



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA
PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Comparación de protocolos de enrutamiento dinámico sobre
ipv4 e ipv6.**

AUTOR:

Pérez Fernández, Erivel

Componente práctico del examen complejo previo a la
obtención del título de **INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES**

REVISOR:

Córdova Rivadeneira, Luis Silvio

Guayaquil, Ecuador
08 de Marzo del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **componente práctico del examen complejo**, fue realizado en su totalidad por **Pérez Fernández, Erivel** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

REVISOR

Córdova Rivadeneira, Luis Silvio

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 8 del mes de Marzo del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Pérez Fernández, Erivel**

DECLARO QUE:

El **componente práctico del examen complejo, Comparación de protocolos de enrutamiento dinámico sobre ipv4 e ipv6**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 8 del mes de Marzo del año 2018

EL AUTOR

PÉREZ FERNÁNDEZ, ERIVEL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Pérez Fernández, Erivel**

Autorizo a la **Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** a la publicación en la biblioteca de la institución del **componente práctico del examen complejo, Comparación de protocolos de enrutamiento dinámico sobre ipv4 e ipv6**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 8 del mes de Marzo del año 2018

EL AUTOR

PÉREZ FERNÁNDEZ, ERIVEL

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento	Pérez_Erivel.docx (D36339574)
Presentado	2018-03-09 15:13 (-05:00)
Presentado por	fernandopm23@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisión Erivel Mostrar el mensaje completo 1% de estas 13 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.

Lista de fuentes		Bloques	
+	Categoría	Enlace/nombre de archivo	▢
+		RIP-salazar.ppt	✓
+	>	MORALES GARCÍA VÍCTOR HUGO.pdf	✓
+	Fuentes alternativas		
+	Fuentes no usadas		

Reiniciar Exportar Compartir

0 Advertencias

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Comparación de protocolos de enrutamiento dinámico sobre ipv4 e ipv6.

AUTOR: Pérez Fernández, Erivel

Componente práctico del examen complejo previo a la obtención del grado de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, en especial a mis padres, los mejores consejeros y maestros que he tenido. A mi esposa, compañera, amiga y consejera que ha estado ahí en los momentos más difíciles. Este logro es de ustedes.

EL AUTOR

PEREZ FERNANDEZ, ERIVEL

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento de todo corazón a todos los que han hecho posible que llegue este momento. A todos los profesores, que de una forma u otra han aportado a mi formación. A mis amigos, mis hermanos, los que están y los que no, saben que los llevo conmigo y son parte de cada uno de mis logros. A mi esposa, simplemente mi otra mitad. A mi familia, por todo el esfuerzo, por toda la comprensión aun cuando les fallé, por todo el apoyo y por siempre confiar en mí. A todos ustedes, gracias.

EL AUTOR

PEREZ FERNANDEZ, ERIVEL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
MANUEL DE JESUS ROMERO PAZ
DECANO

f. _____
MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____
EDWIN FERNANDO PALACIOS MELÉNDEZ
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
Resumen	XII
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE PRÁCTICO	13
1.1. Introducción.....	13
1.2. Objetivo General.	14
1.3. Objetivos Específicos.	14
CAPÍTULO 2: Fundamentación teórica.....	15
2.1. Características, función y sistema operativo del Router	15
2.2. Protocolos de enrutamiento dinámico.....	17
2.3. RIPv2 y RIPv3.....	20
2.4. EIGRP.....	22
2.5. OSPF y OSPFv3	24
Capítulo 3: Desarrollo del componente práctico.	26
3.1. Configuración y direccionamiento IP de la topología de red a utilizar	26
3.2. Configuración de los protocolos de direccionamiento en los routers.	28
3.3. Simulación y comparación de resultados.	34
Conclusiones.	42
Recomendaciones.	43
Referencias bibliográficas.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Router CISCO.	15
Figura 2. 2: Interior del router comercial.	16

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Topología de red.....	26
Figura 3. 2: Configuración RIP IPv4 en R1	29
Figura 3. 3: Configuración RIP IPv4 en R2.....	29
Figura 3. 4: Configuración RIP IPv4 en R3.....	29
Figura 3. 5: Configuración EIGRP IPv4 en R1	30
Figura 3. 6: Configuración EIGRP IPv4 en R2.....	30
Figura 3. 7: Configuración EIGRP IPv4 en R3.....	31
Figura 3. 8: Configuración OSPF IPv4 en R2	31
Figura 3. 9: Configuración OSPF IPv4 en R1	32
Figura 3. 10: Configuración OSPF IPv4 en R3	32
Figura 3. 11: Configuración RIPng en R1	33
Figura 3. 12: Configuración EIGRP IPv6 en R2.....	33
Figura 3. 13: Configuración OSPFv3 en R3.....	34
Figura 3. 14: Tabla de enrutamiento IPv6. EIGRP	35
Figura 3. 15: Tabla de enrutamiento IPv6. OSPFv3	36
Figura 3. 16: Tabla de enrutamiento IPv4. EIGRP	37
Figura 3. 17: Tabla de enrutamiento IPv6. RIPng.....	38
Figura 3. 18: Tabla de enrutamiento IPv4. RIP	38
Figura 3. 19: Tabla de enrutamiento IPv4. OSPF	39

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 3:

Tabla 3. 1: Direccionamiento IPv4 de las interfaces de los routers	27
Tabla 3. 2: Direccionamiento IPv6 de las interfaces de los routers	27
Tabla 3. 3: Direccionamiento IPv4 dispositivos finales.	27
Tabla 3. 4: Direccionamiento IPv6 dispositivos finales.	28
Tabla 3. 5: Cuadro comparativo entre los protocolos	40

Resumen

En una primera parte de la investigación se definen conceptos importantes para el tema a tratar. Se describen cuestiones generales acerca del enrutador, sus partes y su funcionamiento. A lo largo de la investigación se utiliza el término router, enrutador o encaminador indistintamente, así como los términos derivados de los mismos. Posteriormente se realiza un análisis teórico de los protocolos de enrutamiento dinámico RIPv2, RIPv6, EIGRP y OSPFv3, basándose en bibliografía especializada en esta rama. Por último se describe la implementación práctica de estos protocolos sobre la misma topología de red utilizando el simulador Packet Tracer, realizando la configuración de cada uno de los protocolos a comparar en cada uno de los routers así como el direccionamiento IP en todos los dispositivos de la red, para así poder realizar una comparación entre ellos. Con este fin se elabora una tabla comparativa que responde a varios factores obtenidos de la simulación y de los criterios teóricos valorados a lo largo de la investigación.

Palabras claves: ROUTER, PROTOCOLO, IPv4, IPv6, ALGORITMO, RIPv2, RIPv6, EIGRP, OSPF.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE PRÁCTICO

1.1. Introducción.

Las redes de comunicaciones de datos actuales poseen un conglomerado de alternativas de implementación que pueden abrumar a los encargados de gestionar las mismas. Puede resultar complicado escoger cual sería la topología, el protocolo, la configuración idónea atendiendo a las necesidades o las circunstancias de toda índole que se puedan presentar en una red de cualquier tipo y cualquier tamaño.

Una de estas paradojas puede resultar ser la elección adecuada del protocolo de enrutamiento que encaje con los requerimientos de la red a administrar. La presente investigación está destinada precisamente a comparar tres de estos protocolos para lograr una idea más clara de las ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Una vez conocidas estas, resultaría más sencillo escoger uno de los tres para satisfacer cualquier anomalía que pudiera ocurrir, así como garantizar un servicio de calidad de acuerdo a las exigencias de los tiempos modernos dada la relevancia que poseen este tipo de redes.

Con este propósito fueron elegidos los protocolos de enrutamiento dinámico RIP, EIGRP y OSPF para la topología utilizada con direccionamiento ipv4 y sus correspondientes para el caso de ipv6: RIPNG, EIGRP y OSPFv3.

1.2. Objetivo General.

Comparar los protocolos de enrutamiento dinámico RIP, EIGRP y OSPF implementados sobre redes ipv4 e ipv6 utilizando el simulador Packet Tracer.

1.3. Objetivos Específicos.

- a. Analizar teóricamente los protocolos RIP, EIGRP y OSPF.
- b. Configurar todos los equipos de la red WLAN así como los protocolos objeto de estudio.
- c. Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 2: Fundamentación teórica.

2.1. Características, función y sistema operativo del Router

El router es un dispositivo de capa 3 (capa de Red en OSI y capa de Internet en TCP/IP) que se encarga como su nombre lo indica de elegir el camino más conveniente para que la información llegue desde su origen hasta su destino. Para esto, se basa en una serie de parámetros y en diferentes protocolos que, dependiendo de las necesidades de la red, determinarán su funcionamiento. En la figura 2.1 se muestra un router con algunos de sus elementos característicos.

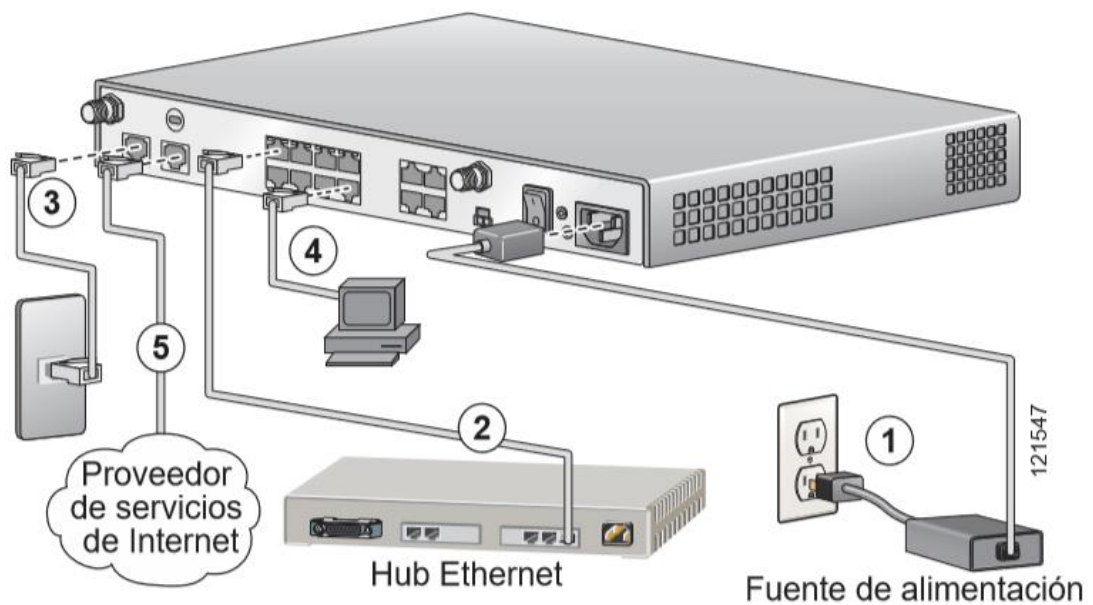


Figura 2. 1: Router CISCO.
Fuente:(Cisco Systems, 2005)

Para que una red opere eficientemente el papel del router es crítico ya que se responsabiliza de la interconexión entre diferentes redes. El éxito de una conexión eficiente depende de las especificaciones de los routers utilizados y de su forma de manejar los paquetes para que estos lleguen a

su destino correctamente y en el menor tiempo posible. (Figueroa F. & Aguiar M., 2013)

Según (Deepankar & Karthikeyan, 2007) “un enrutador es una computadora especializada que está equipada con hardware/software para el procesamiento de paquetes” (11). Aseguran además que debe contar con equipamiento suficiente para el procesamiento de protocolos de ruteo y debe ser configurable. En la siguiente figura se puede observar un router comercial como los que se encuentran en un hogar promedio, generalmente provisto por el ISP.

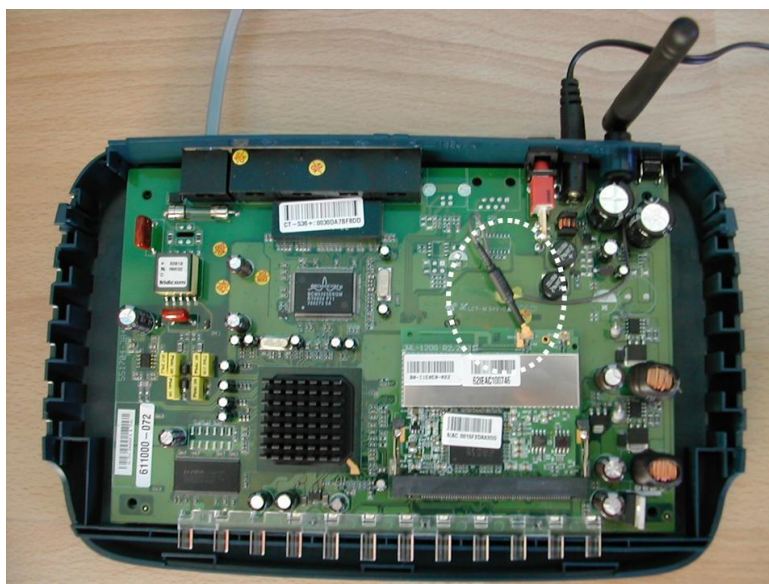


Figura 2. 2: Interior del router comercial.

Fuente: (Sánchez, 2006)

Al igual que en una computadora un router posee RAM, NVRAM, Flash, ROM e Interfaces. A continuación, se describe cada uno de estos elementos:

- RAM: La memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory) es la responsable de almacenar el búffering de paquetes, las colas de espera

de paquetes, tablas de enrutamiento, caché de conmutación rápida y caché ARP. Es importante mencionar que en caso de que el dispositivo se reinicie o se apague se perderá toda la configuración.

- NVRAM: Las siglas NV significan no volátil y en esta memoria se almacena precisamente la configuración de inicio del router que en este caso servirá como respaldo en caso de reinicio o de que se apague el dispositivo.

- Flash: Memoria de solo lectura que almacena la imagen y el código del SO. Es posible actualizarla, borrarla o volver a programarla atendiendo a las necesidades del operador.

- Interfaces: Por éstas ingresan y egresan los paquetes que encamina el router, se utilizan como conexiones de red.

El Sistema Operativo por otra parte es el responsable de regir los recursos del router, tanto de hardware como de software. En el caso de los routers CISCO, que serán los utilizados en la presente investigación, el sistema operativo que los rige se nombra IOS (Internetwork Operative System por sus siglas en inglés) y es el encargado de las tareas de enrutamiento, conmutación, internetworking y telecomunicaciones.(Suárez C. & Igua H., 2016)

2.2. Protocolos de enrutamiento dinámico.

La función de un protocolo de enrutamiento se da en entornos de red distribuidos, esto significa que, para que un nodo sea capaz de determinar el camino más corto hacia un destino específico, es necesario que este posea cierta información, el nodo necesita una manera de obtener información de

su vecino o de usar a su vecino para obtener información de otros nodos de la red. Al mismo tiempo el nodo necesita darle a conocer a su vecino la información que el posee. El rol principal de los protocolos de enrutamiento es facilitar todo el intercambio de información antes descrito de una manera estandarizada y en ocasiones también calcular el enrutamiento.(Deepankar & Karthikeyan, 2007)

Los protocolos de enrutamiento se pueden clasificar en estáticos y dinámicos. Para una topología de red de menor complejidad es factible utilizar un esquema de enrutamiento fijo, ya que es fácil administrar manualmente los posibles problemas que se puedan presentar. Sin embargo en una red de mayor complejidad y número de subredes se necesita cooperación entre los routers de manera dinámica, que favorezca la adaptabilidad de la red a las condiciones adversas que se puedan presentar. La información intercambiada entre routers, tiene que estar enfocada en determinar las redes que son accesibles, mediante qué dispositivos es posible llegar a ellas y el retardo específico presente en cada una de ellas para así evitar elegir caminos que presenten fallos o congestiones.(Stallings, 2004)

Los protocolos de enrutamiento dinámico deben entonces ser capaces de descubrir redes remotas, actualizar de manera constante las tablas de enrutamiento y la información de enrutamiento en general, así como de escoger en todo momento la ruta más idónea hacia las redes de destino

encontrando nuevas rutas en caso de afectarse la disponibilidad de las rutas que posee en un momento determinado (Cisco).

El tiempo de convergencia cuando está configurado en una red el enrutamiento dinámico es más rápido que cuando se utiliza enrutamiento estático, pero esto conlleva a una mayor utilización de RAM, CPU y ancho de banda de la red. Por estos motivos es más recomendable su aplicación en redes de mayor magnitud y que sea necesaria mantener la escalabilidad de la misma (Parciello, 2017).

Hasta este punto se concluye que el router, a través de los protocolos de enrutamiento que tenga configurado elige la ruta más eficiente para que un paquete determinado llegue a su destino. Para este propósito se basa en la métrica, que no es más que la cantidad de recursos necesarios para que el paquete llegue al host destinatario expresado en términos de ancho de banda, retardo, conteo de saltos, costo, carga o confiabilidad dependiendo esta de cada protocolo de enrutamiento. (Suárez C. & Iguá H., 2016)

Los routers utilizan algoritmos para escoger cuál sería la ruta menos costosa para entregar los paquetes. Con esta finalidad existen dos tipos de algoritmos de ruteo, los algoritmos de ruteo globales, que escogen el camino de menor costo usando el conocimiento global de la red, también llamados algoritmos de enrutamiento de estado de enlace (Link-State LS); y por otro lado el algoritmo de enrutamiento por vector distancia que es iterativo, asíncrono y distribuido. (Kurose & Ross, 2013)

Por otro lado (Kurose & Ross, 2013) afirman que al grupo routers que están bajo el mismo control administrativo (operados por el mismo ISP o la misma compañía de redes) se les llama sistemas autónomos(AS, por sus siglas en inglés). Estos routers operan bajo el mismo algoritmo y este algoritmo es llamado protocolo de Gateway Interior. Por su parte los protocolos que enlazan routers que se encuentran en diferentes AS son llamados Protocolos de Gateway Exteriores o Border Gateway.

Entonces los protocolos de enrutamiento dinámico se clasifican de acuerdo a los aspectos mencionados anteriormente. Existe una variedad de protocolos de enrutamiento dinámico entre los que se encuentran RIPv1, IGRP, RIPv2, EIGRP, OSPF, IS-IS y BGP. Más adelante en el Capítulo 3 se realizará una comparación entre estos protocolos y cada una de sus versiones atendiendo a los aspectos mencionados en esta sección y otros que se consideran relevantes para la justificación de la elección de los protocolos a implementar en la presente investigación.

2.3. RIPv2 y RIPvng

El protocolo de enrutamiento de información fue uno de los primeros protocolos de enrutamiento dinámico implementados. RIP es un protocolo que se asemeja mucho al ideal del algoritmo de vector distancia ya que en su versión 1 usa el conteo de saltos como métrica. El término salto se refiere al número de subredes recorridas hasta el destino del paquete incluyendo la propia subred destino recorriendo el camino más corto.(Kurose & Ross, 2013)

Existen una serie de condiciones que RIP cumple incluyendo la métrica de saltos ya mencionada. Su funcionamiento comienza cuando el enrutador es encendido, en este momento sólo conoce los caminos correspondientes a las redes que están directamente conectadas a él. Es entonces que envía información a sus vecinos sobre las redes que están conectadas y estos a su vez adquieren esta información y la procesan. Esta información es actualizada cada 30 segundos y enviada en formato UDP (User Datagram Protocol). El máximo de saltos que son permitidos en RIPv1 es de 15, para calcular la distancia hasta un destino se suman la distancia comunicada por un vecino hasta el destino y la distancia que hay hasta este vecino. Una ruta determinada posee un tiempo de vida de 180 segundos, es decir 6 actualizaciones de información.(Salcedo P., Hernandez, & Manta C., 2010)

En su segunda versión RIP mejora algunos problemas que presentaba su versión 1, principalmente el uso de VLSM y la autenticación. La autenticación la logra aumentando dos octetos al formato de entrada de RIPv1. En su anterior versión este formato tenía dos octetos en cero, para la nueva versión se agregan en estos dos octetos los campos siguiente salto y máscara de subred, que permiten el uso de VLSM en esta nueva versión. Para la autenticación se utilizó el formato de entrada de RIP, con una característica, si el espacio destinado al identificador de dirección de familia de la primera entrada del mensaje es 0xFFFF, entonces el resto de las entradas contiene autenticación.(Malkin, 1998)

El protocolo de enrutamiento de información de siguiente generación RIPng está basado como sus antecesores en UDP y los enrutadores en los que esté configurado realizan el envío y el recibo de datagramas a través del puerto 521.(Salcedo P. et al., 2010)

Entre sus limitaciones se encuentran al igual que en sus antecesores el tamaño de la red, ya que está restringida a un máximo de 15 saltos en su camino más largo. En la tabla de enrutamiento que debe tener cada router que implemente este protocolo existe una entrada para cada destino alcanzable por el router. Cada una de estas entradas debe contener al menos el prefijo IPv6 del destino, la métrica que representa el costo total hasta alcanzar el destino, la dirección del router siguiente en el camino hacia el destino, una bandera que indica que la información del router ha cambiado recientemente y temporizadores asociados con el enrutamiento.(Minnear & Malkin, 1998)

2.4. EIGRP

El protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior mejorado (EIGRP por sus siglas en inglés) es un protocolo de enrutamiento que utiliza el Algoritmo de actualización difusa (DUAL) y que es propiedad de Cisco. La característica principal de este protocolo es que utiliza algoritmos de Vector de Distancia y de Estado de Enlace, a pesar de que este es un protocolo de puerta interior (IGP) también ha sido utilizado como protocolo de puerta de enlace exterior. Además entre las ventajas de este protocolo están su convergencia rápida, su soporte para VLSM, sus actualizaciones y su

soporte para múltiples protocolos de la capa de red.(Rakheja, Kaur, Gupta, & Sharma, 2012)

Este protocolo utiliza un mecanismo que le permite aprender de manera dinámica sobre otros routers conectados a él directamente. Este mecanismo está basado en el enlace, el descubrimiento y la respuesta obtenida de cada uno de sus vecinos de red. Mediante este protocolo el router también será capaz de conocer cuándo un vecino no puede ser alcanzado o no se encuentra operativo. Esto lo logra enviando pequeños mensaje de comprobación de manera periódica, siempre que estos mensajes lleguen a su destino el enrutador garantiza que ese vecino está activo y operativo.(Albrightson, Garcia-Luna-Aceves, & Boyle, 1994)

EIGRP posee además un mecanismo de transporte confiable que es el encargado de que lleguen de manera ordenada y eficaz a cada uno de los destinos los paquetes enviados. Con EIGRP un router puede enviar información unicast o multicast y es capaz de determinar cuándo un paquete necesita confiabilidad y cuando no. Gracias a esto se logra manejar eficientemente los recursos de la red ya que no se sobrecarga con envíos de mensajes innecesarios de saludo por parte del router. Un ejemplo de esto es el caso de una red como Ethernet, que posee acceso múltiple y no es imprescindible enviar mensajes de saludo a cada router individualmente sino que se envía uno solo informando además que el paquete no necesita ser reconocido. Por otro lado mensajes de otro tipo como las actualizaciones si se especifica que es necesario el acuse de recibo.(Albrightson et al., 1994)

2.5. OSPF y OSPFv3

El protocolo abierto del primer camino más corto es usado usualmente como IGP, mientras IS-IS es usualmente implementado en redes de proveedores de internet de gran alcance y RIP es implementado en redes de pequeño alcance tales como redes empresariales o redes de proveedores de niveles inferiores. Otra particularidad de este protocolo es que es abierto, quiere decir que las especificaciones son públicas y están disponible para los usuarios.(Kurose & Ross, 2013)

OSPF utiliza la IP de destino de cada paquete a enrutar como única referencia para elegir un camino. Por su parte los paquetes viajan por el Sistema Autónomo correspondientes como si no estuvieran encapsulados en ningún otro protocolo. Este protocolo tiene la capacidad de detectar rápidamente cualquier cambio en la red y recalcula rápidamente nuevas rutas disponibles para el envío de los paquetes sin tener ningún tipo de bucle.(Moy, 1998)

En cuanto a la métrica, OSPF tiene la particularidad de ser configurable por el usuario de acuerdo a los requerimientos que necesite y además tiene la capacidad de “equilibrar las cargas entre múltiples caminos de igual coste”.(Stallings, 2004)

OSPF tiene además la característica de ser sin clase y de no tener un límite para realizar saltos como en el caso de RIP. Utiliza paquetes de estado de enlace (LSP) que responden a una necesidad específica del

funcionamiento del protocolo, el paquete de saludo que es de tipo 1 y que es enviado a todas las interfaces periódicamente; el paquete de descripción de base de datos de tipo 2, que son intercambiados una vez que la adyacencia se ha hecho efectiva y describen el contenido de la base de datos de estados de enlace; el paquete de petición de estado de enlace, de tipo 3, gracias a estos paquetes OSPF es capaz de luego de intercambiar las bases de datos de estado de enlace con sus vecinos, este solicita la información necesaria para actualizar su propia base de datos a partir de las bases de datos de sus vecinos; el paquete de actualización de estado de enlace, estos paquetes se envían a todos los routers de la red para actualizar sus tablas de estado de enlaces y por último los paquetes de reconocimiento de estado de enlace el cual es logrado que mediante el envío y recibo de los mismos(Moy, 1998)

Por otro lado OSPFv3 es una nueva versión de este protocolo desarrollada para Ipv6. Entre sus nuevas especificaciones incluyen evidentemente soportar direccionamiento Ipv6, es de rápida convergencia, soporta VLSM, está implementado para lograr amplia escalabilidad para la demanda de direccionamiento de nuestros tiempos. Por supuesto que para lograr todos estos propósitos esta versión consume muchos más recursos del router que su versión anterior.(García & Hugo, 2016)

Capítulo 3: Desarrollo del componente práctico.

3.1. Configuración y direccionamiento IP de la topología de red a utilizar

Una vez analizado todos los protocolos de enrutamiento dinámico resulta necesario establecer una configuración de red ponga a prueba cada uno de ellos para así evaluar su funcionamiento. La red escogida cumple ciertos parámetros para que dicha evaluación sea bajo las mismas características y que satisfaga las condiciones de funcionamiento de cada uno de los protocolos. Por ejemplo para RIPv2 resulte aplicable en nuestro modelo de red no debe tener esta más de 15 saltos en ninguno de sus caminos. Estas razones conllevaron a la selección de una red simple cuyo objetivo será poder implementar los 3 protocolos, mostrar su funcionamiento y realizar una comparación entre ellos.

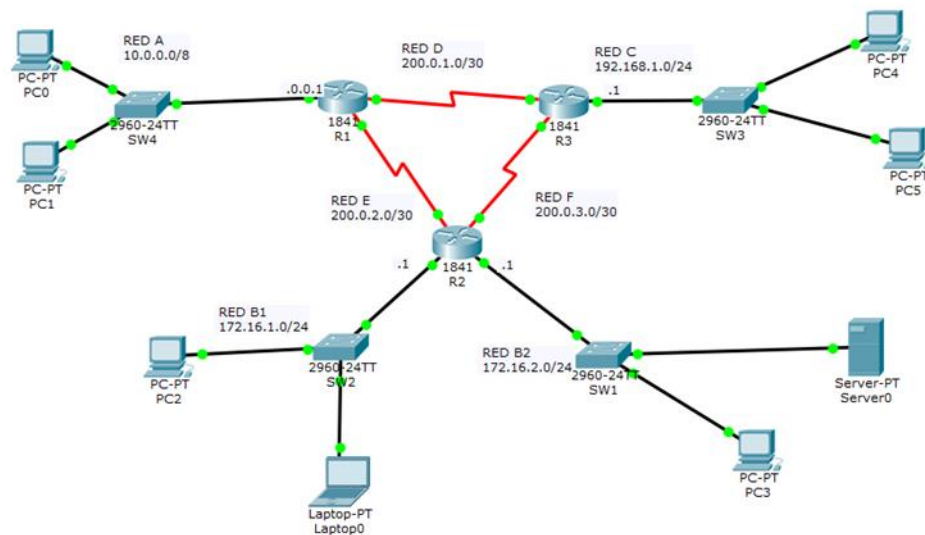


Figura 3. 1: Topología de red.
Elaborado por: Autor

Con este objetivo se construye la red mostrada en la figura XXXX, compuesta por tres routers, 4 switches y 8 dispositivos finales. A

continuación se muestran las tablas de direccionamiento IPv4 e IPv6 para los routers y los dispositivos finales. En el caso de IPv4 es importante mencionar que se utilizan en los dispositivos finales las direcciones IP correspondientes al primer y al último host posible en la red.

Tabla 3. 1: Direccionamiento IPv4 de las interfaces de los routers

Nombre/Interfaz	Dirección IP/Máscara
R1/ Fa0/0	10.0.0.1/8
R1/ S0/0/0	200.0.1.1/30
R1/ S0/0/1	200.0.2.1/30
R2/ Fa0/0	172.16.1.1/24
R2/ Fa0/1	172.16.2.1/24
R2/ S0/0/0	200.0.2.2/30
R2/ S0/0/1	200.0.3.1/30
R3/ Fa0/0	192.168.1.1/24
R3/ S0/0/0	200.0.1.2/30
R3/ S0/0/1	200.0.3.2/30

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 2: Direccionamiento IPv6 de las interfaces de los routers

Nombre/Interfaz	Dirección IP/Máscara
R1/ Fa0/0	2001:10:10:10::1/64
R1/ S0/0/0	2001:10:10:15::2/64
R1/ S0/0/1	2001:10:10:14::3/64
R2/ Fa0/0	2001:10:10:11::1/64
R2/ Fa0/1	2001:10:10:12::4/64
R2/ S0/0/0	2001:10:10:16::3/64
R2/ S0/0/1	2001:10:10:14::2/64
R3/ Fa0/0	2001:10:10:13::1/64
R3/ S0/0/0	2001:10:10:15::3/64
R3/ S0/0/1	2001:10:10:16::2/64

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 3: Direccionamiento IPv4 dispositivos finales.

Nombre	Dirección IP
PC0	10.0.0.2/8
PC1	10.255.255.254/8
PC2	172.16.1.2/24
Laptop0	172.16.1.254/24
PC3	172.16.2.2/24
Server0	172.16.2.254/24
PC4	192.168.1.2/24
PC5	192.168.1.254/24

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 4: Direccionamiento IPv6 dispositivos finales.

Nombre	Dirección IP
PC0	2001:10:10:10::2/64
PC1	2001:10:10:10::3/64
PC2	2001:10:10:11::2/64
Laptop0	2001:10:10:11::3/64
PC3	2001:10:10:12::2/64
Server0	2001:10:10:12::3/64
PC4	2001:10:10:13::3/64
PC5	2001:10:10:13::2/64

Elaborado por: Autor

3.2. Configuración de los protocolos de direccionamiento en los routers.

RIPv2

Una vez direccionada la red adecuadamente, se procede a realizar la activación de cada uno de los protocolos en cada router. Comenzando en este caso con RIPv2, para la topología de red con direccionamiento IPv4, la línea de comandos no difiere mucho en cada uno de ellos. Una vez dentro del modo de configuración desde el terminal del router con el comando `conf t`, se procede a la activación del protocolo RIP mediante `router rip`, a continuación es necesario especificar la versión que será activada, señalar las redes conectadas al router y por último desactivar la función de sumar redes, para permitir que el protocolo sea capaz de determinar si hay subredes en sus redes vecinas. La única variación entre la configuración de un router a otro son las redes conectadas a cada uno de ellos. A continuación se detalla el código de configuración en Packet Tracer para cada uno de los routers. (Cisco Systems, 2015)

```

R1>en
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router rip
R1(config-router)#version 2
R1(config-router)#network 10.0.0.0
R1(config-router)#network 200.0.2.0
R1(config-router)#network 200.0.1.0
R1(config-router)#no auto-summary
R1(config-router)#exit
R1(config)#exit
R1#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#

```

Figura 3. 2: Configuración RIP IPv4 en R1
Elaborado por: Autor

```

R2>en
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#router rip
R2(config-router)#version 2
R2(config-router)#network 200.0.2.0
R2(config-router)#network 172.16.1.0
R2(config-router)#network 172.16.2.0
R2(config-router)#network 200.0.3.0
R2(config-router)#no auto-summary
R2(config-router)#exit
R2(config)#exit
R2#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R2#

```

Figura 3. 3: Configuración RIP IPv4 en R2
Elaborado por: Autor

```

R3>en
R3#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#router rip
R3(config-router)#version 2
R3(config-router)#network 192.168.1.0
R3(config-router)#network 200.0.1.0
R3(config-router)#network 200.0.3.0
R3(config-router)#no auto-summary
R3(config-router)#^Z
R3#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R3#

```

Figura 3. 4: Configuración RIP IPv4 en R3
Elaborado por: Autor

EIGRP

Por su parte eigrp se configura de manera similar al caso anterior, comenzando por declarar el protocolo y en la misma línea de comando esta vez especificar el número del sistema autónomo en el que está trabajando, este número puede estar entre 1 y 65535. Posteriormente se declara cada una de las redes directamente conectadas a nuestro router y se desactiva la

opción de auto sumatoria para que sea capaz de determinar si existen subredes en cada una de ellas. Se puede observar durante la programación que el IOS nos muestra cuando el router descubre nuevas adyacencias. A continuación el detalle de la configuración de este protocolo en cada uno de los routers.(Cisco Systems, 2014)

```
R1>en
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router eigrp 1
R1(config-router)#network 10.0.0.0
R1(config-router)#network 200.0.1.0
R1(config-router)#network 200.0.2.0
R1(config-router)#
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 200.0.2.2 (Serial0/1/0)
is up: new adjacency
exit
R1(config)#^Z
R1#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router eigrp
% Incomplete command.
R1(config)#router eigrp 1
R1(config-router)#no auto-summary
R1(config-router)#
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 200.0.2.2 (Serial0/1/0)
resync: summary configured
```

Figura 3. 5: Configuración EIGRP IPv4 en R1
Elaborado por: Autor

```
R2>en
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#router eigrp 1
R2(config-router)#network 200.0.2.0
R2(config-router)#
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 200.0.2.1 (Serial0/0/0)
is up: new adjacency

R2(config-router)#network 200.0.3.0
R2(config-router)#network 172.16.1.0
R2(config-router)#network 172.16.2.0
R2(config-router)#no auto-summary
R2(config-router)#
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 200.0.2.1 (Serial0/0/0)
resync: summary configured
exit
R2(config)#
```

Figura 3. 6: Configuración EIGRP IPv4 en R2
Elaborado por: Autor

```

R3>en
R3#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#router eigrp 1
R3(config-router)#network 192.168.1.0
R3(config-router)#network 200.0.1.0
R3(config-router)#
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 200.0.1.1 (Serial0/0/0)
is up: new adjacency

R3(config-router)#network 200.0.3.0
R3(config-router)#
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 200.0.3.1 (Serial0/1/0)
is up: new adjacency

R3(config-router)#no auto-summary
R3(config-router)#
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 200.0.1.1 (Serial0/0/0)
resync: summary configured

%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 200.0.3.1 (Serial0/1/0)
resync: summary configured

R3(config-router)#exit
R3(config)#

```

Figura 3. 7: Configuración EIGRP IPv4 en R3
Elaborado por: Autor

OSPF

Para este protocolo en primer lugar se habilita su funcionalidad desde el modo de configuración en el terminal, como en los casos anteriores, pero en este particular se asigna un identificador de proceso que en nuestro caso será 1. Luego se añaden cada una de las redes adyacentes al router pero esta vez con su wildcard, es decir el complemento de la máscara de subred y con el identificador de área, que para nosotros será 0. Este proceso se detalla en las imágenes presentadas a continuación. (Cisco Systems, 2018)

```

R2>enable
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#network 200.0.2.0 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)#network 200.0.3.0 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)#network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 172.16.2.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#end
R2#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
|

```

Figura 3. 8: Configuración OSPF IPv4 en R2
Elaborado por: Autor


```

R1>en
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
R1(config-router)#network 200.0.2.0 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#network 200.0.1.0 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#end
R1#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

```

Figura 3. 9: Configuración OSPF IPv4 en R1
Elaborado por: Autor

```

R3>en
R3#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 200.0.1.0 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#network 200.
00:03:40: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 200.0.2.1 on Serial0/0/0
from LOADING to FULL, Loading Done

^
% Invalid input detected at '^' marker.

R3(config-router)#network 200.0.3.0 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#
00:04:20: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 200.0.3.1 on Serial0/1/0
from LOADING to FULL, Loading Done

R3(config-router)#end
R3#

```

Figura 3. 10: Configuración OSPF IPv4 en R3
Elaborado por: Autor

RIPng, EIGRP IPv6, OSPFv3

El proceso de configuración para estos tres protocolos es muy similar, para no ser repetitivos se darán algunas pautas generales y se mostrará la configuración en un router por protocolo. El primer paso para la configuración de cada uno de ellos es activar en los routers el protocolo IPv6 mediante el comando `ipv6 unicast-routing` en el modo configuración desde el terminal del dispositivo. (Cisco Systems, 2017)


```

Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#int f0/0
Router(config-if)#ipv6 rip 1 enable
Router(config-if)#exit
Router(config)#int s0/0/0
Router(config-if)#ipv6 rip 1 enable
Router(config-if)#exit
Router(config)#int s0/1/0
Router(config-if)#ipv6 rip 1 enable
Router(config-if)#exit
Router(config)#

```

Figura 3. 11: Configuración RIPng en R1
Elaborado por: Autor

En el caso de RIPng posterior a la activación de IPv6 en el router se procede a entrar en cada una de las interfaces que poseen conexiones y dentro de ellas se activa el protocolo RIP seguido del identificador de proceso, que en nuestro caso es 1 y el comando enable para que inicie. Este proceso se repite en cada una de las interfaces.(Cisco Systems, 2017)

```

R2>EN
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#ipv6 unicast-routing
R2(config)#ipv6 router eigrp 1
R2(config-rtr)#eigrp router-id 2.0.0.0
R2(config-rtr)#no shut
R2(config-rtr)#exit
R2(config)#int f0/0
R2(config-if)#ipv6 eigrp 1
R2(config-if)#int f0/1
R2(config-if)#ipv6 eigrp 1
R2(config-if)#int s0/0/0
R2(config-if)#ipv6 eigrp 1
R2(config-if)#int s0/1/0
R2(config-if)#ipv6 eigrp 1
R2(config-if)#exit
R2(config)#end
R2#

```

Figura 3. 12: Configuración EIGRP IPv6 en R2
Elaborado por: Autor

Para EIGRP y OSPFv3 existe una diferencia, una vez activado el protocolo IPv6 en el router se procede a activar el protocolo dinámico correspondiente y su identificador de Sistema Autónomo en el caso de EIGRP y de proceso en el caso de OSPFv3. Luego ambos protocolos exigen una identificación para el router, para EIGRP es necesario activar este

identificador ya que por defecto viene apagado(Cisco Systems, 2016). En este punto se procede a correr el protocolo en cada una de las interfaces conectadas especificando en ambos el número de proceso, que será 1 en ambos casos y para OSPFv3 se declara también el área en el que está operando, en esta oportunidad 0.(Cisco Systems, 2018)

```
R3>en
R3#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#ipv6 unicast-routing
R3(config)#ipv6 router ospf 1
%OSPFv3-4-NORTRID: OSPFv3 process 1 could not pick a router-
id,please configure manually
R3(config-rtr)#router-id 3.3.3.3
R3(config-rtr)#exit
R3(config)#int f0/0
R3(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
R3(config-if)#int s0/0/0
R3(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
R3(config-if)#int s0/1/0
R3(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
R3(config-if)#exit
R3(config)#end
R3#
```

Figura 3. 13: Configuración OSPFv3 en R3
Elaborado por: Autor

3.3. Simulación y comparación de resultados.

Una vez realizadas todas las configuraciones y comprobadas las mismas a través de envíos de mensajes simulados en cada una de las redes se procede a analizar cada una de las tablas de enrutamiento resultantes para cada una de las simulaciones. Se observa en ellas que la métrica por ejemplo se mantiene constante para cualquiera de los dos direccionamientos implementados en cada uno de los protocolos. Cabe destacar que las letras en el campo Type son distintivas y su leyenda es observable al introducir en el modo usuario privilegiado el comando *show ip route*, este muestra la tabla de enrutamiento en donde la letra C significa que la red está conectada al router, con este comando se observa mediante que vía está conectada

además, la letra L significa que es una red local, o subred, y las letras R, D y O corresponden a los protocolos RIP, EIGRP y OPSF en cualquiera de sus versiones respectivamente. (Cisco Systems, 2013b)

IPv6 Routing Table for R1

Type	Network	Port	Next Hop IP	Metric
C	2001:10:10:10::/64	FastEthernet0/0	---	0/0
L	2001:10:10:10::1/128	FastEthernet0/0	---	0/0
D	2001:10:10:11::/64	Serial0/0/0	FE80::240:BFF:FEE5...	90/20514560
D	2001:10:10:12::/64	Serial0/0/0	FE80::240:BFF:FEE5...	90/20514560
D	2001:10:10:13::/64	Serial0/1/0	FE80::240:BFF:FE41...	90/20514560
C	2001:10:10:14::/64	Serial0/0/0	---	0/0
L	2001:10:10:14::3/128	Serial0/0/0	---	0/0
C	2001:10:10:15::/64	Serial0/1/0	---	0/0
L	2001:10:10:15::2/128	Serial0/1/0	---	0/0
D	2001:10:10:16::/64	Serial0/0/0	FE80::240:BFF:FEE5...	90/21024000
D	2001:10:10:16::/64	Serial0/1/0	FE80::240:BFF:FE41...	90/21024000
L	FF00::/8	Null0	---	0/0

Figura 3. 14: Captura de tabla de enrutamiento IPv6. EIGRP
Elaborado por: Autor

Las tablas de enrutamiento brindadas por el simulador Packet Tracer muestran 5 campos fundamentales en la configuración del router. El primer campo es el tipo de protocolo activado en cada una de las interfaces del router; el segundo campo es la red a la que está conectada, el tercer campo es el puerto por el que se envía la información; el campo next hop ip como su nombre lo indica, se refiere al ip del próximo salto por ese puerto y por último la métrica que se compone de la distancia administrativa, (por defecto en cada protocolo) y el costo de la conexión a través de esa ruta, dependiendo del protocolo implementado.

IPv6 Routing Table for R1				
Type	Network	Port	Next Hop IP	Metric
C	2001:10:10:10::/64	FastEthernet0/0	---	0/0
L	2001:10:10:10::1/128	FastEthernet0/0	---	0/0
O	2001:10:10:11::/64	Serial0/0/0	FE80::240:BFF:FEE5:6D01	110/65
O	2001:10:10:12::/64	Serial0/0/0	FE80::240:BFF:FEE5:6D01	110/65
O	2001:10:10:13::/64	Serial0/1/0	FE80::240:BFF:FE41:DC01	110/65
C	2001:10:10:14::/64	Serial0/0/0	---	0/0
L	2001:10:10:14::3/128	Serial0/0/0	---	0/0
C	2001:10:10:15::/64	Serial0/1/0	---	0/0
L	2001:10:10:15::2/128	Serial0/1/0	---	0/0
O	2001:10:10:16::/64	Serial0/0/0	FE80::240:BFF:FEE5:6D01	110/128
O	2001:10:10:16::/64	Serial0/1/0	FE80::240:BFF:FE41:DC01	110/128
L	FF00::/8	Null0	---	0/0

Figura 3. 15: Captura de tabla enrutamiento IPv6. OSPFv3
Elaborado por: Autor

En el caso de las Figuras 3.14 y 3.16 por ejemplo en el campo Type se observa la letra D correspondiente al protocolo EIGRP configurado en este router. El campo network muestra las redes con las cuales el router posee adyacencia, los campos puerto y next hop ip mostrando correspondencia entre el puerto activado y el siguiente salto en caso de que existiera y por último la métrica pudiéndose observar una distancia administrativa de 90, típica de EIGRP y un costo de llegada que en el caso de EIGRP es el más complejo.

Para determinar dicho costo o métrica compuesta como le llaman algunos autores intervienen 4 factores, el ancho de banda (K1) que viene por defecto y tiene valor estático, el retardo(k3) posee las mismas características que el ancho de banda y al igual que este depende del tipo de enlace, la carga (k2) y la confiabilidad (K4, K5), que son valores dinámicos y dependen

de factores como el uso del enlace y el estado de la ruta. La fórmula entonces para calcular la métrica en EIGRP sería:

$Métrica = (K1 * AnchoDeBanda) + [(K2 * AnchoDeBanda / 256 - Carga)] + (K3 * Retardo)$. (Cisco Systems, 2013a)

Routing Table for R1				
Type	Network	Port	Next Hop IP	Metric
C	10.0.0.0/8	FastEthernet0/0	---	0/0
D	172.16.1.0/24	Serial0/1/0	200.0.2.2	90/20514560
D	172.16.2.0/24	Serial0/1/0	200.0.2.2	90/20514560
D	192.168.1.0/24	Serial0/0/0	200.0.1.2	90/20514560
C	200.0.1.0/30	Serial0/0/0	---	0/0
C	200.0.2.0/30	Serial0/1/0	---	0/0
D	200.0.3.0/30	Serial0/1/0	200.0.2.2	90/21024000
D	200.0.3.0/30	Serial0/0/0	200.0.1.2	90/21024000

Figura 3. 16: Captura de tabla de enrutamiento IPv4. EIGRP
Elaborado por: Autor

En el caso de las figuras 3.17 y 3.18 se muestra la tabla de enrutamiento de RIP. En el campo Type se observa la letra R correspondiente al protocolo RIP, los campos Network, Port y Next Hop Ip cumplen exactamente la misma función que en el caso de EIGRP y por último el campo Metric muestra la Distancia Administrativa de RIP que tiene un valor de 120 y el costo en este caso en número de saltos.

IPv6 Routing Table for R1

Type	Network	Port	Next Hop IP	Metric
L	2001:10:10:10::1/128	FastEthernet0/0	---	0/0
R	2001:10:10:11::/64	Serial0/0/0	FE80::240:BFF:FEE5:6D01	120/2
R	2001:10:10:12::/64	Serial0/0/0	FE80::240:BFF:FEE5:6D01	120/2
R	2001:10:10:13::/64	Serial0/1/0	FE80::240:BFF:FE41:DC...	120/2
C	2001:10:10:14::/64	Serial0/0/0	---	0/0
L	2001:10:10:14::3/128	Serial0/0/0	---	0/0
C	2001:10:10:15::/64	Serial0/1/0	---	0/0
L	2001:10:10:15::2/128	Serial0/1/0	---	0/0
R	2001:10:10:16::/64	Serial0/0/0	FE80::240:BFF:FEE5:6D01	120/2
R	2001:10:10:16::/64	Serial0/1/0	FE80::240:BFF:FE41:DC...	120/2
L	FF00::/8	Null0	---	0/0

Figura 3. 17: Captura de tabla de enrutamiento IPv6. RIPng
Elaborado por: Autor.

Routing Table for R1

Type	Network	Port	Next Hop IP	Metric
C	10.0.0.0/8	FastEthernet0/0	---	0/0
R	172.16.1.0/24	Serial0/1/0	200.0.2.2	120/1
R	172.16.2.0/24	Serial0/1/0	200.0.2.2	120/1
R	192.168.1.0/24	Serial0/0/0	200.0.1.2	120/1
C	200.0.1.0/30	Serial0/0/0	---	0/0
C	200.0.2.0/30	Serial0/1/0	---	0/0
R	200.0.3.0/30	Serial0/1/0	200.0.2.2	120/1
R	200.0.3.0/30	Serial0/0/0	200.0.1.2	120/1

Figura 3. 18: Captura de tabla de enrutamiento IPv4. RIP
Elaborado por: Autor

Por último las figuras 3.15 y 3.19 muestran la tabla de enrutamiento para OSPF, nuevamente en campo Type muestra las redes conectadas directa e indirectamente con el router así como el protocolo activado, en este

caso O, los campos Network, Port y Next Hop Ip mantienen la información brindada en los otros ejemplos y la métrica con una distancia administrativa de 110 con un costo basado en el ancho de banda típico de OSPF.

Routing Table for R1

Type	Network	Port	Next Hop IP	Metric
C	10.0.0.0/8	FastEthernet0/0	---	0/0
O	172.16.1.0...	Serial0/1/0	200.0.2.2	110/65
O	172.16.2.0...	Serial0/1/0	200.0.2.2	110/65
O	192.168.1.0...	Serial0/0/0	200.0.1.2	110/65
C	200.0.1.0/30	Serial0/0/0	---	0/0
C	200.0.2.0/30	Serial0/1/0	---	0/0
O	200.0.3.0/30	Serial0/0/0	200.0.1.2	110/128
O	200.0.3.0/30	Serial0/1/0	200.0.2.2	110/128

Figura 3. 19: Captura de tabla de enrutamiento IPv4. OSPF
Elaborado por: Autor

A través de los resultados obtenidos en la simulación y del estudio teórico realizado durante esta investigación, se está en condiciones ahora de realizar una comparación de estos tres protocolos teniendo en cuenta los aspectos que influyen en su funcionabilidad y operatividad para determinar las ventajas de la implementación de cada uno de ellos. Cabe destacar que estos protocolos como se mencionó con anterioridad tienen un comportamiento similar en IPv4 y en IPv6, cambiando únicamente además del direccionamiento obviamente, algunos aspectos en su configuración. Por este motivo el análisis se realizará entre los 3 protocolos en general sin tener en cuenta su versión, excluyendo obviamente a la primera versión de RIP,

ya que este no soporta VLSM como se mencionaba en el Capítulo 2 de la presente investigación.

Los factores que se considerarán importantes en el comportamiento de los protocolos y por los que se regirá nuestra comparación incluyen la métrica, la distancia administrativa, la velocidad de convergencia de los protocolos, su escalabilidad, el uso de recursos necesarios para su funcionamiento óptimo, si es libre o tiene propietario y la complejidad para atender algún problema al administrar la red.

La siguiente tabla muestra claramente y de manera resumida el resultado de dichas comparaciones.

Tabla 3. 5: Cuadro comparativo entre los protocolos

Factor	RIP	EIGRP	OSPF
Métrica	Número de saltos	Compuesta	Ancho de Banda (Costo)
Distancia Administrativa	120	90	110
Vel. Convergencia	Lenta	Instantánea	Rápida
Escalabilidad	Baja	Media	Alta
Recursos	Bajos	Medios	Altos
Propietario	Libre	CISCO	Libre
Complejidad	Baja	Baja	Alta

Elaborado por: Autor

La aplicación entonces de uno u otro protocolo dependerá como se determinó en un inicio de los requerimientos de la red. Por ejemplo, si el objetivo es una red pequeña, con dispositivos de pocos recursos y con personal poco capacitado para la atención de la misma, que no requiera una inversión considerable, entonces nuestra elección más idónea sería optar por RIP. Para redes medianas, pero que necesiten adaptaciones rápidas y

sin complejidad para los administradores, es recomendable EIGRP. Como último ejemplo si nuestra necesidad es implementar una red grande, con potencial escalable y se poseen los recursos tanto técnicos como monetarios, entonces OSPF sería nuestro protocolo a utilizar. De esta manera se pueden combinar los resultados de la tabla de comparación atendiendo a las necesidades de la red y del administrador de la misma.

Conclusiones.

- Existen varios factores que influyen en la operatividad de los protocolos de enrutamiento dinámico tales como, el tipo de algoritmo de enrutamiento que utiliza, su métrica, su escalabilidad, su complejidad a la hora de implementarlo y su velocidad de adaptación a los cambios de la red.
- La configuración de estos tres protocolos tanto para IPv4 como para IPv6 no resulta excesivamente compleja si se aplican los conocimientos de redes adquiridos.
- El comportamiento de los protocolos no varía considerablemente entre un direccionamiento IP y el otro.
- La selección de un protocolo determinado para su aplicación en una red específica depende en gran medida de las necesidades de la misma, así como de los recursos de que se disponga para su implementación.

Recomendaciones.

- Es importante incentivar este tipo de comparaciones en el ámbito estudiantil a través de las asignaturas impartidas ya que conlleva a un análisis profundo de cada uno de los elementos a comparar.
- Es necesario tener una idea clara tanto de los conceptos teóricos como de sus aplicaciones prácticas para lograr llegar a buenas conclusiones, profundizando así los conocimientos de los estudiantes.
- Se debe implementar en la materia Telemática un módulo de implementación práctico donde se configuren equipos mediante herramientas de simulación para lograr un contexto más cercano a lo que el estudiante enfrentará como profesional.

Referencias bibliográficas.

- Albrightson, R., Garcia-Luna-Aceves, J. J., & Boyle, J. (1994). EIGRP--A Fast Routing Protocol based on Distance Vectors. Recuperado a partir de <https://escholarship.org/uc/item/9h48b8x2>
- Cisco Systems. (2005). Instalación y cableado de routers Cisco 1801, Cisco 1802 y Cisco 1803 de servicios integrados. Recuperado a partir de https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/routers/access/1800/1801/hardware/quick/guide/spanish/1801_esp.pdf
- Cisco Systems. (2013a). Entendiendo de EIGRP. Recuperado el 2 de febrero de 2018, a partir de <https://supportforums.cisco.com/t5/routing-y-switching-documentos/entendiendo-de-eigrp/ta-p/3153957>
- Cisco Systems. (2013b). Rutas del host local instaladas en la tabla de ruteo en el Cisco IOS y el Cisco IOS XR. Recuperado el 3 de febrero de 2018, a partir de https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ip/ip-routing/116264-technote-ios-00.html
- Cisco Systems. (2014). Cisco IOS IP Configuration Guide, Release 12.2 - Configuring EIGRP [Cisco IOS Software Release 12.2]. Recuperado el 20 de febrero de 2018, a partir de https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2/ip/configuration/guide/fipr_c/1cfeigrp.html
- Cisco Systems. (2015). IP Routing: RIP Configuration Guide, Cisco IOS Release 15M&T. Recuperado a partir de https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute_rip/configuration/15-mt/irr-15-mt-book.pdf
- Cisco Systems. (2016). EIGRP IPv6 Configuration Example. Recuperado el 21 de febrero de 2018, a partir de

<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/enhanced-interior-gateway-routing-protocol-eigrp/113267-eigrp-ipv6-00.html>

Cisco Systems. (2017). Cisco Content Hub - IPv6: RIPng VRF-Aware Support. Recuperado el 23 de febrero de 2018, a partir de https://content.cisco.com/chapter.sjs?uri=/searchable/chapter/content/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute_rip/configuration/xe-16-5/irr-xe-16-5-book/irr-ipv6-ripng.html.xml&searchurl=https%3A%2F%2Fsearch.cisco.com%2Fsearch%3Fquery%3Dripng%2520router%2520configuration%26locale%3DenUS%26bizcontext%3D%26cat%3D%26mode%3Dtext%26clktyp%3Denter%26autosuggest%3Dfalse&dtid=osscdc000283.

Cisco Systems. (2018). IP Routing: OSPF Configuration Guide - Configuring OSPF [Cisco Cloud Services Router 1000V Series]. Recuperado el 21 de febrero de 2018, a partir de https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute_ospf/configuration/xe-16/iro-xe-16-book/iro-cfg.html

Deepankar, M., & Karthikeyan, R. (2007). *Network Routing*. Recuperado a partir de https://mafiadoc.com/network-routing-elsevier-store_5a21c24c1723ddeec05367f4.html

Figuroa F., J. C., & Aguiar M., J. E. (2013). *Diseño e implementación de un laboratorio para prácticas de configuración y operación de redes de utilización de protocolos de enrutamiento*. (Trabajo de Titulación). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado a partir de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1359>

García, M., & Hugo, V. (2016). *Análisis y simulación de los protocolos de enrutamiento ripng, ospfv3 y eigrp para ipv6, utilizando el emulador de red gns3* (Trabajo de Titulación). Universidad Técnica de Machala. Recuperado a partir de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7595>

- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2013). *Computer networking: a top-down approach* (6th ed). Boston: Pearson. Recuperado a partir de http://www.bau.edu.jo/UserPortal/UserProfile/PostsAttach/10617_1870_1.pdf
- Malkin, G. (1998). RIP Version 2. Recuperado el 15 de enero de 2018, a partir de <https://tools.ietf.org/html/rfc2453>
- Minnear, R. E., & Malkin, G. S. (1998). RIPng for IPv6. Recuperado el 15 de enero de 2018, a partir de <https://tools.ietf.org/html/rfc2080>
- Moy, J. (1998). OSPF Version 2. Recuperado el 3 de febrero de 2018, a partir de <https://www.ietf.org/rfc/rfc2328.txt>
- Rakheja, P., Kaur, P., Gupta, A., & Sharma, A. (2012). Performance Analysis of RIP, OSPF, IGRP and EIGRP Routing Protocols in a Network. *18, 48, 6*. Recuperado a partir de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.258.9377&rep=rep1&type=pdf>
- Salcedo P., O. J., Hernandez, C., & Manta C., H. C. (2010). Análisis y evaluación del routing information protocol RIP. *27, 14, 20*. Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v14n27/v14n27a10.pdf>
- Sánchez, D. (2006). Mejora de Cobertura de la Red Inalámbrica de Comtrend HG536+ [Departamento de TICs]. Recuperado el 15 de enero de 2018, a partir de <http://www.tecn.upf.es/~dssanchez/tutorials/antenaDESconectada.JPG>
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadores* (7a ed.). Pearson Prentice Hall. Recuperado a partir de https://www.academia.edu/5011511/Comunicaciones_y_Red_de_Computadores_7ma_Edici%C3%B3n_-_William_Stallings

Suárez C., O. A., & Iguá H., J. L. (2016). *Estudio, evaluación y comparación de protocolos de enrutamiento en tecnologías Cisco y Mikro-tik* (Trabajo de Titulación). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Recuperado a partir de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2835/6/IguaHerreraJersonLeandro2016.pdf>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **PÉREZ FERNÁNDEZ, ERIVEL** con C.C: # 0954540696 autor del Trabajo de Titulación: **Comparación de protocolos de enrutamiento dinámico sobre ipv4 e ipv6** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 08 de Marzo de 2016

f. _____

Nombre: PÉREZ FERNÁNDEZ, ERIVEL

C.C: 0954540696



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Comparación de protocolos de enrutamiento dinámico sobre ipv4 e ipv6.		
AUTOR(ES)	PÉREZ FERNÁNDEZ, ERIVEL		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. LUIS S. CÓRDOVA RIVADENEIRA		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	08 de marzo de 2018	No. DE PÁGINAS:	47
ÁREAS TEMÁTICAS:	Telemática, Sistemas de Comunicaciones, Informática		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	ROUTER, PROTOCOLO, IPv4, IPv6, ALGORITMO, RIPv2, RIPng, EIGRP, OSPF		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>En una primera parte de la investigación se definen conceptos importantes para el tema a tratar. Se describen cuestiones generales acerca del enrutador, sus partes y su funcionamiento. A lo largo de la investigación se utiliza el término router, enrutador o encaminador indistintamente, así como los términos derivados de los mismos. Posteriormente se realiza un análisis teórico de los protocolos de enrutamiento dinámico RIPv2, RIPng, EIGRP y OSPFv3, basándose en bibliografía especializada en esta rama. Por último se describe la implementación práctica de estos protocolos sobre la misma topología de red utilizando el simulador Packet Tracer, realizando la configuración de cada uno de los protocolos a comparar en cada uno de los routers así como el direccionamiento IP en todos los dispositivos de la red, para así poder realizar una comparación entre ellos. Con este fin se elabora una tabla comparativa que responde a varios factores obtenidos de la simulación y de los criterios teóricos valorados a lo largo de la investigación.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-5-2649406 +593-9-98132865	E-mail: erivelperez@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
No. DE REGISTRO (en base a datos):			
No. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			