

Diseño de una práctica de laboratorio para el aprendizaje del protocolo IS-IS en el entorno de simulación GNS3

Daniel Núñez Egea

Resumen— En este proyecto se ha realizado un conjunto de prácticas para la enseñanza a estudiantes de como transportar información de un lugar a otro de la red a través de un protocolo de encaminamiento llamado IS-IS, ya que a nivel profesional, en las empresas proveedoras de servicio de internet se utiliza en gran medida que en la enseñanza en las universidades. Por lo que el resultado de este proyecto, es realizar este conjunto de prácticas sobre un simulador llamado GNS3, para ver y aprender como interactúa dicho protocolo.

Palabras clave— IS-IS, GNS3, encaminamiento, simulador, prácticas, red, infraestructura, enseñanza, profesional.

Abstract— In this project has been realized a set of practices for the teaching of students transporting information from one place to another of the network through an IS-IS routing protocol, since a professional level, in the Internet Service Providers is used to a great extent than in teaching in universities. So the result of this project is to perform this set of practices on a simulator called GNS3, to see and learn how the protocol interacts.

Keywords— IS-IS, GNS3, routing, simulator, practices, network, infrastructure, teaching, professional.



1 INTRODUCCIÓN

EN la actualidad existen protocolos basados en sistemas autónomos, pero tienen ciertas deficiencias como por ejemplo una mayor sobrecarga en una red estable o, aunque poco frecuente, cuando hay una cantidad muy alta de encaminadores.

En la mayoría de universidades se estudian estos protocolos como base para entender cómo se transporta información de un lugar a otro de la red. Es por ello que los futuros ingenieros tengan estos conocimientos.

Para aplicar una solución a esta problemática, nos hemos encontrado un protocolo de encamina-

miento que resuelve estas deficiencias, aunque es similar a otros tipos de protocolos de encaminamiento, internamente funcionan de diferente forma.

En este caso, se escoge un protocolo que proviene de un estándar, que se utiliza mayoritariamente en el ámbito profesional como por ejemplo las empresas que proporcionan Internet.

Por lo tanto, para poner en práctica dicho protocolo que se utiliza en el mundo profesional, se persigue diseñar una serie de prácticas de laboratorio de dicho protocolo en un entorno de simulación.

Para realizar dicha hazaña, se precisa del conocimiento en la configuración de encaminadores, conmutadores y máquinas virtuales (VM).

A continuación, se muestra tanto el objetivo principal de este proyecto como los objetivos específicos.

- E-mail de contacto: Daniel.NunezE@e-campus.uab.cat
- Mención realizada: Tecnologías de la información.
- Trabajo tutorizado por: Sergi Robles Martínez (Departamento de Ingeniería de la Información y de las Comunicaciones).
- Curso: 2016/2017.

1.1. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es diseñar una práctica de laboratorio para el aprendizaje del protocolo IS-IS en el entorno de simulación GNS3.

Y para llevarlo a cabo nos planteamos dividir este objetivo en cuatro objetivos específicos que están priorizados según la secuencia en la que se realizan. Estos objetivos específicos son:

- Configurar una infraestructura de red para la simulación de las prácticas mediante GNS3.
- Diseñar tres escenarios por práctica sobre cuales experimentar el protocolo.
- Crear diferentes prácticas para aprender el protocolo IS-IS.
- Documentar los procesos realizados para la elaboración de la práctica.

El resto del presente artículo se estructura en el estado del arte, para conocer el estado actual en el que se encuentra la enseñanza de los protocolos de encaminamiento y el estado del protocolo que se utiliza para hacer las prácticas. También se ve la metodología utilizada junto a la planificación que se impone para realizar este proyecto. A continuación se ve el desarrollo descriptivo de las prácticas realizadas junto a los resultados de estas prácticas. Finalmente se puede ver las conclusiones extraídas tras la realización de este proyecto, así como los agradecimientos, bibliografía de las fuentes de información consultadas y los anexos de los enunciados de las prácticas realizadas.

2 ESTADO DEL ARTE

Primeramente se define que es un protocolo de encaminamiento. Un protocolo de encaminamiento especifica cómo los encaminadores se comunican entre sí, difundiendo información que les permite seleccionar rutas entre dos nodos cualesquiera en una red informática. Los algoritmos de encaminamiento determinan la elección específica de la ruta. Cada encaminador tiene un conocimiento a priori de las redes conectadas a él directamente. El protocolo de encaminamiento comparte esta información primero entre vecinos inmediatos, y luego en toda la red. De esta manera, los encaminadores obtienen conocimiento de la topología de la red.

Aunque hay muchos tipos de protocolos de encaminamiento, existen dos clases principales en las redes IP:

- Protocolos de puerta de enlace interior (IGP[1]) como OSPF[2], IS-IS[3], RIP[4], iBGP[5].
- Protocolos de puerta de enlace exterior (EGP[6]) como BGP[7].

Hemos utilizado un protocolo IGP como es IS-IS, el cual proviene de un estándar ISO[8], para la creación de las prácticas para el aprendizaje de los alumnos, ya que actualmente se enseña mayoritariamente, el encaminamiento de datagramas con protocolos de puerta de enlace interior, que a nivel profesional, como por ejemplo los proveedores de servicio de Internet (ISP[9]), no es común encontrarlos.

Para ello, el protocolo IS-IS está basado en sistemas autónomos, aunque existen de otros protocolos que también se basan en esta tecnología. También hemos escogido este protocolo por la problemática que puede haber con otros protocolos de la misma índole.

El protocolo IS-IS da solución a la problemática que supone utilizar otros protocolos de puerta de enlace interior, como es el rendimiento de la red cuando hay una infraestructura extensa. También proporciona ventajas respecto otros protocolos como es conectar áreas por niveles, es decir, poder pasar la información entre una misma área, entre diferentes áreas o ambas.

Existen diferentes simuladores de redes como son Cisco Packet Tracer”[10], pero tienen la problemática de que son poco potentes para la simulación de redes, además de tener pocas características para ello.

Es por ello que para las prácticas del desarrollo de este proyecto, se realizan con el simulador GNS3 [11], que mediante el software Dynamips[12], simula el sistema operativo de Cisco[13], haciendo así una herramienta de simulación potente con muchas características que permiten simular diferentes estructuras de redes.

En la siguiente sección se ve la parte de las prácticas, tanto la metodología y planificación, como el desarrollo en la que se explica las diferentes prácticas realizadas, y como se trata el protocolo IS-IS, incluso fusionándolo con otro protocolo de puerta de enlace exterior como es BGP.

3 PRÁCTICAS DE IS-IS

A continuación se explica cómo se realiza la parte del desarrollo a partir de la metodología escogida, así como el diseño y el análisis del desarrollo y proyecto en la parte de la planificación.

3.1. Metodología

Para poder realizar exitosamente los objetivos propuestos, hemos seguido una metodología incremental, es decir, se centra en cuatro fases definidas en el conforman el modelo espiral.

Esta metodología ha sido seleccionada dado que incorpora objetivos de calidad y reduce riesgos en el proyecto en caso de que haya errores, y por ello ha considerado que es la mejor para este tipo de proyecto.

3.1.1. Modelo Espiral

El modelo utilizado en la metodología es el modelo Espiral, dado que incorpora objetivos de calidad y reduce riesgos en el proyecto en caso de que haya errores, es decir, haya una buena implementación.

A continuación, se muestra un ejemplo de la espiral de desarrollo de un proyecto.



Fig. 1: Modelo Espiral.

Para explicar este tipo de metodología nos centramos en la Figura 1 del modelo en espiral. Hemos querido adaptar el modelo espiral de Barry W. Boehm [14] al trabajo, ya que como podemos ver en la Figura 1, se ilustran las fases por las que se realizará el proyecto.

Primeramente, se empieza por el bucle interno de la espiral. Se determinan los objetivos de esta primera fase del proyecto, es decir, se fijan los objetivos específicos. En esta fase, Barry hace hincapié en los objetivos específicos. En este caso haría referencia en el diseño de una parte de la práctica del proyecto para el aprendizaje del protocolo.

Seguidamente, se realiza el análisis de riesgos que tiene el trabajo, para así hacer una buena implementación de este. Se identifican las actividades de la fase y se planean casos alternativos para

reducir este riesgo. En esta fase el autor del modelo espiral realiza el análisis de riesgos, pero este paso ya lo contemplamos en la primera fase, que es el diseño. Es por ello que, en este cuadrante, realizamos el desarrollo del mismo.

A continuación, se desarrolla el proyecto y se realizan las pruebas necesarias para un buen resultado. En esta fase Barry hace referencia al desarrollo del proyecto. Aquí hemos visto posible realizar la experimentación, pruebas y aplicar escenarios para la verificación de la fase en la cual se encuentra.

Finalmente, en la fase del proyecto actual, se revisa que se ha realizado las tareas convenientemente y que no hay errores. En el caso de que haya errores se volvería a realizar la fase actual. En esta fase el autor del modelo espiral planifica la siguiente fase, en la cual se realiza otra actividad. En este caso hemos querido realizar la documentación de la fase realizada, ya que la planificación de la siguiente fase se hace en el diseño, es decir, en la primera etapa.

A continuación, veremos cómo se aplicarán las fases del proyecto a la metodología.

3.2. Planificación

Para realizar la planificación del proyecto, hemos dividido ésta en dos, las fases del proyecto y el diagrama de Gantt.

3.2.1. Fases del proyecto

Para poder realizar la práctica de simulación, hemos decidido planificar cada iteración del bucle del modelo espiral con cuatro fases. En la Figura 1 se puede apreciar estas fases.

Cada objetivo corresponde a una fase del proyecto, por lo que a continuación, definiremos en qué consiste cada fase del trabajo.

La primera fase, consiste en plantear, diseñar funcionalidades que aplicar a los dispositivos de red y planificar posibles escenarios para estas funcionalidades, para que a posteriori se puedan implementar y experimentar respectivamente.

En la segunda fase, hemos querido realizar la implementación de estos dispositivos de red, así como la configuración de sus funcionalidades ya previamente diseñadas y pensadas.

En la siguiente fase, se experimenta sobre los escenarios creados y se realizan pruebas para la detección y corrección de errores. Esta fase también sirve para ver si se ha implementado correc-

tamente aquello que en la primera fase se ha diseñado.

Finalmente, hemos querido documentar todos los procesos de la fase actual para el aprendizaje del colectivo de alumnos. En esta fase se detalla un enunciado y se realiza un sistema de puntuación de cada fase según el nivel de dificultad que ha supuesto realizar esta.

Para realizar la planificación de este modelo de puntuación, el autor, ha realizado el siguiente esquema:

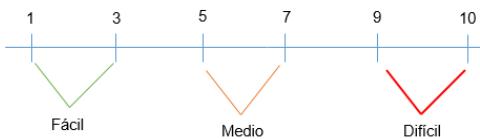


Fig. 2: Planificación de dificultad de las prácticas.

Dentro del entorno de simulación, hemos visto necesario realizar diferentes prácticas para el aprendizaje del protocolo IS-IS. Como indica la Figura 2, las diferentes prácticas se evaluarán según el nivel de dificultad. En el caso de que hagan las dos primeras prácticas correctamente, el estudiante tendrá una puntuación de 3 siendo estas las más fáciles.

A continuación, para que el estudiante pueda aprobar tendrá que realizar correctamente la primera práctica del nivel medio.

Finalmente, si el colectivo de estudiantes desea tener la máxima nota, tendrá que realizar las prácticas opcionales que representan un nivel más elevado.

3.2.2. Diagrama de Gantt

Para poder realizar una planificación correcta del desarrollo del proyecto, mostramos a través de la Figura 3 representada por el Diagrama de Gantt la planificación del proyecto.

Esta figura, representa los días en los cuales se van a realizar las actividades propuestas en las fases planificadas, así como los días de diversas entregas.

Estas entregas han sido definidas con los números que podemos ver en el inferior de la figura. En el siguiente esquema se muestra que significan.

1. Reunión Inicial.
2. Entrega del Informe Inicial.
3. Entrega del Informe de Progreso I.
4. Entrega del Informe de Progreso II.

5. Entrega de la propuesta de Informe Final.
6. Entrega de la propuesta de Presentación.
7. Entrega Final al tutor.
8. Entrega del Poster.
9. Defensa del TFG.

Queremos mostrar cómo se representa este desarrollo en el diagrama. Se divide en cinco meses y una semana que se desarrolla el proyecto, indicando las semanas de cada mes y los siete días de cada semana, ya que tenemos disponibilidad horaria de todos los días de la semana salvo el segundo día.

Primeramente, de color verde y el primer día de la semana, se indica la realización del diseño ya explicado anteriormente.

Seguidamente, de color azul, y los días tres y cuatro, hacemos la implementación del diseño.

A continuación, de color naranja, y los días cinco y seis, realizamos la experimentación en la que se encuentra la iteración del bucle del modelo espiral.

Finalmente, de color rojo y el séptimo día, documentamos todos los procesos y actividades de la fase en la cual se encuentra.

Cabe destacar que los primeros y últimos días son de documentación ya que se realiza el informe inicial y la entrega de los últimos informes respectivamente.

A continuación, se da paso a la explicación de cada práctica realizada.

3.3. Desarrollo

Como se ha podido ver en la planificación anterior, el desarrollo consta de seis prácticas las cuales no todas son dependientes de la anterior. En la Figura 4 se muestra un esquema de dependencia de las prácticas.

Seguidamente explicamos el desarrollo de cada práctica.

Para la primera práctica se prepara el entorno de simulación creando una infraestructura de dispositivos de red interconectados que servirá para poder realizar las siguientes cinco prácticas. Una vez hecho esto, se implementa el protocolo de enrutamiento IS-IS para poder enviar información entre los dispositivos de red de toda la infraestructura. El objetivo de esta práctica es que se entienda y se aprenda como funciona el protocolo enrutamiento IS-IS de un modo general.

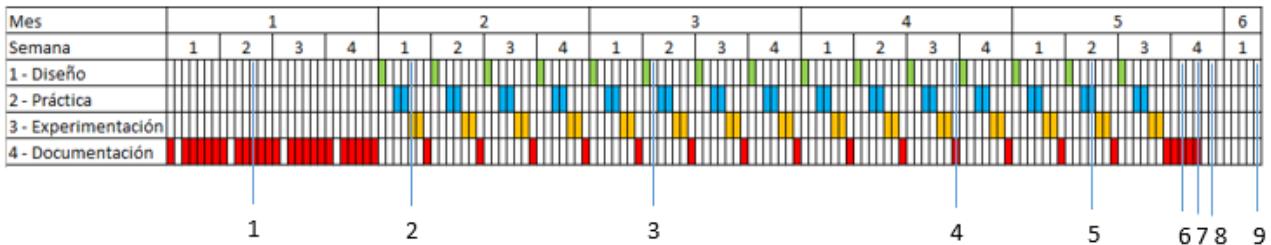


Fig. 3: Diagrama de Gantt para la planificación del proyecto.

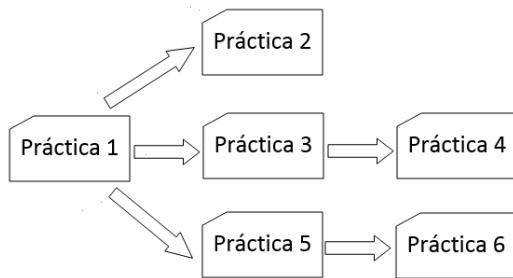


Fig. 4: Dependencias de las prácticas.

A continuación, se muestra la figura de la infraestructura creada.

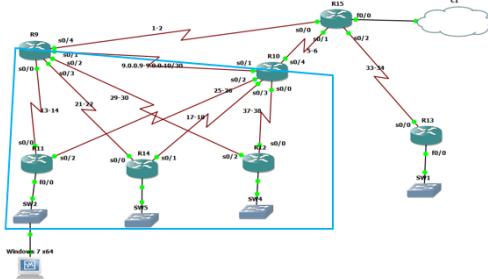


Fig. 5: Topología de red en GNS3. Practica 1.

Esto se consigue con el encaminamiento del protocolo IS-IS, con un área determinada en un encaminador hacia otra área. Lo que hace este protocolo interior, es crear una especie de mapa mientras se converge la red, pudiendo así establecer enlaces adyacentes con los vecinos del encaminador donde se implemente.

Como podemos ver a continuación el datagrama IPv4 quedaría de la siguiente forma:

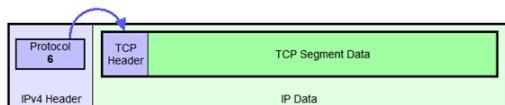


Fig. 6: Datagrama IPv4 sin extensiones. Práctica 1.

La complejidad de esta práctica para el estudiante es baja ya que montar la infraestructura y configurar el protocolo IS-IS se realiza en espacio

pequeño de tiempo y es fácil de entender.

La segunda práctica consta de coger una parte de la infraestructura creada en la primera práctica e implementar el protocolo IPv6 para un conjunto de encaminadores para que dos ordenadores, de extremo a extremo, se puedan comunicar con el protocolo de encaminamiento IS-IS, es decir, que el objetivo es ver como se comporta el protocolo IPv6 sobre el protocolo de encaminamiento IS-IS cuando se comunican dos ordenadores de extremo a extremo de la infraestructura escogida.

A continuación se muestra la infraestructura escogida para esta práctica.

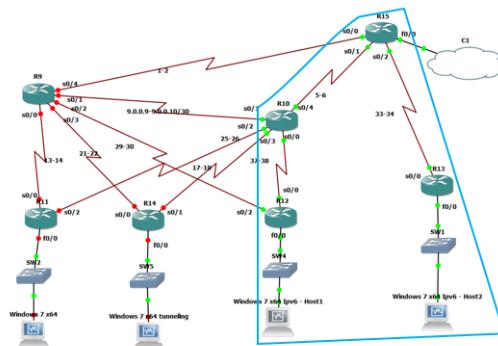


Fig. 7: Topología de red IPv6. Práctica 2.

Esto se consigue configurando con IPv6 las interfaces de todos los encaminadores sobre los cuales va a ser el camino, y configurando el enrutamiento tanto en IS-IS como en BGP, ya que el autor ha preferido seguir este orden de prácticas por motivo de organización del trabajo. Las personas que quieran seguir el orden de las prácticas harán el enrutamiento del protocolo IPv6 solo con IS-IS. El funcionamiento de esta práctica, es como la anterior, solo que hay al haber BGP se tienen que publicar los vecinos y las redes de los encaminadores que utilizan este tipo de protocolo de enrutamiento. En la Figura 8 podemos ver el datagrama IPv6 resultante.

La complejidad de esta práctica para el estudiante es baja ya que configurar una parte de la infraestructura creada con IPv6 y comprobar su

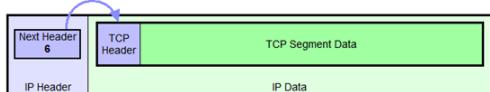


Fig. 8: Datagrama IPv6 sin extensiones. Práctica 2.

funcionamiento de extremo a extremo es sencillo de entender y realizar.

La tercera práctica consiste en coger otra parte de la infraestructura montada en la primera práctica y configurar esa parte de la infraestructura realizando tunneling de IPv6 sobre IPv4 bajo el protocolo de encaminamiento IS-IS, ya que el objetivo de esta es ver como se comporta dicho tunneling con dicho protocolo de encaminamiento.

A continuación se muestra la figura de la infraestructura escogida para esta práctica.

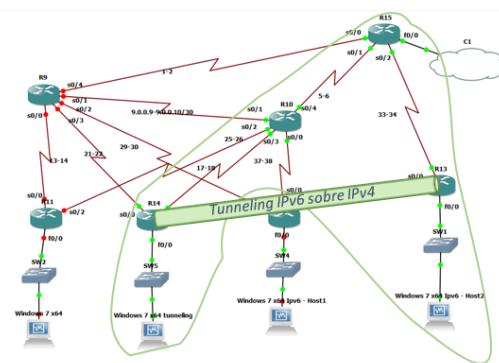


Fig. 9: Topología de tunneling IPv6 sobre IPv4 en GNS3. Práctica 3.

Esta hazaña se consigue configurando la interfaz del túnel tanto en el encaminador origen como en el encaminador del destino. Este funcionamiento consiste en encapsular el datagrama IPv6 dentro del IPv4 para así poder llegar a su destino a través de una red con IPv4 y llegar al destino de IPv6.

Por lo tanto el protocolo IS-IS lo tomará como un datagrama IPv4 y podrá enviarlo a través de toda la infraestructura.

Como en la práctica anterior, por razones comentadas anteriormente esta práctica la hemos realizado también con BGP. Por lo que si las personas que quieren realizar la práctica quieren hacerlo, podrían hacerlo solamente con el protocolo de enrutamiento IS-IS. A continuación se muestra el datagrama IPv6 sobre IPv4 resultante.

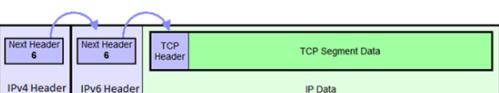


Fig. 10: Datagrama tunneling IPv6 sobre Ipv4. Práctica 3.

La complejidad de esta práctica para el estudiante es media-alta ya que configurar una parte de la infraestructura creada haciendo tunneling con IPv6 e IPv4 puede llegar a ser difícil de entender e implementarlo.

La cuarta práctica se basa en coger la misma parte de la infraestructura escogida en la tercera práctica y aplicar seguridad IPSec combinado con ISAKMP[15], sobre el tunneling creado, ya que el objetivo de esta práctica es ver como se comporta el protocolo de encaminamiento IS-IS sobre la seguridad de dicho tunneling.

A continuación se muestra la figura de la infraestructura escogida para esta práctica.

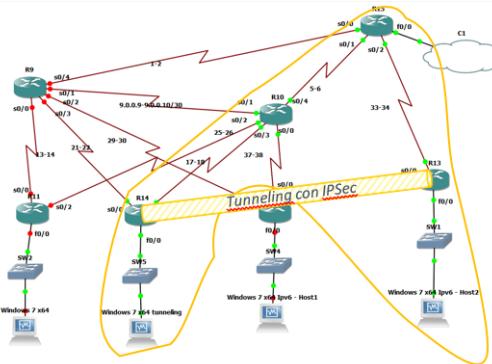


Fig. 11: Topología de tunneling con IPSec en GNS3. Práctica 4.

Esto se realiza configurando un protocolo criptográfico como es isakmp, y aplicando esta configuración a IPSec, para poder aplicarlo en la interfaz del túnel en ambos encaminadores. El funcionamiento de esto consiste en compartir una clave criptográfica para mantener el anonimato, y aplicar IPSec para cifrar el campo de datos y autenticar las cabeceras para evitar problemas de integridad, autenticación, no repudio y confidencialidad. La configuración en cuanto a enrutamiento es exactamente la misma que la práctica anterior. Como podemos ver a continuación, el datagrama de tunneling con IPSec quedaría de la siguiente forma:

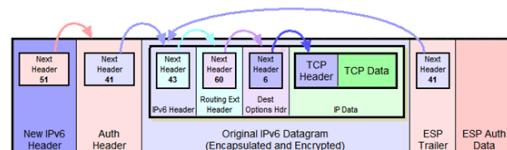


Fig. 12: Datagrama tunneling con IPSec (AH y ESP) Modo Túnel. Práctica 4.

La complejidad de esta práctica para el estudiante es media-alta ya que hay que configurar el anterior túnel con seguridad y puede llegar a

confundir y ser difícil de entender que protocolo o conjunto de protocolos se ha de utilizar para poder dar seguridad al túnel.

La quinta práctica, forma como parte opcional del aprendizaje del protocolo de encaminamiento IS-IS, y consiste en configurar los encaminadores fronterizos con BGP para redistribuir la información que llega del protocolo de encaminamiento IS-IS. Es decir, el objetivo es ver como se comporta un protocolo de puerta de enlace interior como es IS-IS con un protocolo de enlace exterior como es BGP.

A continuación se muestra la figura de la infraestructura escogida para esta práctica.

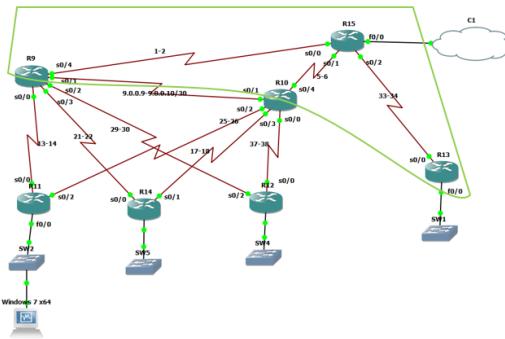


Fig. 13: Topología de red en GNS3. Practica 5.

Esto se consigue con el enrutamiento del protocolo IS-IS distribuyendo el datagrama a BGP, con lo que se hace la unión de la conexión. El funcionamiento de BGP es sencillo, se le pasa las IP de los encaminadores vecinos que tiene y las redes que conoce, así que un vecino tendrá IS-IS para poder redistribuir este protocolo con BGP con los comandos que hemos visto en el desarrollo. Para poder llegar al siguiente encaminador, le indicamos cual es el vecino a cual daremos el siguiente salto, así le pasa el datagrama al siguiente encaminador. Dicho protocolo actúa con sistemas autónomos (AS), es decir, que tenemos que tener en cuenta la forma en que le pasamos el datagrama dependiendo del sistema autónomo en que se sitúe los encaminadores vecinos. En la Figura 14 se puede ver los diferentes sistemas autónomos para BGP.

La complejidad de esta práctica para el estudiante es alta ya que hay que configurar y entender como se pueden transmitir información protocolos de puerta de enlace externos e internos, en este caso IS-IS con BGP.

Por último, la sexta práctica se basa en configurar, a partir de la quinta práctica, el acceso hacia Internet de los dispositivos de red pasando por la infraestructura creada con el protocolo de encadenamiento.

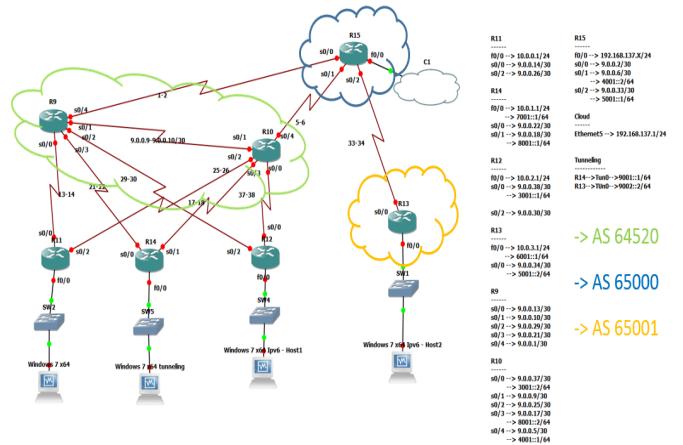


Fig. 14: Topología BGP con Sistemas Autónomos. Práctica 5.

minamiento IS-IS, continuando la redistribución de información de dicho protocolo al protocolo BGP y finalmente pasar por una nube (la que simula ser Internet), para comprobar que efectivamente podemos salir hacia Internet con la infraestructura creada y configurada con los protocolos de encaminamiento escogidos.

A continuación se muestra la figura de la infraestructura escogida para esta práctica.

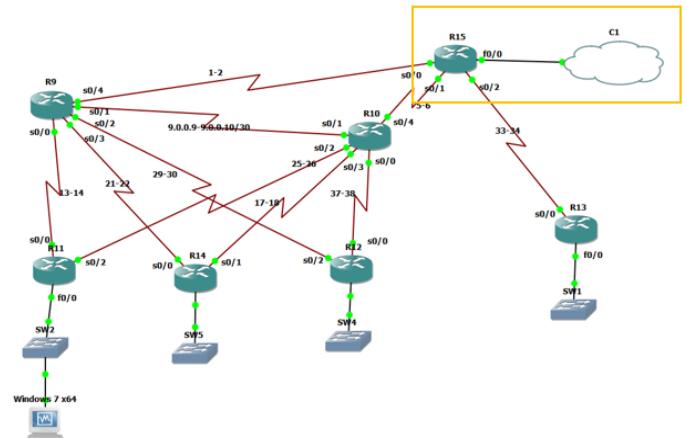


Fig. 15: Topología de red en GNS3. Practica 6.

El funcionamiento se ha realizado con las demás prácticas acabadas, desde un encaminador, ha salido hacia Internet para obtener conexión. Primero se utiliza un enrutamiento con el protocolo IS-IS, después se redistribuye el datagrama a través del protocolo BGP ya implementado en la anterior práctica, y finalmente, a partir del adaptador de bucle invertido creado en la máquina real, sale hacia Internet.

Como se puede apreciar en la Figura 16 se muestra el funcionamiento de una máquina virtual dentro de la infraestructura de red creada saliendo hacia Internet.

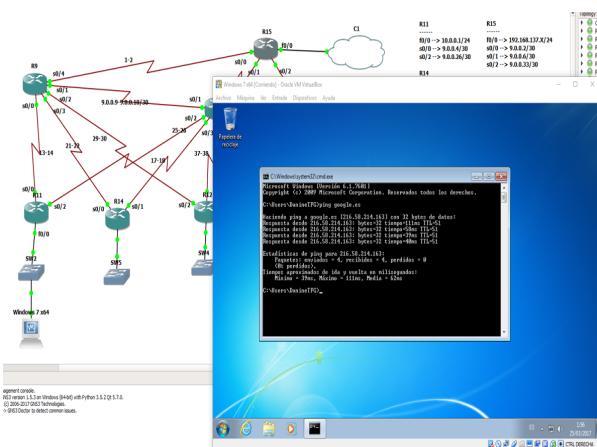


Fig. 16: Funcionamiento de cliente a Internet. Práctica 6.

La complejidad de esta práctica para el estudiante media-alta, según el dominio que tenga el estudiante en configurar adaptadores de red en el sistema operativo que se utilice y saberlo configurar en el simulador.

Las pautas y la información necesaria para la realización de estas prácticas están detalladas en el enunciado que se da de cada práctica en los anexos de este artículo.

4 RESULTADOS

En este apartado, el autor del proyecto, ha querido reflejar los resultados como una tabla comparativa sobre las horas aplicadas en cada práctica entre el alumnado y el autor del trabajo.

4.1. Tabla comparativa

En la Tabla 1, a través de una tabla comparativa, se compara las horas que ha dedicado el autor del proyecto según el nivel de dificultad de las prácticas y cuanto deberían ser las horas teóricas para que otras personas las puedan realizar.

Como se puede apreciar en la tabla, hay un fuerte incremento de horas en las prácticas 2, 3 y 6. El autor del proyecto tenía conocimientos difusos a la hora de implementar la práctica 2. A continuación en la práctica 3, el autor del trabajo ha realizado diversas pruebas para poderla implementar ya que las fuentes de información que se encontraba no eran compatibles con dicha práctica. Finalmente en la práctica 6, pese a tener las fuentes de información correctas, la máquina real del autor no podía realizar la implementación de dicha práctica, por lo que se tuvo que encontrar más fuente de información para resolver este problema. Estas prácticas han sido diseñadas para una

asignatura como puede ser la de TAI (Tecnologies Avançades d'Internet). Contando las horas que corresponden a los créditos de una asignatura como puede ser la mencionada, y con las fuentes de información correctas y la máquina con que se van a implementar las prácticas es la correcta, las horas del alumnado deberían ser menores como se muestra en la tabla.

5 CONCLUSIONES

A continuación, se exponen las conclusiones de este trabajo en base a los objetivos establecidos al comienzo de este. En relación con el objetivo principal del proyecto, que era diseñar una práctica de laboratorio para el aprendizaje del protocolo IS-IS en el entorno de simulación GNS3, se trata de un objetivo cumplido, ya que como podemos ver en las figuras de los resultados, funciona la conexión entre los elementos de toda la infraestructura de red con el protocolo de encaminamiento IS-IS. En cuanto a los objetivos específicos, el primero de ellos era configurar una infraestructura de red para la simulación de las prácticas mediante GNS3, se ha cumplido correctamente ya que como podemos comprobar en las figuras del desarrollo de la práctica 1, se crea, se configura y se prueba la conexión entre los dispositivos de red con el protocolo de encaminamiento IS-IS, y esta funciona.

El siguiente objetivo específico consistía en diseñar tres escenarios por práctica sobre cuales experimentar el protocolo, por el cual podemos observar en el desarrollo, que se ha creado solamente un escenario por práctica, ya que el autor del proyecto ha considerado que era replicar la configuración varias veces.

Otro de los objetivos específicos era crear diferentes prácticas para aprender el protocolo IS-IS, por lo que se puede observar en todo el desarrollo, que se ha cumplido correctamente, ya que se han creado 6 prácticas según el nivel de dificultad de cada práctica y en la que intervenga el protocolo de encaminamiento IS-IS para el aprendizaje de este.

Finalmente, el último objetivo específico, consistía en documentar los procesos realizados para la elaboración de la práctica. Como podemos observar, se ha documentado para cada práctica, un enunciado, la resolución completa de cada práctica y los resultados de esta.

El autor del proyecto, ha podido comprobar que a través de preparar la enseñanza para que

TABLA 1: TABLA COMPARATIVA AUTOR-ESTUDIANTES.

h/dificultad	Práctica 1	Práctica 2	Práctica 3	Práctica 4	Práctica 5	Práctica 6
Autor	10h	25h	25h	11h	15h	25h
Estudiante	3h	6h	8h	8h	5h	5h

los alumnos aprendan el contenido que se da, se aprende mucho más que si lo hiciera solamente para él solo, ya que tiene que ir preparado e ir más avanzado que los alumnos para poder enseñarles.

Se ha tratado con todos los elementos que se pretendía tratar, aunque el autor del trabajo, ha considerado alguna posible extensión del trabajo, como podría ser la inclusión de la creación de un servidor web en una de las partes de la infraestructura para poder ver como interactúa el protocolo IS-IS con él. También crear, como en la práctica 6, un adaptador de bucle interno para que la infraestructura de red con IPv6, salga a Internet. Finalmente, como otra posible extensión, sería crear reglas de acceso, para denegar o permitir el acceso según el protocolo, o lo que se requiera.

AGRADECIMIENTOS

El autor del proyecto ofrece su agradecimiento a su tutor Sergi Robles, ya que le ha orientado de principio a fin a la hora de enfocar el proyecto y posibles mejoras de este.

REFERENCIAS

- [1] P. Gross, Editor. Choosing a Common IGP”for the IP Internet. RFC 1371. (1992).
- [2] J. Moy. OSPF Version 2. RFC 2328. (1998).
- [3] D. Oran. OSI IS-IS Intra-domain Routing Protocol. RFC 1142. (1990).
- [4] G. Malkin. RIP Version 2. RFC 2453. (1998).
- [5] T. Bates, cisco Systems, R. Chandra. BGP Route Reflection An alternative to full mesh IBGP. RFC 1996. (1996).
- [6] Eric C. Rosen. EXTERIOR GATEWAY PROTOCOL (EGP). RFC 827. (1982).
- [7] K. Lougheed, cisco Systems, Y. Rekhter,T.J., Watson Research Center, IBM Corp. A Border Gateway Protocol (BGP). RFC 1105. (1989).
- [8] ISO. All About ISO: About ISO. Página web. (2017). [Consultado: 16/03/2017]. Disponible en Internet: <https://www.iso.org/about-us.html>
- [9] n.p. Internet service provider. Página web. (2017). [Consultado: 16/03/2017]. Disponible en Internet: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_service_provider
- [10] Cisco. Packet Tracer. Página web. (2017). [Consultado: 16/03/2017]. Disponible en Internet: <https://www.netacad.com/es/about-networking-academy/packet-tracer/>
- [11] n.p. GNS3 Documentation: DOCUMENTATION. Página web. (2017). [Consultado: 14/02/2017]. Disponible en Internet: <https://docs.gns3.com/>
- [12] n.p. Dynamips. Página web. (2016). [Consultado: 16/03/2017]. Disponible en Internet: <https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamips>
- [13] Cisco. Intermediate System-to-Intermediate System Protocol. Página web. (n.d.). [Consultado: 14/02/2017]. Disponible en Internet: http://www.cisco.com/en/US/products/ps6599/products_white_paper09186a00800a3e6f.shtml
- [14] B. W. Boehm. “A spiral model of software development and enhancement”. Computer (1988): 61 - 72. Web. 6 Agosto 2002. <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/59/?reload=true>
- [15] n.p. Internet Security Association and Key Management Protocol. Página web. (2016). [Consultado: 14/05/2017]. Disponible en Internet: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Security_Association_and_Key_Management_Protocol

ANEXO

A ENUNCIADOS DE LAS PRÁCTICAS

En este anexo se muestra los enunciados de las prácticas realizadas en la parte del desarrollo del proyecto.

A.0.1. Práctica 1

A.0.1.1. Enunciado

El protocolo IS-IS es un protocolo de enrutamiento diseñado para transportar información eficientemente, dentro de una internet. Esta hazaña se logra determinando la mejor ruta a través de

los encaminadores. El objetivo de esta práctica es aprender el funcionamiento del protocolo IS-IS sobre una infraestructura creada previamente con el simulador GNS3. Para comenzar, al iniciar GNS3, nos pedirá que imagen queremos utilizar para los encaminadores. Seleccionamos una de las imágenes (.iso o .image), almacenadas en la computadora. En nuestro caso, es la imagen “c3725-adventerprisek9-mz.124-25d” ya que a diferencia de otras, esta nos permite una mayor cantidad de memoria RAM respecto a las demás. En la figura 6, la zona marcada, muestra tanto la topología que se ha de utilizar para poder implementar el protocolo IS-IS, como las direcciones asociadas a cada una de las interfaces.

A.0.1.2. Ejercicios a realizar

Implementar el protocolo IS-IS con la topología de la figura 1. La zona azul es la que debe ir con dicho protocolo.

El momento en el que el R11 reciba respuesta al hacer ping con R12 se da la práctica 1 como finalizada.

A.0.2. Práctica 2

A.0.2.1. Enunciado

El protocolo de Internet IPv6, es la versión más reciente de IP, el protocolo de comunicaciones que proporciona un sistema de identificación y localización para dispositivos de red y rutas de tráfico a través de Internet. La mayor diferencia con IPv4 es que tiene un mayor espacio de direcciones, ya que se aumenta hasta los 128 bits. El objetivo de esta práctica es aprender el funcionamiento del protocolo IS-IS con una parte de la infraestructura creada previamente con el simulador GNS3, utilizando la versión 6 del protocolo IP. En la figura 7, la zona marcada, muestra tanto la topología que se ha de utilizar para poder implementar IPv6, como las direcciones asociadas a cada una de las interfaces.

A.0.2.2. Ejercicios a realizar

Configurar las interfaces de los encaminadores con direcciones IPv6. Configurar los encaminadores con los protocolos de enrutamiento que pertenezca según la zona, con IPv6. La zona azul es la que debe ir con dicho protocolo.

El momento en el que el R12 reciba respuesta al hacer ping con R13 se da la práctica 2 como finalizada.

A.0.3. Práctica 3

A.0.3.1. Enunciado

Un protocolo de tunneling, permite a un usuario de la red acceder o proporcionar un servicio de red, cuya red no admite ni proporciona directamente. Un uso importante es permitir un protocolo sobre otro protocolo diferente. El claro ejemplo es IPv6 sobre IPv4. El objetivo de esta práctica es aprender el funcionamiento del protocolo IS-IS sobre una parte de la infraestructura de red ya creada con GNS3, haciendo tunneling IPv6 sobre IPv4. En la figura 8, la zona marcada muestra la topología de red la cual se establecerá el túnel, así como las direcciones IPv6 para dicho túnel.

A.0.3.2. Ejercicios a realizar

Configurar la interfaz de túnel en las dos interfaces salientes de los encaminadores en los cuales se va a aplicar el tunneling.

El momento en el que el R14 reciba respuesta al hacer ping con R13, y se vea a través de wireshark que están claramente los dos protocolos (IPv4 e IPv6), se da la práctica 3 como finalizada.

A.0.4. Práctica 4

A.0.4.1. Enunciado

IPSec es un conjunto de protocolos de red, que autentica y cifra los paquetes de datos enviados a través de una red. También permite la autenticación mutua entre dos hosts al inicio de sesión y negociación de claves criptográficas para su uso durante la sesión. El objetivo de esta práctica es aprender como configurar el túnel creado anteriormente para darle protección y seguridad a partir del funcionamiento del protocolo IS-IS junto BGP, sobre una infraestructura creada previamente con el simulador GNS3. En la figura 9, la zona marcada muestra la topología de red la cual se establecerá el túnel protegido y con seguridad.

A.0.4.2. Ejercicios a realizar

1. Crear la configuración del protocolo criptográfico “isakmp”.
2. Crear la clave compartida.
3. Crear la configuración del conjunto de protocolos IPSec.
4. Crear un perfil de IPSec.
5. Aplicar la configuración IPSec al túnel creado.

El momento en el que el R14 reciba respuesta al hacer ping con R13, y se vea a través de wireshark que están claramente IPsec implementado, se da la práctica 4 como finalizada.

A.0.5. Práctica 5

A.0.5.1. Enunciado

El protocolo BGP, es un protocolo diseñado para intercambiar información de enrutamiento y accesibilidad entre sistemas autónomos en Internet. Este protocolo toma las decisiones de enrutamiento basadas en rutas, políticas de red o un conjunto de reglas configuradas por un administrador de red. También participa en las tomas de decisiones de enrutamiento básicas. El objetivo de esta práctica es aprender el funcionamiento del protocolo IS-IS para tener un protocolo interior, junto BGP que es un protocolo exterior, sobre una infraestructura creada previamente con el simulador GNS3. A partir de la primera práctica, configuramos lo que queda de la infraestructura de red, como podemos ver en la figura 10 en la zona marcada.

A.0.5.2. Ejercicios a realizar

Implementar el protocolo BGP con la topología de la figura 1. La zona verde es la que debe ir con dicho protocolo.

El momento en el que el R11 reciba respuesta al hacer ping con R13 se da la quinta práctica como finalizada.

A.0.6. Práctica 6

A.0.6.1. Enunciado

El objetivo de esta práctica es aprender como configurar nuestra máquina real para que un usuario pueda tener acceso a Internet a partir del funcionamiento del protocolo IS-IS junto BGP, sobre una infraestructura creada previamente con el simulador GNS3. Cabe decir que estas prácticas están diseñadas y realizadas para un entorno de Windows. En este caso se ha realizado con Windows 10 x64 bits. Para poder realizar esta práctica y añadir una máquina virtual (VM), tenemos que ir a la pestaña del simulador GNS3 “Edit”, y a continuación “Preferences”. Dentro de la pestaña “VirtualBox”, le daremos a “VirtualBox VMs” y clicamos en “New” para añadir la máquina virtual que hayamos creado para poder comprobar el funcionamiento a Internet. A partir de la quinta práctica, configuraremos lo que queda de la infraestructura de red, como podemos ver en la figura 11 en la zona marcada.

A.0.6.2. Ejercicios a realizar

1. Configurar el adaptador de red virtual para que haga de puente el simulador con el adaptador real de la computadora.
2. Configurar el encaminador frontera con Internet a través de NAT para traducir las direcciones del simulador, en direcciones reales de la computadora.

El momento en el que el encaminador R11 reciba respuesta al hacer ping con el DNS de google (8.8.8.8), se da la práctica 6 como finalizada.