>10/08/2016</i>	HORARIO	
LUGAR:	<i>ITM Fraternidad Avda N-101</i>	INICIA:	<i>7:00pm</i> FINAL: <i>10:00pm</i>

### TEMAS A TRATAR:

<ul style="list-style-type: none"> <li>· Conceptos básicos del protocolo MPLS</li> <li>· Demostración de configuración de una Red MPLS</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### COMPROMISOS

ACTIVIDAD	RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD	FECHA COMPROMISO
<i>Capacitación</i>	<i>Medellín Wendy</i>	
<i>Práctica</i>		

### ASISTENTES

NOMBRE	CEDULA	FIRMA	EMPRESA / ENTIDAD
<i>Johana Quintana</i>	<i>1128-473-550</i>	<i>Johana Quintana Penz.</i>	
<i>Yoly Camacho</i>	<i>1214717305</i>	<i>Yoly Camacho</i>	
<i>Aristelio Menao V.</i>	<i>1128266635</i>	<i>Aristelio V.</i>	
<i>Juan Roberto Muñoz C.</i>	<i>71293-529</i>	<i>Juan Roberto Muñoz C.</i>	
<i>Rosber Córdoba P.</i>	<i>1128395060</i>	<i>Rosber Córdoba P.</i>	
<i>Freymer Jey. Gómez</i>	<i>71.735942</i>	<i>Freymer Jey. Gómez</i>	
<i>Carlos Andrés Pérez</i>	<i>1128405312</i>	<i>Carlos Pérez</i>	



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. GUIA DE CONFIGURACIÓN

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	<b>Guía para laboratorios de Telecomunicaciones</b> Ingeniería en Telecomunicaciones	Versión de Guía: 001
		Elaborada por: Wendy Marin
<b>Facultad: <u>Ingeniería en Telecomunicaciones</u></b>		
<b>Guía No. 1</b>	<b>Guía para la configuración de una red MPLS con enrutamiento OSPF</b>	

## Cómo configurar una red MPLS con enrutamiento OSPF

---

### Introducción

La MPLS es una tecnología del reenvío de paquete que utiliza las escrituras de la etiqueta para tomar las decisiones del reenvío de datos. Con el MPLS, la análisis de encabezado de la capa 3 se hace apenas una vez (cuando el paquete ingresa el dominio MPLS). El examen de la escritura de la etiqueta conduce la expedición de paquete subsiguiente. El MPLS proporciona estas aplicaciones beneficiosas:

- Virtual Private Networking (VPN)
- Ingeniería de tráfico (TE)
- Calidad del servicio (QoS)
- Cualquier transporte sobre MPLS (átomo)

Ahora bien, las VLAN dividen dominios de transmisión en un entorno LAN. Siempre que los host en una VLAN necesitan comunicarse con host en otra VLAN, debe enrutarse el tráfico entre ellos. Esto se denomina ruteo interfaces VLAN. En switches Catalyst, se logra al crear interfaces de Capa 3 (interfaces virtuales conmutadas). Este documento proporciona los pasos de configuración de una red MPLS en equipos tecnología Mikrotik.

### Configuración de la red Backbone

- ✓ Inicialmente se realiza la configuración de las Vlans para cada uno de los servicios en cada tramo de los Router ISP:

#### Comando consola:

```
[wendy@BORDE ISP ITM] > interface vlan add name=Vlan15_Internet_ether3 vlan-id=15 interface=ether3
```

Figura 1. Configuración de la Vlan en Mikrotik. En el modo consola de un router Mikrotik se agrega la Vlan con los comandos indicados en la figura 1.

**Por Winbox:** Se ingresa en interface Vlan y se agrega

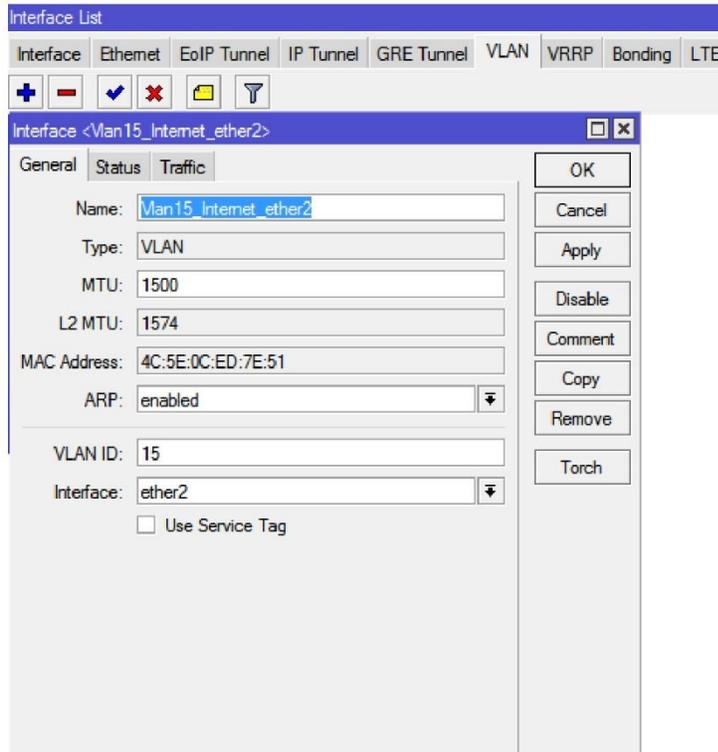


Figura 2. Configuración de la Vlan en Mikrotik. En la interfaz gráfica del router Mikrotik se ingresa en interfaz, en la opción Vlan se da clic en el símbolo más para agregar una Vlan. En este diseño solo es relevante los ítem de nombre, Vlan ID e interfaz en donde va a quedar asignada la Vlan.

### Vlans Creadas

The screenshot shows the Mikrotik Winbox 'Interface List' window with the 'VLAN' tab selected. A table lists the configured VLANs:

	Name	Type	MTU	L2 MTU
R	Vlan15_Internet_ether2	VLAN	1500	1574
R	Vlan15_Internet_ether3	VLAN	1500	1574
R	Vlan15_Internet_ether5	VLAN	1500	1576
R	Vlan15_Internet_ether6	VLAN	1500	1576
R	Vlan16_Datos_ether2	VLAN	1500	1574
R	Vlan16_Datos_ether3	VLAN	1500	1574
R	Vlan16_Datos_ether5	VLAN	1500	1576
R	Vlan16_Datos_ether6	VLAN	1500	1576
R	Vlan18_Voz_ether2	VLAN	1500	1574
R	Vlan18_Voz_ether3	VLAN	1500	1574
R	Vlan18_Voz_ether5	VLAN	1500	1576

Figura 3. Vlans configuradas en Mikrotik. En esta imagen se observan algunas de las Vlans que han sido creadas en esta red.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- ✓ Posteriormente agregamos el direccionamiento IP WAN a cada interface Vlan:

**Comando consola:**

```
[wendy@BORDE ISP ITM] > ip address add address=172.16.4.1/30 interface=Vlan15_Internet_ether1
```

Figura 4. Configuración por consola de Ip en Mikrotik

**Por Winbox:** Se ingresa en Ip- address y se agrega

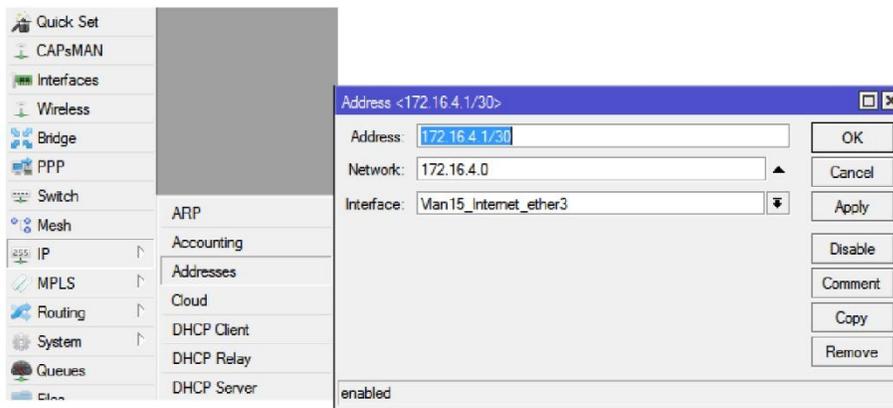


Figura 5. Configuración por winbox de las IPs en Mikrotik. En esta imagen se observa cómo se agrega el direccionamiento IP a una interfaz, en este caso la interfaz designada es la Vlan. Es este diseño solo es relevante los ítem de address e interfaz.

- ✓ Se crea la interfaz de loopback que se utiliza como el Router id del protocolo OSPF y como Router id del transporte MPLS. Se recomienda siempre configurar estos protocolos sobre interfaces virtuales:

**Por consola:**

```
[wendy@BORDE ISP ITM] > inter bridge add name=Loopback
```

Figura 1

Figura 6. Configuración por consola de la interfaz loopback

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Por Winbox:**

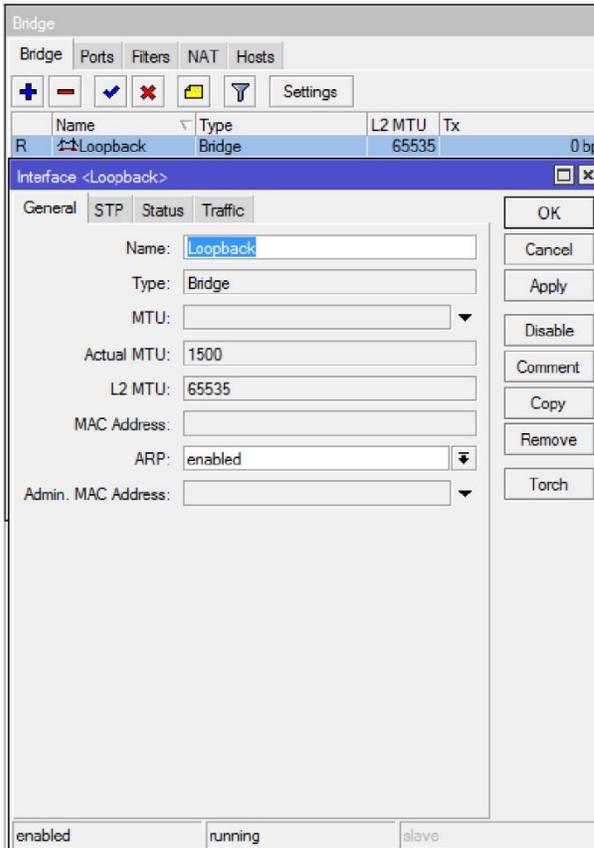


Figura 7. Configuración por winbox de la interfaz loopback en Mikrotik.

- ✓ En los equipos Backbone que componen la red MPLS, en este caso el Router Mikrotik C1009-8G en el N601, y los Router MPLS LSP A y LSP B se configura el protocolo de enrutamiento OSPF que es el que va a encaminar los paquetes de tráfico IP en la red MPLS:

**Por Consola:**

```
[wendy@8080R ISP ITM] /routing ospf instance> set | find default=yes | disabled=no distribute-default-always-as-type-1 metric-bgp=auto metric-connected=20 metric-default=1
metric-other-ospf=auto metric-rip=20 name=default out-filter-ospf-out redistribute-bgp-no redistribute-connected-as-type-1 redistribute-ospf-no redistribute-rip-no
redistribute-static-as-type-1 router-id=10.125.1.1
```

Figura 8. Configuración por consola del instante para OSPF

**Por winbox:**

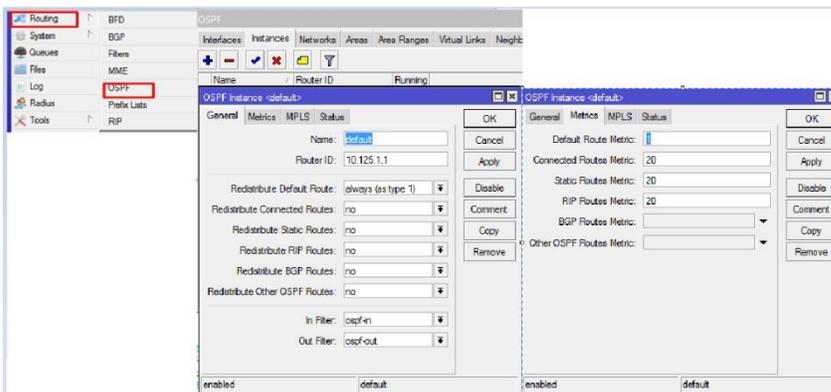


Figura 9. Configuración por winbox del Router id para OSPF

- ✓ Se anuncian las redes que van a anunciarse desde OSPF, en este caso se crearon conexión IP en las interfaces que conecta cada Router entre sí, 192.168.7.0/30 (entre Borde ISP ITM y Borde ISP A) y 192.168.7.4/30 (entre Borde ISP ITM y Borde ISP B). Estas redes son las anunciadas en el OSPF

**Por consola:**

```
wendy@BORDE ISP ITM] > routing ospf network add network=192.168.7.0/30 area=backbone
wendy@BORDE ISP IIM] > routing ospf network add network=192.168.7.4/30 area=backbone
```

Figura 10. Configuración de los Network para OSPF por consola

**Por Winbox:**

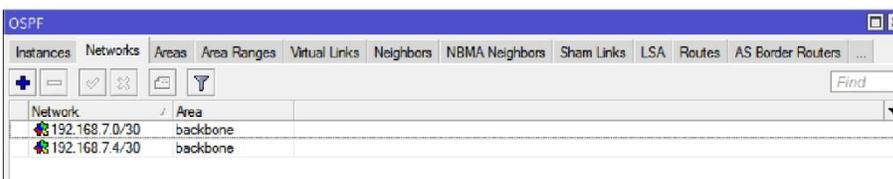
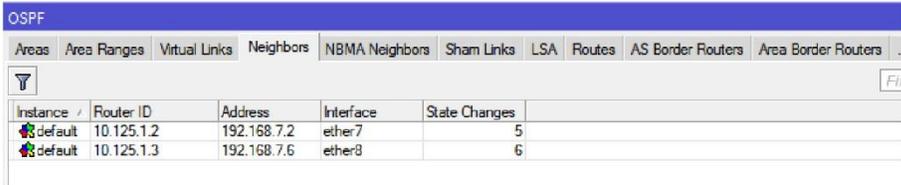


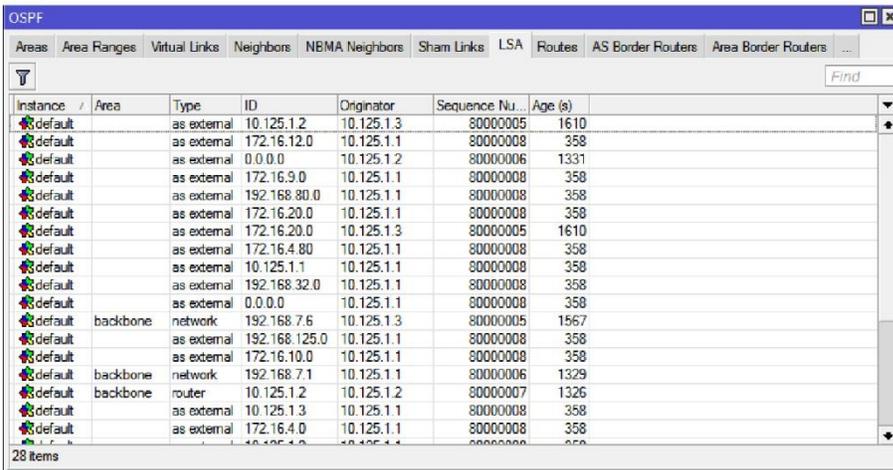
Figura 11. Configuración de los networking para OSPF por winbox

- ✓ Al realizar la configuración del OSPF en los 3 Router que componen la red MPLS, se puede observar por neighbors y los LSA de los otros equipos que convergen con el protocolo:



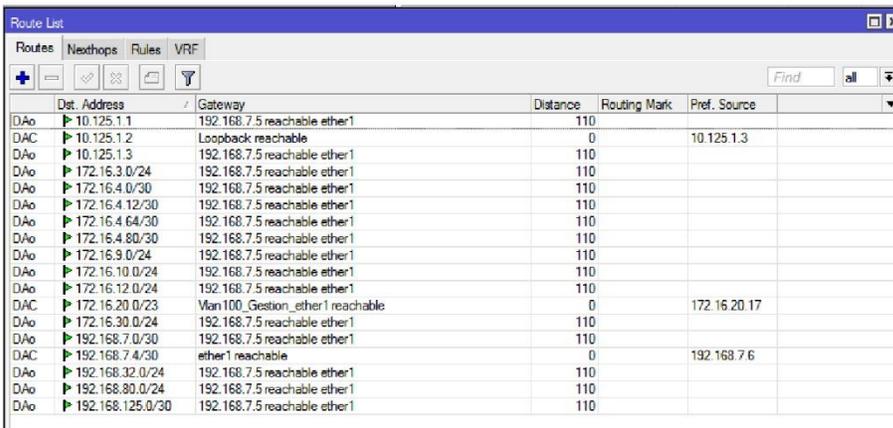
Instance /	Router ID	Address	Interface	State	Changes
default	10.125.1.2	192.168.7.2	ether7	5	
default	10.125.1.3	192.168.7.6	ether8	6	

Figura 12. Se observa los demás Router que convergen en la red MPLS. Figura desde el Router Borde ISP



Instance /	Area	Type	ID	Originator	Sequence Nu.	Age (s)
default		as external	10.125.1.2	10.125.1.3	80000005	1610
default		as external	172.16.12.0	10.125.1.1	80000008	358
default		as external	0.0.0.0	10.125.1.2	80000006	1331
default		as external	172.16.9.0	10.125.1.1	80000008	358
default		as external	192.168.80.0	10.125.1.1	80000008	358
default		as external	172.16.20.0	10.125.1.1	80000008	358
default		as external	172.16.20.0	10.125.1.3	80000005	1610
default		as external	172.16.4.80	10.125.1.1	80000008	358
default		as external	10.125.1.1	10.125.1.1	80000008	358
default		as external	192.168.32.0	10.125.1.1	80000008	358
default		as external	0.0.0.0	10.125.1.1	80000008	358
default	backbone	network	192.168.7.6	10.125.1.3	80000005	1567
default		as external	192.168.125.0	10.125.1.1	80000008	358
default		as external	172.16.10.0	10.125.1.1	80000008	358
default	backbone	network	192.168.7.1	10.125.1.1	80000006	1329
default	backbone	router	10.125.1.2	10.125.1.2	80000007	1326
default		as external	10.125.1.3	10.125.1.1	80000008	358
default		as external	172.16.4.0	10.125.1.1	80000008	358

Figura 13. Se observa los LSA de demás Router que convergen en la red MPLS. Figura desde el Router Borde ISP



Dest. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
DAo 10.125.1.1	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 10.125.1.2	Loopback reachable	0		10.125.1.3
DAo 10.125.1.3	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 172.16.3.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 172.16.4.0/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 172.16.4.12/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 172.16.4.64/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 172.16.4.80/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 172.16.9.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 172.16.10.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 172.16.12.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 172.16.20.0/23	Vlan100_Gestion_ether1 reachable	0		172.16.20.17
DAo 172.16.30.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 192.168.7.0/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 192.168.7.4/30	ether1 reachable	0		192.168.7.6
DAo 192.168.32.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 192.168.80.0/24	192.168.7.5 reachable ether1	110		
DAo 192.168.125.0/30	192.168.7.5 reachable ether1	110		

Figura 14. Se observa las rutas que se comparten después de converger el protocolo OSPF. Figura tomada desde el Router Borde B LER

- ✓ Se configura el protocolo MPLS en los Router de Backbone. Se agregan las interfaces donde están LDP

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3. FDE 146 Registro de actividades y cumplimiento de horas



INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03

 Institución Universitaria	<b>MODALIDAD TRABAJO DE GRADO</b>			Código	FDE 146
	<b>PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM</b>			Versión	02
	<b>Registro de actividades y cumplimiento de horas / Talleres o Laboratorios de DOCENCIA</b>			Fecha	2015-09-30

Documento de identidad:	1.214.715.463	
Nombre completo del estudiante:	Wendy Marin Valencia	
Programa académico ITM:	Ingeniería en Telecomunicaciones	
Nombre completo del Docente Asesor:	Pedro Guerrero	
Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd):	2016	02/24
Nombre Taller o Laboratorio:	Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd):	
Ubicación:		
Campus:	Fraternidad	

Fecha A M D	Actividad desempeñada por el estudiante	Hora ingreso	Hora salida	Total horas	Firma Laboratorista	Firma Estudiante
16 02 26	Apoyo estudiantes en clase de redes	6:00pm	8:00pm	2		Wendy Marin V.
16 02 29	Diseño red Gestión OTM	6:00pm	10:00pm	4		Wendy Marin V.
16 03 7	Continuación diseño red y presentación Proyecto	6:00pm	10:00pm	4		Wendy Marin V.
16 03 16	Diseño red servicios para OTM	6:00pm	8:00pm	2		Wendy Marin V.
16 03 17	Continuación diseño red y presentación Proyecto	6:00pm	8:00pm	2		Wendy Marin V.
16 03 28	Configuración VLANs, IPS y bridge servicios	6:00pm	10:00pm	4		Wendy Marin V.
16 03 30	Configuración enrutamiento Para servicios	6:00pm	10:00pm	4		Wendy Marin V.
16 04 6	Acompañamiento periodo de cableado aula N601	6:00pm	10:00pm	4		Wendy Marin V.
16 04 13	Acompañamiento periodo de cableado N105	6:00pm	10:00pm	4		Wendy Marin V.





 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_