**Dedicatoria**

A mi esposa e hijos,

motor de mi vida.

**Agradecimientos**

a Dios mi guía,

fortaleza y esperanza

a mi hermana Diana,

parte fundamental

de este logro

# Índice de Contenidos

INTRODUCCIÓN ..... 1
CAPÍTULO 1 ..... 2
**1.1 Descripción del problema** ..... 2
**1.2 Alcances y limitaciones.** ..... 2
**1.3 Hipótesis** ..... 4
**1.4 Metodología** ..... 4
**1.5 Organización del trabajo** ..... 5
CAPÍTULO 2 ..... 7
MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE ..... 7
**2.1 Marco teórico** ..... 7
**2.2 Estado del arte** ..... 13
CAPÍTULO 3 ..... 15
IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO ..... 15
3.1 Instalación de puntos de red ..... 15
**3.2 Componentes utilizados:** ..... 16
**3.2.1 Canalización, Organización:** ..... 16
**3.2.2 Cableado y conexión** ..... 16
**3.3 Equipamiento activo:** ..... 19
**3.3.1 Equipo-Capa de Acceso** ..... 19
3.3.2 Equipo-Capa de Distribución ..... 20
3.3.3 Equipo-Capa de Core ..... 20
CAPÍTULO 4 ..... 21
MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL ESTUDIANTE ..... 21
**4.1 Inducción.** ..... 21
**4.1.1 Objetivos** ..... 21
**4.1.2 Introducción** ..... 21
**4.1.3 Inducción al desarrollo de la práctica** ..... 21
**4.1.4 Desarrollo** ..... 21
**4.2 Segmentación de redes (subneting).** ..... 22
**4.2.1 Objetivos.** ..... 22
**4.2.2 Introducción.** ..... 22
**4.2.3 Inducción al desarrollo de la práctica** ..... 22

4.2.4 Desarrollo ..... 22
**4.3 Ruteo estático (*Routing*)** ..... 22
**4.3.1 Objetivos** ..... 22
**4.3.2 Introducción** ..... 23
**4.3.3 Inducción al desarrollo de la práctica** ..... 23
4.3.4 Desarrollo ..... 23
**4.4 Ruteo dinámico (*Routing*)** ..... 23
**4.4.1 Objetivos** ..... 23
**4.4.2 Introducción** ..... 23
**4.4.3 Inducción al desarrollo de la práctica** ..... 24
4.4.4 Desarrollo ..... 24
**4.5 VLAN (Switching-*Routing*)** ..... 24
**4.5.1 Objetivos** ..... 24
**4.5.2 Introducción** ..... 24
**4.5.3 Inducción al desarrollo de la práctica** ..... 25
4.5.4 Desarrollo ..... 25
**4.6 DHCP.** ..... 25
**4.6.1 Objetivos** ..... 25
**4.6.2 Introducción** ..... 25
**4.6.3 Inducción al desarrollo de la práctica** ..... 26
4.6.4 Desarrollo ..... 26
**4.7 NAT.** ..... 26
**4.7.1 Objetivos** ..... 26
**4.7.2 Introducción** ..... 26
**4.7.3 Inducción al desarrollo de la práctica** ..... 26
4.7.4 Desarrollo ..... 27
CAPÍTULO 5 ..... 28
GUÍA PARA EL INSTRUCTOR ..... 28
**5.1 Inducción.** ..... 28
**5.1.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento** ..... 28
**5.1.2 Conclusiones** ..... 28
**5.2 Segmentación de redes (subneting).** ..... 28
**5.2.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.** ..... 28
5.2.2 **Conclusiones.** ..... 28

**5.3 Ruteo estático (*Routing*)** ..... 28
**5.3.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.** ..... 28
**5.3.2 Conclusiones.** ..... 28
**5.4 Ruteo dinámico (*Routing*)** ..... 28
**5.4.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.** ..... 28
**5.4.2 Conclusiones.** ..... 28
**5.5 VLAN (Switching-*Routing*).** ..... 28
**5.5.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.** ..... 28
**5.5.2 Conclusiones.** ..... 28
**5.6 DHCP.** ..... 28
**5.6.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.** ..... 28
**5.6.2 Conclusiones.** ..... 29
**5.7 NAT.** ..... 29
**5.7.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.** ..... 29
**5.7.2 Conclusiones.** ..... 29
BIBLIOGRAFIA ..... 32
ANEXOS ..... 34

# "IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE REDES DE TELECOMUNICACIONES UTILIZANDO INFRAESTRUCTURA MIKROTIK"

## RESUMEN

Este proyecto integrador y de investigación formativa diseña e implementa un laboratorio de redes, manual de prácticas para el estudiante e instructor; que provee un entorno real de aprendizaje dentro del área y que de manera adicional demuestra que: en fiel cumplimiento de los protocolos y estándares universales, los proyectos tecnológicos pueden utilizar equipos alternativos a los de marcas "predominantes".

Para este propósito se elaboró un grupo de prácticas basadas en una estructura de red modelo en la cual se puede implementar los diferentes servicios de red propuestos para conmutación y enrutamiento. Dejando así sentadas las bases para futuros desarrollos.

**Palabras claves**: Redes de Comunicación, Mikrotik

Daniel Esteban Iturralde Piedra
Director de Tesis

Daniel Esteban Iturralde Piedra
Coordinador de Escuela

Cristian Esteban Lazo Vélez
Autor

**IMPLEMENTATION OF A TELECOMMUNICATIONS NETWORKS LABORATORY USING MIKROTIK INFRASTRUCTURE**

**ABSTRACT**

This integrative and formative research project dealt with the design and implementation of a network laboratory, which is a manual of practices for student and instructor that provides a real learning environment within the area. In addition, it demonstrated that technology projects can use, in compliance with universal protocols and standards, alternative equipment compared to those of "prevailing" brands. For this purpose, a group of practices was developed on the basis of a model network structure, in which the different proposed network services for switching and routing can be implemented. Hence, the foundations for future developments were established.

**Keywords:** Communication Networks, Mickotik

Daniel Esteban Iturralde Piedra
**THESIS DIRECTOR**

Daniel Esteban Iturralde Piedra
**SCHOOL COORDINATOR**

Cristian Esteban Lazo Vélez
**AUTHOR**

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas

Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Cristian Lazo V.

Trabajo de Graduación

Daniel Iturralde Mst.

Noviembre 2016.

# IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE REDES DE TELECOMUNICACIONES UTILIZANDO INFRAESTRUCTURA MIKROTIK

## INTRODUCCIÓN

La escuela de Ingeniería Electrónica en sí, no posee un laboratorio “real” en el cual se pueda desarrollar las practicas correspondientes dentro del área redes de telecomunicaciones y tecnologías de la información (TIC); utilizando actualmente para este propósito simuladores como es el caso de PacketTracer del fabricante Cisco; por lo cual la implementación de este proyecto se constituye como indispensable para la investigación formativa que aporte en la adquisición de conocimientos prácticos, útiles para el estudiante.

# CAPÍTULO 1

# GENERALIDADES

## 1.1 Descripción del problema

El entorno laboral demanda al estudiante, futuro profesional; su esfuerzo en adquirir una base de conocimientos fundamentados para la implementación de proyectos. La falta de expertiz, minimiza las posibilidades de competencia en el área laboral.

Con este proyecto integrador y de investigación formativa se pretende generar conocimientos prácticos que consoliden los teóricos y demuestren que: en fiel cumplimiento de los protocolos y estándares universales, los proyectos tecnológicos pueden utilizar equipos alternativos a los tradicionalmente utilizados, generando valor agregado y una excelente relación costo beneficio.

## 1.2 Alcances y limitaciones.

Este proyecto pretende implementar un laboratorio de redes y su manual de operación; incorporando así una herramienta que contribuya a fomentar los conocimientos necesarios dentro del área, previa titulación del alumno. Se busca desarrollar un grupo de prácticas en un entorno real con una infraestructura determinada de arquitectura flexible capaz de adaptarse al desarrollo de las diferentes actividades planificas.

El proyectos e integra a  la infraestructura de pruebas para redes inalámbricas existente en la escuela de ingeniería electrónica, agregando un componente importante en el desarrollo de la práctica de enlaces en entornos reales, configuraciones y aplicaciones en los distintos niveles o capas de red serán posibles. El laboratorio implementado servirá de infraestructura base para futuras implementaciones e investigaciones.

Se espera conseguir un laboratorio y su manual de prácticas para el fortalecimiento de los conocimientos teóricos del alumnado, que permita verificar en entornos reales la factibilidad y aplicación de las soluciones prácticas.

El laboratorio está diseñado para 12 usuarios distribuidos en dos estaciones de trabajo (A y B) de 3 grupos cada una, equipadas con dos racks (soportes de piso) distribuidos individualmente, con sus componentes de red pasiva y activa, para la capa de acceso, distribución y núcleo (core), como lo indica la siguiente figura.

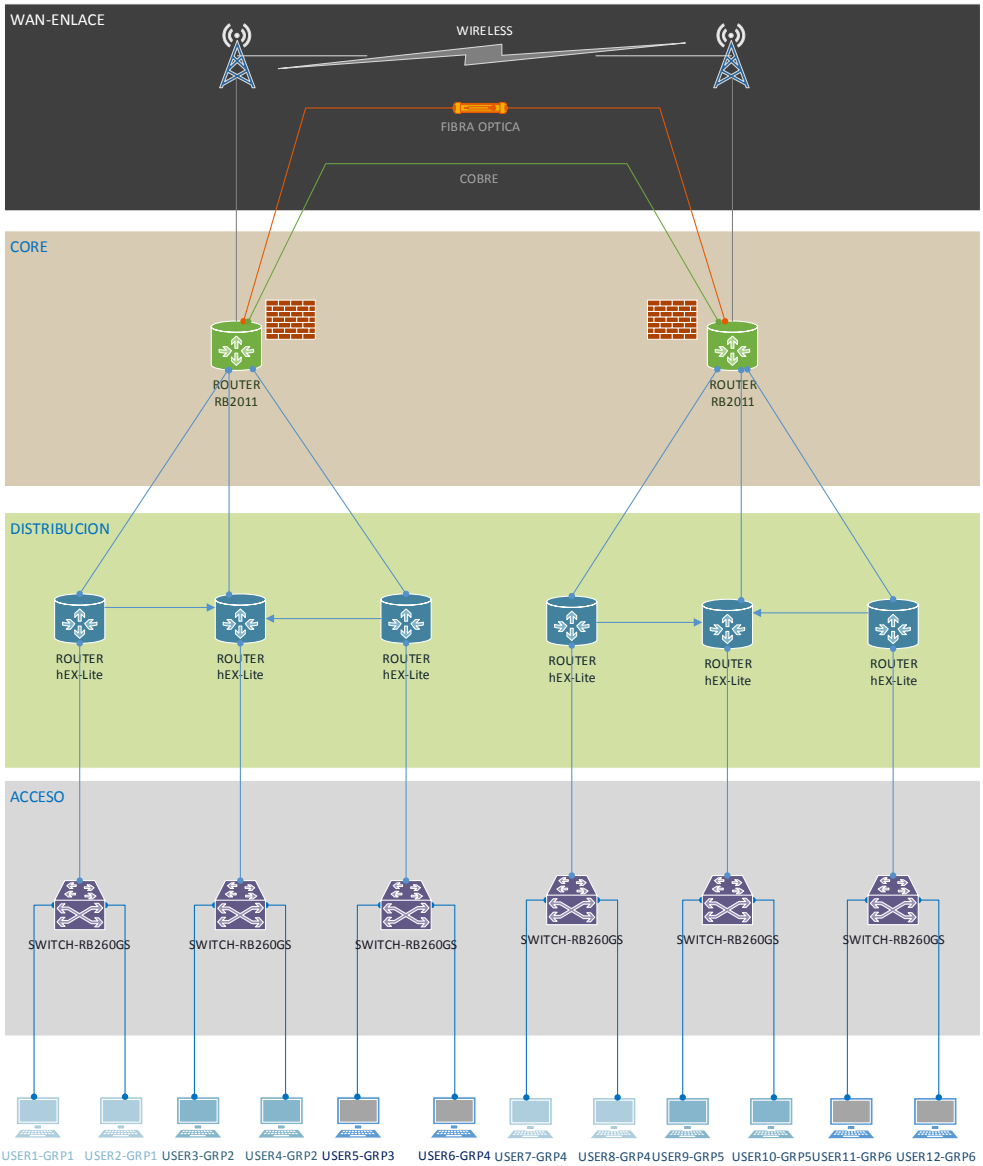



Figura 1.1: Representación gráfica de proyecto.

Fuente: Realizado por el autor

Se asignará a cada grupo de trabajo un enrutador (router) para la capa de distribución y un conmutador (Switch) para la capa de acceso. En lo que respecta a la capa de núcleo (Core); los grupos compartirán el equipo de ruteo. Los bastidores podrán interconectarse o no según sea el caso; Para este propósito se podrá utilizar medios físicos o inalámbricos (integración con el laboratorio de antenas). Cada usuario podrá acceder a la red desde su terminal (PC) utilizando un canal de cobre directamente conectado al equipo conmutador o inalámbricamente utilizando el medio alternativo provisto por los AP designados a cada grupo para acceso a la red.

## 1.3 Hipótesis

La creciente demanda en el área de las comunicaciones en relación al prominente avance tecnológico en las diversas áreas y aplicaciones de la misma, han impulsado el crecimiento de empresas dedicadas a la investigación y desarrollo de equipamiento tecnológico que buscan cubrir las necesidades de este mercado.

Soluciones tecnológicas alternativas como MIkrotik, Ubiquiti y Asterisk se fortalecen día a día y ganan espacio dentro de nichos de mercado (Networking, Wireless y VoIP) antes hegemónicos para fabricantes como Cisco o Motorola. Razones suficientes que motivan al estudiante y futuro profesional a buscar tecnologías alternativas y el conocimiento de las mismas; teniendo como fin alcanzar la preparación necesaria para competir en el medio.

## 1.4 Metodología

Una vez recopilada la información utilizando una técnica documental, será necesario diseñar el laboratorio en el cual se permita evaluar las diferentes actividades presentes en un entorno real, posteriormente se realizará la implementación guiada en base a la normativa correspondiente. Una vez que el laboratorio se ha diseñado e implementado se propone elaborar un manual de prácticas y procedimientos para el manejo del mismo; con el fin de cubrir la mayor parte de las áreas que corresponden a los sistemas y redes de telecomunicaciones, finalmente realizar las pruebas de operación y verificar el correcto funcionamiento guiado en una técnica de prueba y error.

Por último, se considera necesario transferir el conocimiento al personal docente acerca de la operación y uso del laboratorio.

## 1.5 Organización del trabajo

CAPITULO 1 (Introducción y marco teórico). - recopilación de la información referente a las redes de telecomunicaciones, métodos y guías para el diseño de una infraestructura de red, protocolos, estándares oficiales y pautas para la implementación.

CAPITULO 2 (Diseño e Implementación). - en función de la información obtenida se realizará el diseño de la infraestructura y la instalación física de los equipos y componentes en el espacio físico destinado para este fin, en este capítulo se documentará todas las actividades realizadas y los resultados obtenidos.

CAPITULO 3 (Desarrollo del proyecto y elaboración del manual de prácticas). -Se documentará todo lo relacionado a la guía para la configuración de los equipos enfocados a cada uno de los temas propuestos.

- Inducción.
- Segmentación de redes.
- Enrutamiento estático.
- Enrutamiento dinámico.
- VLAN, Enrutamiento InterVLAN.
- DHCP.
- NAT(SNAT/DNAT).

CAPITULO 4 (Manual de prácticas para el estudiante). -Este capítulo corresponde al diseño, implementación de la arquitectura de red e inducción a la resolución planificada de los diferentes servicios de red propuestos destinados al adiestramiento de los estudiantes.

CAPITULO 5 (Manual del Instructor). - Este capítulo corresponde al desarrollo de las pruebas de operación, funcionamiento y conclusiones que sirvan de guía o apoyo para el instructor en el seguimiento y desarrollo de las prácticas propuestas.

# CAPÍTULO 2

# MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

## 2.1 Marco teórico

Mikrotik es una compañía europea fundada en Letonia en el año1995enfocada a ser una tecnología disruptiva de investigación y desarrollo (I&D) en el área de las redes y telecomunicaciones, proveedora de hardware y software; inicialmente dedicados a desarrollar soluciones para ISP, actualmente ofrece soluciones para el acceso a internet (wireless, switches y router) a nivel mundial.

En el ano del 1997 desarrollaron su propio sistema (Software) basado en Linux, denominado RouterOS concebido para todo tipo de interfaces de datos y enrutamiento. En el año 2002 la compañía empezó a construir su propio hardware y comercializarlo con la marca Router Board Mikrotik. (MikroTik ,2015).

- Dirección IP: Una dirección IP es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una interfaz (elemento de comunicación/conexión) de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo IP (Internet Protocol). (MikroTik, 2015).

- Mascara de Red: La máscara de red o redes es una combinación de bits que sirve para delimitar el ámbito de una red de ordenadores. Su función es indicar a los dispositivos qué parte de la dirección IP es el número de la red, incluyendo la subred, y qué parte es la correspondiente al host. (MikroTik, 2015).
- Puerta de Enlace: Puerta de enlace o pasarela (gateway) es el dispositivo que permite interconectar redes de computadoras con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. (MikroTik, 2015).

- Modelo de Referencia OSI : El modelo de interconexión de sistemas abiertos (ISO/IEC 7498-1), más conocido como “modelo OSI” (en inglés, Open System Interconnection), es el modelo de red descriptivo, que fue creado en el año 1980 por la Organización Internacional de Normalización (ISO, International Organization for Standardization). Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas en la interconexión de los sistemas de comunicaciones. (MikroTik, 2015).

- Modelo de Referencia TCP-IP: El modelo TCP/IP es una descripción de protocolos de red desarrollado por VintonCerf y Robert E. Kahn. Fue implantado en la red ARPANET, la primera red de área amplia(WAN), desarrollada por encargo de DARPA, una agencia del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y predecesora de Internet. A veces se denomina como Internet Model, “modelo DoD” o “modelo DARPA”. El modelo TCP/IP describe un conjunto de guías generales de diseño e implementación de protocolos de red específicos para permitir que un equipo pueda comunicarse en una red. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando como los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario. El modelo TCP/IP y los protocolos relacionados son mantenidos por la Internet Engineering Task Force (IETF). (MikroTik, 2015).

- Arquitectura de Red: es el diseño de una red de comunicaciones. Es un marco para la especificación de los componentes físicos de una red y de su organización funcional y configuración, sus procedimientos y principios operacionales, así como los formatos de los datos utilizados en su funcionamiento. (Souček, Slavata & Holub, 2013)

- Subred: son un método para maximizar el espacio de direcciones IPv4 de 32 bits y reducir el tamaño de las tablas de enrutamiento en una interred mayor. En cualquier clase de dirección, las subredes proporcionan un medio de asignar parte del espacio de la dirección host a las direcciones de red, lo cual permite tener más

redes. La parte del espacio de dirección de host asignada a las nuevas direcciones de red se conoce como número de subred. (MikroTik, 2015).

- Subneteo (Subneting): Método para colección de direcciones IP que permiten definir el número de redes y de host que se desean utilizar en una subred determinada. (Web and Macros, 2015)

- DHCP: protocolo de configuración dinámica de host, es un protocolo de red que permite a los clientes de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente. (MikroTik, 2015).

- Ruteo: Es la función de buscar un camino entre todos los posibles en una red de paquetes cuyas topologías poseen una gran conectividad. Dado que se trata de encontrar la mejor ruta posible, lo primero será definir qué se entiende por mejor ruta y en consecuencia cuál es la métrica que se debe utilizar para medirla. (MikroTik, 2015).
- Métodos de encaminamiento: es la función de buscar un camino entre todos los posibles en una red de paquetes cuyas topologías poseen una gran conectividad. Dado que se trata de encontrar la mejor ruta posible, lo primero será definir qué se entiende por mejor ruta y en consecuencia cuál es la métrica que se debe utilizar para medirla. (MikroTik, 2015).

- DNS: Domain Name System o DNS (en español «Sistema de Nombres de Dominio») es un sistema de nomenclatura jerárquica para computadoras, servicios o cualquier recurso conectado a Internet o a una red privada. Este sistema asocia información variada con nombres de dominios asignado a cada uno de los participantes. Su función más importante, es traducir (resolver) nombres inteligibles para las personas en identificadores binarios asociados con los equipos conectados a la red, esto con el propósito de poder localizar y direccionar estos equipos mundialmente. (MikroTik, 2015).

- VPN: Una red privada virtual, RPV, o VPN de las siglas en inglés de Virtual Private Network, es una tecnología de red que permite una extensión segura de la red local (LAN) sobre una red pública o no controlada como Internet. Permite que la computadora en la red envíe y reciba datos sobre redes compartidas o públicas como si fuera una red privada con toda la funcionalidad, seguridad y políticas de gestión de una red privada.1 Esto se realiza estableciendo una conexión virtual punto a punto mediante el uso de conexiones dedicadas, cifrado o la combinación de ambos métodos. (Souček, et al., 2013)

- Switching: La conmutación de paquetes es un método de envío de datos en una red de computadoras. Un paquete es un grupo de información que consta de dos partes: los datos propiamente dichos y la información de control, que indica la ruta a seguir a lo largo de la red hasta el destino del paquete. (MikroTik, 2015).

- VLAN: Una VLAN consiste en dos redes de ordenadores que se comportan como si estuviesen conectados al mismo PCI, aunque se encuentren físicamente conectados a diferentes segmentos de una red de área local. (Jaramillo, 2013)

- QoS, Calidad de Servicio: (Quality of Service, en inglés) proceso de medición y control de las comunicaciones (Trafico, Paquetes) en un enlace de red que tiene por objeto evitar la saturación del mismo, y por ende su congestión y bajo rendimiento. (Lodeiro, 2014)

- Firewall: o cortafuegos es una aplicación o dispositivo diseñado para bloquear comunicaciones no autorizadas, permitiendo al mismo tiempo las que si lo están. La configuración para permitir y limitar el tráfico entre diferentes redes o ámbitos de una red, se realiza en base a un conjunto de normas y reglas. Mediante este mecanismo de defensa se puede mantener la seguridad de alto nivel en una red o terminal. (Radenkovic, Despotovic-Zrakic, Bogdanovic, Vujin & Barac, 2014).

- IPS: Un sistema de prevención de intrusos (o por sus siglas en inglés IPS) es un software que ejerce el control de acceso en una red informática para proteger a los sistemas computacionales de ataques y abusos. La tecnología de prevención de intrusos es considerada por algunos como una extensión de los sistemas de detección de intrusos (IDS), pero en realidad es otro tipo de control de acceso, más cercano a las tecnologías cortafuegos. (Radenkovic et al., 2014).

- IDS: Un sistema de detección de intrusiones (o IDS de sus siglas en inglés Intrusion Detection System) es una herramienta de seguridad que intenta detectar o monitorizar los eventos ocurridos en un determinado sistema informático que tienen por objeto comprometer la seguridad de dicho sistema. (Radenkovic et al., 2014).

- Proxy: Un servidor Proxy o representante es una aplicación o sistema que gestiona las conexiones de red sirviendo de intermediario entre las peticiones de servicios que requieren los clientes como http, FTP, IRC, telnet, SSH, etc. Creando así una memoria cache de dichas peticiones y respuestas por parte de los servidores externos, la finalidad de este tipo de servidores es agilitar las peticiones de usuarios en conexiones futuras que ya hayan sido solicitadas y respondidas previamente, sin tener la necesidad de acceder remotamente a los servidores externos. (Radenkovic, Despotovic-Zrakic, Bogdanovic, Vujin & Barac, 2013).

- Hot Spot: En el contexto de las comunicaciones inalámbricas, un hotspot («punto caliente») es un lugar que ofrece acceso a Internet a través de una red inalámbrica y un enrutador conectado a un proveedor de servicios de Internet. Usualmente, los "hotspots" son zonas de alta demanda de tráfico, y que por tanto el dimensionamiento de su cobertura está condicionado a cubrir esta demanda por parte de un punto de acceso o varios, y de este modo proporcionar servicios de red a través de un proveedor de servicios de Internet Inalámbrico. (Radenkovic et al., 2014).

- Protocolos de red: Sistema de reglas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. Se trata de las reglas o el estándar que define la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación, así como también los posibles métodos de recuperación de errores. Los protocolos pueden ser implementados por hardware, por software, o por una combinación de ambos. (Radenkovic et al., 2013).

- Puertos de red: Un puerto de red es una interfaz para comunicarse con un programa a través de una red. En el modelo OSI quien se preocupa de la administración de los puertos y los establece en el encabezado de los segmentos es la capa de transporte o capa 4, administrando así el envío y re-ensamblaje de cada segmento enviado a la red haciendo uso del puerto especificado. Un puerto suele estar numerado para de esta forma poder identificar la aplicación que lo usa. Decidir a qué programa entregará los datos recibidos. Esta asignación de puertos permite a una máquina establecer simultáneamente diversas conexiones con máquinas distintas, ya que todos los segmentos que se reciben tienen la misma dirección, pero van dirigidos a puertos diferentes. (Radenkovic et al., 2014).

  Red de telecomunicaciones: Conjunto de medios, tecnologías, protocolos, estándares, normativas en general, necesarios para el intercambio de información. (Tanenbaum & Wetherall, 2012)

- Protocolos de red: Sistema de reglas que permiten que dos o más entidades de un sistema se comuniquen entre ellas utilizando un medio para transmitir la información. Se trata de las reglas o el estándar que define la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación, así como también los posibles métodos de recuperación de errores. Los protocolos pueden ser implementados por hardware, por software, o por una combinación de ambos. (Roa, 2013).

## 2.2 Estado del arte

Actualmente centros académicos y de entrenamiento utilizan infraestructura Mikrotik para montar laboratorios de prácticas, aprendizaje, renovar sus manuales de procedimientos o adaptar los conocimientos a entornos reales según los estándares actuales; como es el caso del Dept. of Measurement, FEE CTU Prague,Technicka2. De la República Checa. (Souček, et al., 2013)

Artículos interesantes describen el diseño de una infraestructura de red para e-learning utilizando equipamiento Mikrotik, realizado en la universidad de Belgrado en la facultad ciencias. Planificando para este propósito una estructura similar a la utilizada en nuestro trabajo como es el caso de una estructura de tres niveles, acceso destruición y núcleo (core), garantizando así un entorno real, modular y escalable. Lineamientos importantes que marcan el paso en el desarrollo de las redes como es el caso de la tecnología SDN y el uso de protocolo openflow, enmarcan el desarrollo de futuros trabajos e investigaciones utilizando la infraestructura base propuesta para esta tesis. (Radenkovic et al., 2013). (Radenkovic et al., 2014).

Trabajos de investigación formativa y proyectos integradores usan tecnología Mikrotik para solventar problemas en el control de ancho de banda y manejo de la calidad de servicios en los enlaces o accesos a internet. (Jaramillo, 2013)

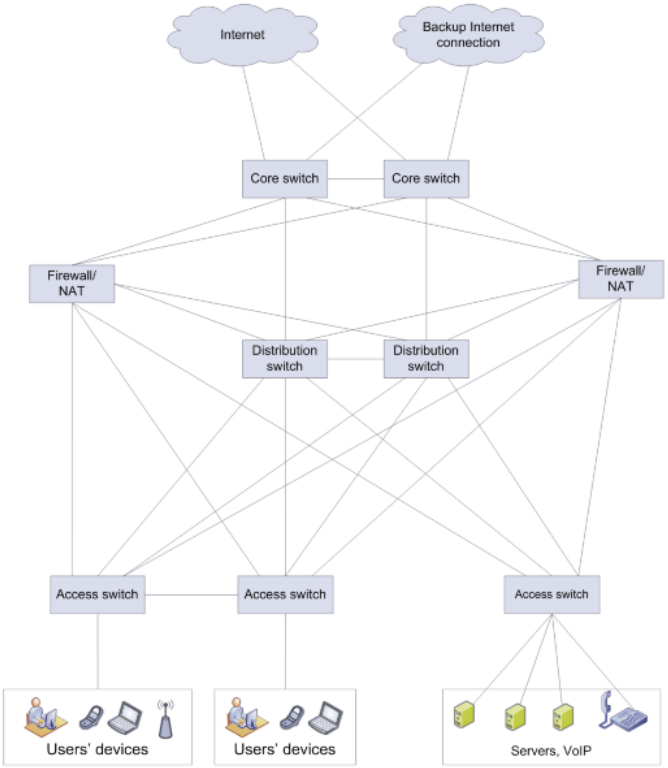



Figura 2.1: Modelo Fisico de Arquitectura de red

Fuente**:** B. Radenkovic, M. Despotovic-Zrakic, Z. Bogdanovic, V. Vujin, and D. Barac, “Designing network infrastructure for an e-learning cloud,” in The Fourth International Conference on e-Learning (eLearning-2013), 2013

# CAPÍTULO 3

# IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO

La siguiente figura describe el diseño de red el cual servirá como arquitectura base para la implementación de las prácticas propuestas, en el cual se puede diferenciar claramente los tres niveles de red, acceso distribución y núcleo, distribuidas en dos segmentos principales correspondientes a las estaciones y a sus grupos de trabajo.

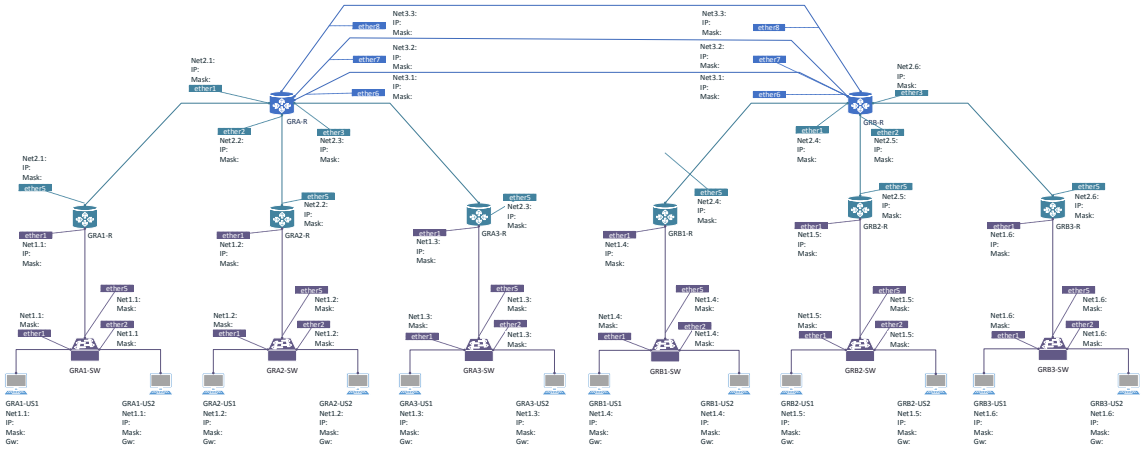



Figura 3.1: Arquitectura de red Laboratorio

Fuente: Realizado por el autor

## 3.1 Instalación de puntos de red

Se procede con la instalación de los puntos de red conforme a la normativa correspondientes para categoría 5E según los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B; para este propósito se han utilizado cada uno de los componentes requeridos según la normativa para una correcta instalación y operación de las pruebas a ser realizadas en el laboratorio; cuyo propósito fundamental es el adiestramiento en el manejo del equipamiento activo y la consolidación de los conocimientos teóricos impartidos.

## 3.2 Componentes utilizados:

### 3.2.1 Canalización, Organización:

- Canaleta plástica 40x25 sobrepuesta
- Cajetín para canaleta 40x40mm. Sobrepuesto
- *FacePlate* doble servicio
- Organizadores horizontales 2UR
- *PatchPanel* modular descargado 1 UR 24PTs.
- *Rack* Abierto de Piso
- Bandeja metálica 25cm 19” 1UR
- Cinta velcro
- Etiquetas
- Multi-toma 6 POS 19” 1UR

### 3.2.2 Cableado y conexión

- Cable UTP categoría 5E
- Jack modular de red RJ45 hembra Cat5E
- *Patch Cord* 3” Cat5E
- *Pacth Cord* 7” Cat5E

Cada punto se origina desde una toma doble debidamente instalada en un cajetín plástico 40x40mm, *Faceplate* doble servicio y *Jack*Cat 5e.

El punto tiene un recorrido horizontal utilizando una canaleta plástica 40x25mm sobrepuesta montada en la pared del laboratorio; su trayecto termina en un rack abierto de piso de 12 UR integrado con su respectivo panel de conexiones (*PatchPannel*), desde el cual se interconectan los usuarios y los equipos utilizando los *PatchCord* correspondientes como se observa en la figura 3.2

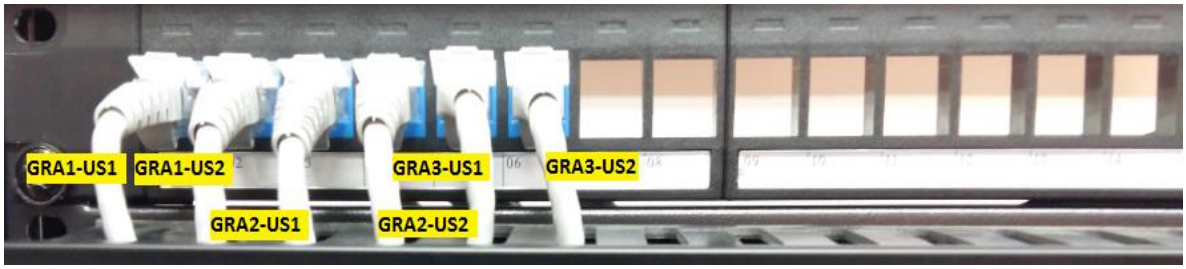



Figura 3.2: Distribución *PatchPannel*

Fuente: Realizado por el autor

Cada punto converge en su respectivo equipo activo de la capa de acceso; es decir en el Switch L2, como lo describe la figura 3.3

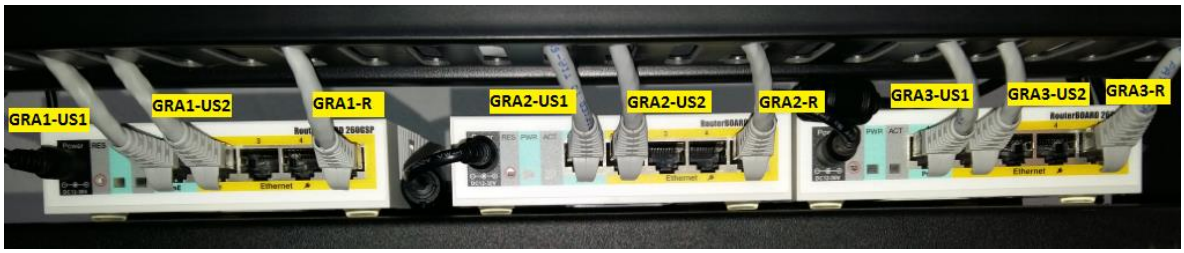



Figura 3.3: Distribución *Switches*- capa de acceso.

Fuente: Realizado por el autor

Cada Switch a su vez se interconecta con su respectivo enrutador (Router) en la capa de distribución como lo indica la siguiente figura.

Figura 3.4: Distribución Router- capa de distribución

Fuente: Realizado por el autor

Cada enrutador de distribución se interconecta al enrutador de núcleo (core) principal para como lo indica la figura 3.4 para obtener así el resultado final descrito en la siguiente figura.

Figura 3.5: Estación de trabajo A o B

Fuente: Realizado por el autor

El siguiente diagrama descriptivo muestra en detalle el diseño de la estructura física de interconexión de los equipos, el cual es usado como guía en la implementación y desarrollo del manual de practicas

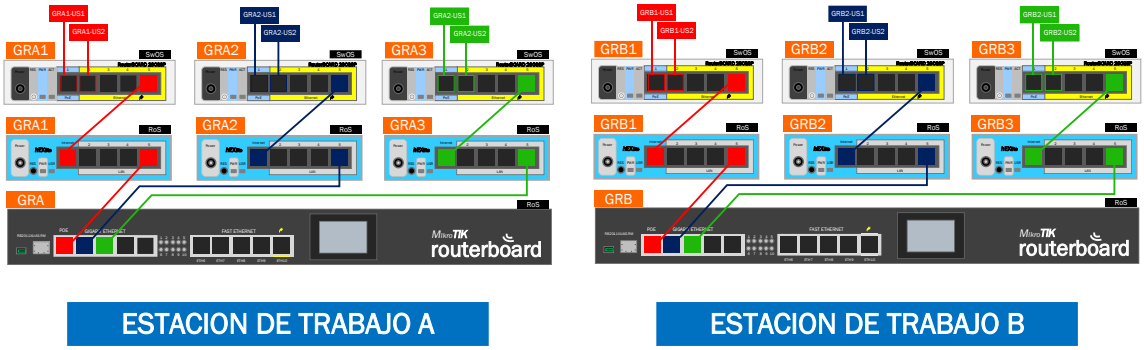



Figura 3.6: Diagrama descriptivo de interconexión y distribución de equipos

Fuente: Realizado por el autor

## 3.3 Equipamiento activo:

Con el fin de cumplir con la arquitectura de red planteado en este diseño se ha utilizado los siguientes componentes activos como parte de la infraestructura de red:

### 3.3.1 Equipo-Capa de Acceso

Small-SOHO B260GSP, Switch Gigabit Ethernet equipado con 5 Puertos 10/100/1000 Mbps y un puerto SFP DDMI para fibra óptica, los 4 puertos soportan PoEOut (interfaces 2-5), los cuales son utilizados para energizar los router destinados a la capa de distribución, El equipo está provisto del sistema MikrotikSwOS.

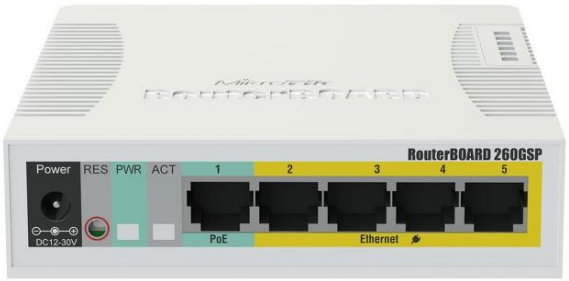



Figura 3.7: Small-SOHO B260GSP - Vista Frontal

Fuente: Mikrotik

Figura 3.8: Small-SOHO B260GSP - Vista Posterior

Fuente: Mikrotik

### 3.3.2 Equipo-Capa de Distribución

RouterBoard RB750r2, Router multiservicio equipado con 5 puertos de red FastEthernet 10/100 Mbps, alimentaciónPoE(interface 1), Sistema operativo RouterOS L4.

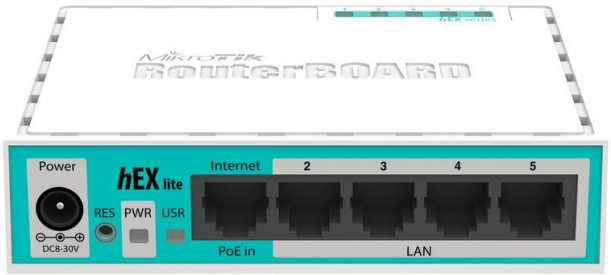



Figura 3.9: RouterBoardRB750r2-Vista Frontal

Fuente: Mikrotik

### 3.3.3 Equipo-Capa de Core

RouterBoard RB2011UiAS-RM, enrutador para montaje en bastidor de 1UR, equipado con 10 Interfaces, 5 Puertos fastethernet 10/100Mbps y 5 Puertos Gigabit Ehternet 10/100/1000Mbps. PoE IN (interface 1) PoE OUT (interface 10), 1 puerto SFP-DDMI para fibra óptica, instalado con sistema operativo RouterOS L5

Figura 3.10: RouterBoard RB2011UiAS-RM -Vista Frontal

Fuente: Mikrotik

# CAPÍTULO 4

# MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL ESTUDIANTE

## 4.1 Inducción.

### 4.1.1 Objetivos

- Inducción al manejo y operación de los equipos a ser utilizados en el laboratorio
- Realizar las pruebas de acceso y operación
- Obtener conclusiones y resultados.

### 4.1.2 Introducción

RoS. - Es el sistema operativo embebido en los dispositivos Router Board Mikrotik el cual le permite al equipo operar de manera general como un ruteado dedicado multipropósito con una opción variada de configuraciones para implementar múltiples servicios de red como son: Firewall, Routing, Switching, MPLS, VPN, Control de Tráfico, etc.

### 4.1.3 Inducción al desarrollo de la práctica

Esta práctica está preparada para desarrollarse en dos fases distribuidas de la siguiente manera:

- Fase1.- Dedicada a inducir al estudiante en el conocimiento acerca de la distribución física del laboratorio y sus componentes.
- Fase2.- Dedicada a inducir al estudiante en el manejo básico de un equipo Router Board; el conocimiento de sus comandos, estructura, herramientas de administración, entre otros.

### 4.1.4 Desarrollo

Remitirse al anexo 1

## 4.2 Segmentación de redes (subneting).

### 4.2.1 Objetivos.

- Obtener la Información preliminar previa implementación de la practica
- Configurar la infraestructura de red según el direccionamiento de red propuesto para este laboratorio; utilizando el método simple y el método optimizado(VLSM)
- Realizar las pruebas de operación y funcionamiento
- Obtener conclusiones y resultados.

### 4.2.2 Introducción.

**Subneting** es el método empleado para maximizar el espacio de direcciones IP, el cual permite obtener subredes más eficientes al reducir el tamaño de las tablas de enrutamiento en una red mayor. En cualquier clase de dirección, las subredes proporcionan un medio de asignar parte del espacio de la dirección host a las direcciones de red, lo cual permite tener más redes. La parte del espacio de dirección de host asignada a las nuevas direcciones de red se conoce como número de subred.

### 4.2.3 Inducción al desarrollo de la práctica

Esta práctica está preparada para desarrollarse de manera individual por cada grupo de trabajo, Guíese en el diagrama de red propuesto para completar las tablas de direccionamiento IP antes de configurar los equipos activos correspondientes a su grupo de trabajo. Tenga presente la distribución del laboratorio mencionada en la práctica Nº1.

### 4.2.4 Desarrollo

Remitirse al anexo 1

## 4.3 Ruteo estático (*Routing*)

### 4.3.1 Objetivos

- Obtener la Información preliminar previa implementación de la practica
- Determinar la diferencia entre una infraestructura de red con y sin implementación de tablas de ruteo.
- Realizar las pruebas de operación y funcionamiento
- Obtener conclusiones y resultados.

### 4.3.2 Introducción

**Enrutamiento. –** De manera básica, el enrutamiento, encaminamiento o ruteo es el proceso que consiste en reenviar paquetes de una red a otra; teniendo como objetivo principal, utilizar la ruta más óptima que esté disponible.

### 4.3.3 Inducción al desarrollo de la práctica

Esta práctica está preparada para desarrollarse en dos fases distribuidas de la siguiente manera:

- **Fase1.-** Dedicada al entrenamiento en la configuración del direccionado IP en los enrutadores de nivel2 y nivel3; preparando así la infraestructura de red que le permitirá al estudiante en la siguiente fase realizar las pruebas de operación que determinen el comportamiento entre una red con y sin ruteo.
- **Fase2**.- Dedicada al entrenamiento en la configuración de tablas de enrutamiento estático.

### 4.3.4 Desarrollo

Remitirse al anexo 1

## 4.4 Ruteo dinámico (*Routing*)

### 4.4.1 Objetivos

- Obtener la Información preliminar previa implementación de la practica
- Implementar enrutamiento dinámico en la red propuesta y determinar la diferencia entre una configuración con rutas estáticas.
- Realizar las pruebas de operación y funcionamiento
- Obtener conclusiones y resultados.

### 4.4.2 Introducción

**Enrutamiento. –** De manera básica, el enrutamiento, encaminamiento o ruteo es el proceso que consiste en reenviar paquetes de una red a otra; teniendo como objetivo principal, utilizar la ruta más óptima que esté disponible. Adicionalmente; el enrutamiento dinámico permite el intercambio de información relacionada con la topología y el estado de los enlaces, manteniendo actualizadas las tablas de ruteo de manera automática; incluyendo la determinación de la mejor ruta según la carga de la red

### 4.4.3 Inducción al desarrollo de la práctica

Esta práctica está preparada para desarrollarse en dos fases distribuidas de la siguiente manera:

- **Fase1.-**Dedicada a la configuración de enrutamiento dinámico utilizando el protocolo OSPF de manera directa entre los enrutadores de nivel2 de cada estación de trabajo. Implementación básica que permitirá identificar la diferencia de una configuración con ruteo estático.
- **Fase2**.- Dedicada a evaluar la característica de elección automática de una ruta alternativa en relación al menor costo.

### 4.4.4 Desarrollo

Remitirse al anexo 1

## 4.5 VLAN (Switching-*Routing*)

### 4.5.1 Objetivos

- Obtener la Información preliminar previa implementación de la practica
- Configurar la infraestructura de red según el direccionamiento de red propuesto para este laboratorio; utilizando VLANs en modo troncal y acceso.
- Realizar las pruebas de operación y funcionamiento
- Obtener conclusiones y resultados.

### 4.5.2 Introducción

Una *VLAN*, acrónimo de *virtual LAN* (red de área local virtual), es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física. Varias *VLAN* pueden coexistir en un único conmutador físico o en una única red física. Su importancia radica en el hecho de reducir el tamaño del dominio de difusión y en facilitar la administración de la red.

Es importante considerar los protocolos de mayor relevancia en el funcionamiento y operación de las *VLAN* que permiten estandarizar su uso en ambientes multi-marca; entre ellos destacan *IEEE 802.1Q*, *GVRP*, *STP*; el primero encardado del etiquetado de las tramas, el segundo en el método de difusión y administración y el ultimo contribuyendo en el control de bucles lógicos.

### 4.5.3 Inducción al desarrollo de la práctica

Esta práctica está preparada para desarrollarse en dos fases distribuidas de la siguiente manera:

- **Fase1.-** estará dedicada al aprendizaje de la aplicación de *VLANs* en la capa de acceso, en donde el estudiante aprenderá como configurar una red de área local virtual en modo acceso (Access VLAN) en los respectivos *switches* de cada uno de los grupos de trabajo refiérase al diagrama de red propuesto para esta fase.
- **Fase2**.- esta parte de la práctica estará dedicada al entrenamiento en la configuración de *VLANs* entre conmutadores (*Trunk VLAN*). El estudiante aprenderá como interconectar equipos en *L2*; utilizando *VLANs* en los diferentes *switches* de los grupos asociados. Utilizar las tablas guías correspondientes, así como el diagrama de red propuesto para esta fase.
- **Fase3**.- finalmente se destinará el aprendizaje a la configuración de ruteo inter *VLAN* aplicado en los ruteadores de nivel3; al finalizar la configuración quedará establecida la interconexión total de los terminales en cada estación de trabajo del laboratorio.

### 4.5.4 Desarrollo

Remitirse al anexo 1

## 4.6 DHCP.

### 4.6.1 Objetivos

- Obtener la Información preliminar previa implementación de la practica
- Configurar el servicio de DHCP en la infraestructura de red propuesta para este laboratorio; utilizando una red plana y VLANs.
- Realizar las pruebas de operación y funcionamiento
- Obtener conclusiones y resultados.

### 4.6.2 Introducción

**DHCP** (siglas en inglés de *Dynamic Host ConfigurationProtocol*, en español protocolo de configuración dinámica de *host* es un servidor que usa protocolo de red de tipo cliente/servidor en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme éstas van quedando libres, sabiendo

en todo momento quién ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se la ha asignado después. Así los clientes de una red IP pueden conseguir sus parámetros de configuración automáticamente.

### 4.6.3 Inducción al desarrollo de la práctica

Esta práctica está preparada para desarrollarse en dos fases distribuidas de la siguiente manera:

- **Fase1.-** Dedicada al entrenamiento en la configuración de los enrutadores como DHCP-Servidor, capaces de asignar de manera automática el direccionamiento IP a los terminales de la red, en este punto se utiliza una red plana.
- **Fase2**.- Destinada a la configuración de los enrutadores como DHCP-Servidor, capaces de asignar de manera automática el direccionamiento IP a los terminales de la red, en este punto se utiliza una red con implementación de VLANs.

### 4.6.4 Desarrollo

Remitirse al anexo 1

## 4.7 NAT.

### 4.7.1 Objetivos

- Obtener la Información preliminar previa implementación de la practica
- Configurar el servicio de NAT/DNAT en la infraestructura de red propuesta para este laboratorio.
- Realizar las pruebas de operación y funcionamiento
- Obtener conclusiones y resultados

### 4.7.2 Introducción

**NAT** (siglas en inglés de *Network AddressTranslation*, en español "Traducción de direcciones de red" es un mecanismo utilizado por enrutadores para intercambiar paquetes entre dos redes que asignan mutuamente direcciones de red en rangos diferentes.

### 4.7.3 Inducción al desarrollo de la práctica

Esta práctica está preparada para desarrollarse en dos fases distribuidas de la siguiente manera:

- **Fase1.-** Implementar una red sobre la cual se pueda determinar la diferencia entre una red ruteada y una red con traducción de dirección de red (NAT):

- **Fase1A**.- Configuración con enrutamiento.
- **Fase2A**.- Configuración con SRC-NAT.
- **Fase2**.- complementar la practica con un re-direccionamiento de puertos al aplicar una regla del tipo DST-NAT.

### 4.7.4 Desarrollo

Remitirse al anexo 1

# CAPÍTULO 5

# GUÍA PARA EL INSTRUCTOR

## 5.1 Inducción.

### 5.1.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento

### 5.1.2 Conclusiones

Remitirse al anexo 1

## 5.2 Segmentación de redes (subneting).

### 5.2.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.

### 5.2.2 Conclusiones.

Remitirse al anexo 1

## 5.3 Ruteo estático (*Routing*)

### 5.3.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.

### 5.3.2 Conclusiones.

Remitirse al anexo 1

## 5.4 Ruteo dinámico (*Routing*)

### 5.4.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.

### 5.4.2 Conclusiones.

Remitirse al anexo 1

## 5.5 VLAN (Switching-*Routing*).

### 5.5.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.

### 5.5.2 Conclusiones.

Remitirse al anexo 1

## 5.6 DHCP.

### 5.6.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.

### 5.6.2 Conclusiones.

Remitirse al anexo 1

## 5.7 NAT.

### 5.7.1 Verificación de pruebas de operación y funcionamiento.

### 5.7.2 Conclusiones.

Remitirse al anexo 1

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusiones:

- Al final de este desarrollo se pudo verificar que; en la premisa de establecer un laboratorio de redes de telecomunicaciones en el cual se pudiera practicar en un ambiente real fue efectiva, afinando el precepto de que "en fiel cumplimiento de estándares y protocolos el objetivo final que se planteaba alcanzar era posible"**.**

- En relación al segundo objetivo se puede concluir que la propuesta de realizar el diseño y desarrollo de las prácticas en base a un direccionamiento estándar y a redes segmentadas que era un objetivo mucho más específico se alcanzó con éxito; como se puede verificar en el manual parte de este documento.

- Finalmente, tras desarrollar las pruebas de operación y funcionamiento especificadas en mayor detalle en el capítulo correspondiente, se determina la factibilidad de diseñar y crear el entorno real de prácticas para el estudiante. abarcando diferentes campos en las aplicaciones de redes de telecomunicaciones. y dejando sentada las bases para futuros desarrollos e investigaciones en el área.

**Recomendaciones:**

Como ya se ha mencionado el laboratorio implementado permite realizar un número considerable de configuraciones de red adicionales de tal manera que se recomienda algunas prácticas adicionales que pueden ser desarrolladas para consolidar el conocimiento de los estudiantes, como son:

- Túneles de datos, redes privadas virtuales.
- Redes de Acceso inalámbricas – Controladora cAPs-MAN (Controladora de pun tos de acceso inalámbricos).
- Marcado de paquetes y su aplicación.
- Control de Tráfico – Manejo del ancho de banda.
- WebProxy.
- Filtrado de paquetes (IDS, IPS).

Entre otras.

# BIBLIOGRAFIA


- Jaramillo X. (2013). *Estudio de catalogación de las aplicaciones y estructuración del ancho de banda en la red interna institucional de la escuela politécnica del ejército sede SANGOLQUÍ basada en MIKROTIK para garantizar los servicios de red*. Octubre 22, 2015, de Repositorio de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE Sitio web: http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6307

- Lodeiro, F. (2014). *Innovación disruptiva: Concepto, ejemplos y aplicación en inversión*. Octubre 22, 2015, de Academia de Inversión-Aprende value investing desde cero Sitio web: http://www.academiadeinversion.com/innovacion-disruptiva-concepto-ejemplos-aplicacion/.

- MikroTik. (2015). *MikroTik Routers and Wireless: About MikroTik*. Octubre 22,2015, de MikroTik Sitio web: http://www.mikrotik.com/aboutus

- Open Networking Foundation. (2015). *Software-Defined Networking (SDN) Definition*. Octubre 22, 2015, de Open Networking Foundation Sitio web: https://www.opennetworking.org/sdn-resources/sdn-definition

- Open Networking Foundation. (2015). *OpenFlow*. Octubre 22,2015, de Open Networking Foundation Sitio web: https://www.opennetworking.org/sdn-resources/openflow

- Radenkovic, B., Despotovic-Zrakic, M., Bogdanovic, Z., Vujin, V. & Barac, D. (2013). *Designing network infrastructure for an e-learning cloud*. The Fourth International Conference on e-Learning (eLearning-2013), 2015, Octubre 22, De eConference 2013 BD.

- Radenkovic, B., Despotovic-Zrakic, M., Bogdanovic, Z., Vujin, V. & Barac, D. (2014). *Harnessing Cloud Computing Infrastructure for e-Learning Services*.

Electronics and Energetics, Vol 27, No 3, pp.339 - 357. 2015, Octubre 22, De FACTA UNIVERSITATIS BD.

- Roa, JF.. (2013). *Seguridad activa: acceso a redes*. En Seguridad Informática (pp.144-168). Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.

- Souček, P., Slavata, O. & Holub, J.. (2013). *Innovation of laboratory exercises in course Distributed systems and computer networks*. Journal of Physics: Conference Series, 459, 1. 2015, Octubre 22, De IOPScience BD.

- Tanenbaum , A. & Wetherall, D.. (2012). *Introducción*. En Redes de Computadoras 5ta Edición (pp.1-72). México: Pearson.

- Web and Macros. (2015). *Definición del I+D+i. Investigación, desarrollo, innovación*. Octubre 22, 2015, de Web and Macros Sitio web: http://www.webandmacros.com/Investigacion_desarrollo_innovacion.htm

# ANEXO

## ANEXO 1.- Manual de Practicas.

## Título de la Práctica: **Introducción**

### Objetivos:

- Inducción al manejo y operación de los equipos a ser utilizados en el laboratorio
- Realizar las pruebas de acceso y operación
- Obtener conclusiones y resultados.

### Introducción: (marco teórico sintetizado)

**RoS**.- Es el sistema operativo embebido en los dispositivos **RouterBoard Mikrotik** el cual le permite al equipo operar de manera general como un ruteado dedicado multipropósito con una opción variada de configuraciones para implementar múltiples servicios de red como son: Firewall, Routing, Switching, MPLS,VPN, Control de Tráfico, etc..

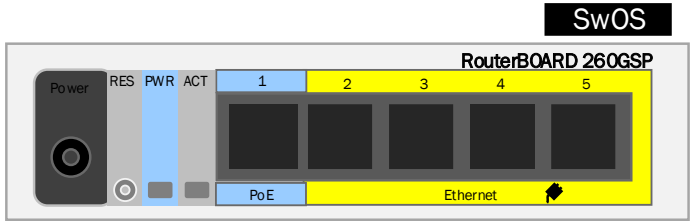
### Desarrollo de la Práctica: (Información preliminar)

Esta práctica está preparada para desarrollarse en dos fases distribuidas de la siguiente manera:

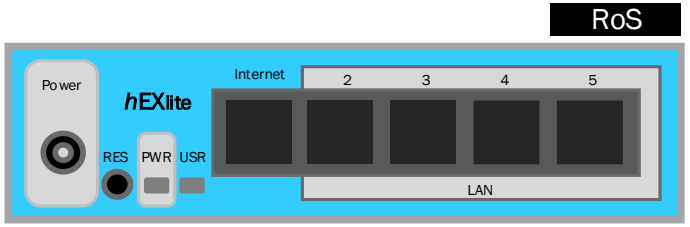
**Fase1.-** Dedicada a inducir al estudiante en el conocimiento acerca de la distribución física del laboratorio y sus componentes.

**Fase2**.- Dedicada a inducir al estudiante en el manejo básico de un equipo **RouterBoard**; el conocimiento de sus comandos, estructura, herramientas de administración, entre otros.

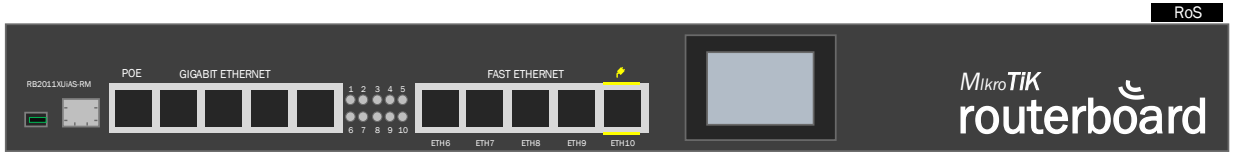
Switch L2 – Capa de Acceso (RB260GSP)

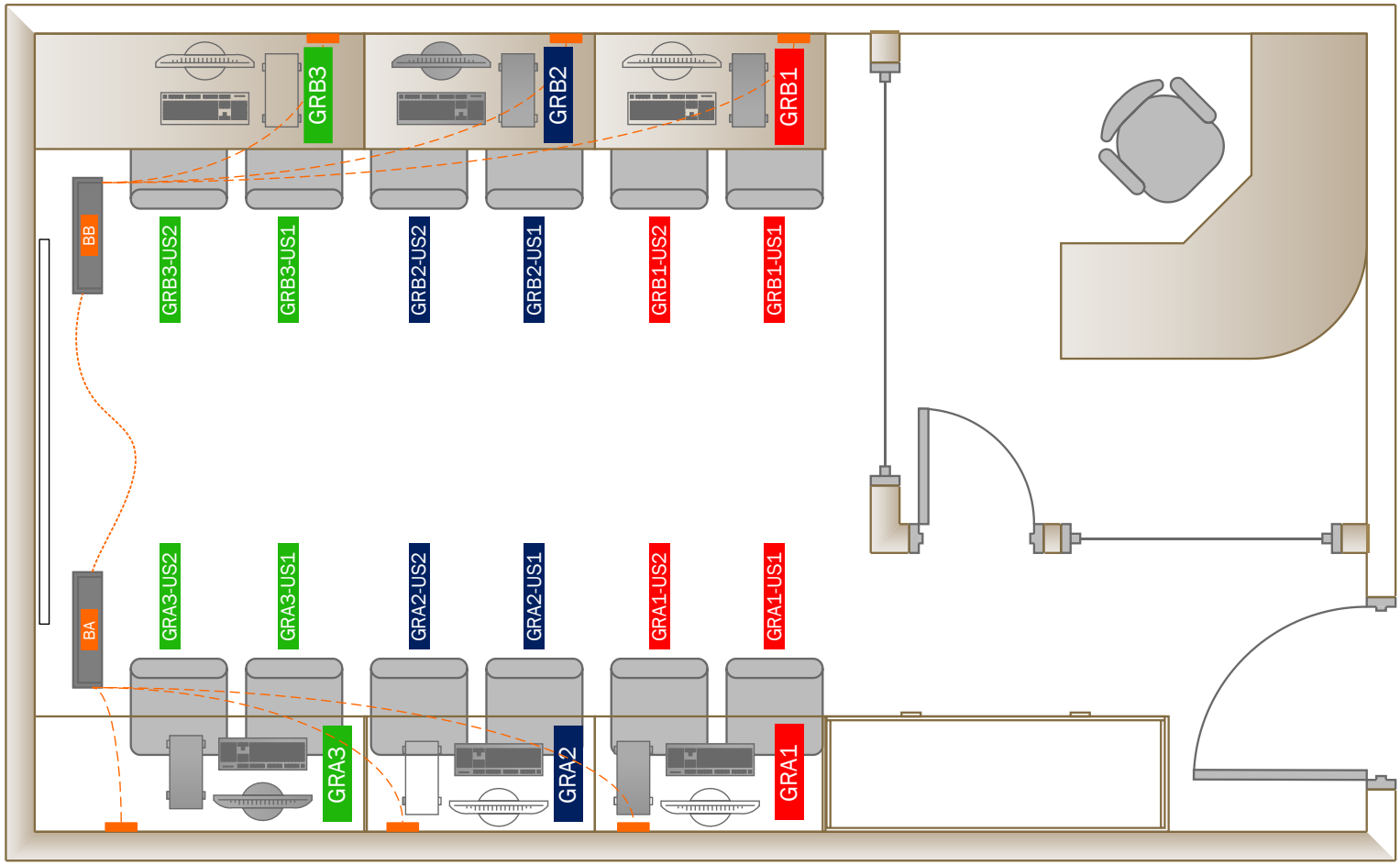



Router – Capa Distribución (RB750r2)




Router – Capa Core. (RB2011UiAS-RM)



## Fase 1: *Distribución Física*

Laboratorio (Puestos de Trabajo)