

## **Limitaciones del Simulador Packet Tracer en la enseñanza de Redes TCP/IP**

**Daniel Arias Figueroa, Ernesto Sánchez, Gustavo Gil, Loraine Gimson**

CIDIA – Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada

Facultad de Ciencias Exactas – Universidad Nacional de Salta

daaf@cidia.unsa.edu.ar, esanchez@cidia.unsa.edu.ar, gdgil@unsa.edu.ar, lgimson@cidia.unsa.edu.ar

### **Resumen**

Desde hace un tiempo ya, el uso de herramientas de software de simulación ha demostrado ser de gran utilidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje de redes de computadoras. Son muchas las ventajas que se pueden enumerar, entre las que se destacan, la reducción significativa en costos de adquisición de dispositivos de red tales como routers, switches, cableado, entre otros. Así mismo, se reducen los tiempos para la puesta en marcha de los laboratorios físicos convencionales.

Este trabajo describe las limitaciones encontradas de la herramienta de simulación de redes Packet Tracer de Cisco, utilizada en la enseñanza de redes de computadoras en asignaturas y cursos en el nivel universitario.

**Palabras clave:** enseñanza de redes ip, protocolos tcp-ip, simulación

### **Introducción**

Desde hace un tiempo ya, el uso de herramientas de software de simulación ha demostrado ser de gran utilidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje de redes de computadoras. Son muchas las ventajas que se pueden enumerar, entre las que se destacan, la reducción significativa en costos de adquisición de dispositivos de red tales como routers, switches, cableado, entre otros. Así mismo, se reducen los tiempos para la puesta en marcha de los laboratorios físicos convencionales.

Desde lo pedagógico, podemos decir que la incorporación de tales herramientas, es altamente motivacional en el aprendizaje de

aspectos de naturaleza abstracta, tales como modelo de capas, modelo de servicios y comunicaciones entre procesos, por citar algunos. El hecho de poder “armar” una topología de red, desde un único entorno y posteriormente poder visualizar el proceso de comunicación, mediante un “modo simulación”, es lo que hace tangible el modelo abstracto antes mencionado.

Por otra parte, es cierto también, que se presenta el inconveniente de que los dispositivos simulados pueden tener funcionalidades limitadas y su comportamiento puede alejarse un poco al de los dispositivos físicos reales.

Es así que, el presente trabajo describe las limitaciones encontradas en la herramienta de simulación Packet Tracer (PT) en su ver 5.3.3, en la enseñanza de redes TCP/IP. Las mismas surgen del uso de PT en experiencias realizadas en las asignaturas Conectividad y Teleinformática y Redes de Computadoras I del plan de estudios de la Licenciatura en Análisis de Sistemas Plan 1997 y Plan 2010 respectivamente y en cursos de postgrado, en el marco del Proyecto de Investigación en el CIUNSa Tipo A denominado “Estudio de la influencia del uso de simulación en la enseñanza de redes de computadoras en el nivel universitario”.

Para realizar las experiencias de simulación en el aula, se desarrolló un conjunto de prácticos como complemento del libro “Redes de Computadoras – Un Enfoque Descendente” de James F. Kurose y Keith W. Ross en su 5ª Edición. El temario cubrió los primeros capítulos del libro, abarcando la capa de aplicación, capa de transporte y capa de red.

A continuación se describe de manera detallada, tales limitaciones, siguiendo un enfoque descendente a partir del modelo de capas TCP/IP.

## Limitaciones en la enseñanza de la capa de aplicación

### Protocolo HTTP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer (PT):

Es una implementación funcional en tiempo real pero incompleta. En esta versión 5.3.3 soporta únicamente conexiones HTTP no persistentes. Sería deseable para una futura versión, soportar conexiones HTTP persistentes sin entubamiento y con entubamiento, además de la implementación de los métodos POST y HEAD.

En el análisis de los paquetes HTTP intercambiados en una sesión entre un cliente y un servidor en “modo simulación”, tanto el cliente como el servidor especifican la versión HTTP/1.1. En este modo de trabajo, la PDU HTTP muestra, en formato de texto, el comando ejecutado como parte de la cabecera HTTP. También se puede observar perfectamente el detalle de la conexión y desconexión TCP en cada momento, aunque esto, en este momento es un tanto irrelevante, si se utiliza el enfoque descendente que proponen Kurose y Ross en su libro.

El Servidor HTTP de PT incluye por defecto las páginas `index.html`, `helloworld.html` e `image.html`, además es posible crear nuevas páginas y borrar páginas HTML existentes. Los tags HTML que se soportan son: *a*, *address*, *b*, *big*, *blockquote*, *body*, *br*, *center*, *cite*, *code*, *dd*, *dfn*, *div*, *dl*, *dt*, *em*, *font*, *h1*, *h2*, *h3*, *h4*, *h5*, *h6*, *head*, *hr*, *html*, *i*, *img*, *kbd*, *meta*, *li*, *nobr*, *ol*, *p*, *pre*, *qt*, *s*, *samp*, *small*, *span*, *strong*, *sub*, *sup*, *table*, *tbody*, *td*, *tfoot*, *th*, *thead*, *title*, *tr*, *tt*, *u*, *ul*, *var*.

Packet Tracer soporta además diferentes tipos de imágenes (JPEG, JPG, GIF, PNG). Es importante que las imágenes referenciadas en

las páginas html, estén disponibles en la misma carpeta en donde se encuentra el archivo con extensión .pkt, ya que de lo contrario mostrará el error de archivo no encontrado.

### Protocolo FTP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer:

La implementación del protocolo FTP en PT 5.3.3 es muy completa, soporta los siguientes comandos: *cd*, *delete*, *pwd*, *get*, *put*, *dir*, *passive*, *rename* y *quit*.

El modo por defecto en el cliente es el modo pasivo, esto implica que la conexión de dato TCP no se realiza en el puerto 20, sino a un número de puerto aleatorio generado por el servidor, lo que permite realizar transferencias de archivos detrás de un firewall.

Para utilizar el puerto 20, se debe ejecutar el comando *ftp>passive*.

En una sesión FTP en modo simulación, es posible observar (como parte de los mensajes intercambiados) los distintos comandos FTP soportados de una manera simplificada. La conexión y desconexión TCP, se pueden ver perfectamente en detalle durante la sesión.

En la configuración del Servidor FTP, es posible agregar y remover cuentas FTP de acceso (usuario y clave), modificar permisos (de escritura, de lectura, de borrado, de renombrado y de listado) y borrar archivos directamente en el servidor (se disponen de archivos de imágenes IOS por defecto, para realizar pruebas).

### Protocolo SMTP y POP3, comentarios y limitaciones de Packet Tracer (PT):

La implementación del protocolo SMTP y POP3 en PT 5.3.3 es funcional en tiempo real. En modo simulación es extremadamente básica, es posible analizar los segmentos a nivel TCP, y mensajes a nivel SMTP y POP3 entre los clientes y servidores. Sin embargo, la implementación se realiza con una sola solicitud y una sola respuesta tanto para SMTP

como para POP3, es decir, no presenta el intercambio real de mensajes del protocolo. Tampoco presenta el detalle de los campos en la PDU, en su defecto muestra “Información SMTP” o “Información POP3”. Sería deseable para una futura versión completar estos protocolos.

La configuración del agente (POP3) solo soporta la opción de borrar los mails desde el servidor.

En la configuración del Servidor SMTP, es posible agregar y remover cuentas SMTP de acceso (usuario y clave) e ingresar el nombre del dominio que atiende un determinado servidor.

#### **Protocolo DNS, comentarios y limitaciones de Packet Tracer (PT):**

La implementación es bastante completa y funcional. En modo simulación se puede analizar una resolución recursiva y ver en detalle los campos del mensaje. Si bien el comando *nslookup* admite la configuración de la consulta en modo iterativo, no se logró que esto funcione. También admite la opción debug para realizar un análisis más detallado.

A nivel de configuración en el servidor, es muy completo y admite configuraciones complejas como la realizada en la práctica involucrando un servidor DNS Raíz, un servidor DNS Autoritativo y un servidor DNS Local.

#### **Protocolo TFTP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer (PT):**

La implementación es perfectamente funcional en tiempo real, pero incompleta en modo simulación, ya que las PDUs TFTP muestran el mensaje “Datos TFTP”, sin poder ver el detalle de los campos de solicitudes y respuestas del protocolo. En la solapa “Modelo OSI” sí se describen los tipos de mensajes, SOLICITUD, ACK, DATOS.

El cliente TFTP solo puede ser invocado desde un router o switch con el comando *copy run*

*tftp*, la PC no dispone de un cliente como en el caso del Protocolo FTP.

A nivel de configuración, el servidor admite la posibilidad de habilitar y deshabilitar el servicio y eliminar archivos directamente desde la interfaz, simplemente seleccionando y oprimiendo el botón Eliminar.

#### **Protocolo Telnet, comentarios y limitaciones de Packet Tracer (PT):**

La implementación es perfectamente funcional en tiempo real, pero rudimentaria en modo simulación, ya que las PDUs Telnet muestran el mensaje “Datos Telnet” sin poder ver el detalle de los campos de solicitudes y respuestas del protocolo. Sin embargo, es posible observar el intercambio de mensajes para la autenticación del usuario perfectamente (usuario y clave), con algunos comentarios enriquecedores en la solapa “Modelo OSI”.

El cliente Telnet puede ser invocado desde una línea de comando de la PC o desde un router.

En los routers no viene configurado por defecto, es necesario realizar la configuración de un usuario y clave.

#### **Limitaciones en la enseñanza de la capa de transporte**

#### **Protocolo UDP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer (PT):**

La implementación es completa y funcional, es posible ver los campos del segmento UDP, puerto origen, puerto destino, longitud en hexadecimal y la suma de comprobación que no se calcula. En la “Solapa Modelo OSI” del simulador, no se aportan comentarios enriquecedores como en el caso del protocolo TCP.

#### **Protocolo TCP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer:**

La implementación del protocolo TCP es completa y funcional, es posible observar los campos del segmento TCP, puerto origen, puerto destino, número de secuencia, número de ack, banderas habilitadas, etc.

El encabezado TCP hace referencia a un campo de offset donde debería estar la longitud del encabezado.

El anuncio de la ventana y la suma de comprobación no se encuentran implementadas, apareciendo en el campo “ventana” y “checksum: 0x0” respectivamente.

La opción de negociación del MSS en el saludo de tres vías, aparece perfectamente implementada en la “Solapa Modelo OSI” pero no en la estructura del segmento.

A fin de facilitar al estudiante el seguimiento del número de secuencia y ack en el progreso de la conexión TCP, el simulador PT comienza cada nueva conexión con el valor 0 para estos dos campos.

El saludo de tres vías para la conexión se implementa perfectamente. No así, para el cierre de la conexión, que lo simplifica en dos segmentos (FIN, FIN+ACK).

No se puede observar retransmisión, quizás porque no está implementada. Sin embargo, la PC simulada dispone de algunos parámetros de configuración global, donde pareciera se prevé para futuras versiones.

## **Limitaciones en la enseñanza de la capa de red**

### **Protocolo IP, Direccionamiento IP, Subredes, CIDR, VLSM comentarios y limitaciones de Packet Tracer:**

La implementación es totalmente completa y funcional. De hecho, es uno de los aspectos sobresalientes de esta herramienta. Con el simulador es posible diseñar topologías de redes muy simples o muy complejas, y verificar su funcionalidad. La herramienta

dispone de advertencias cuando se comente un error en la asignación de direcciones IP.

### **Fragmentación IP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer:**

La implementación es completa y funcional. En modo simulación, se puede hacer el seguimiento en los fragmentos de los campos identificación, longitud y desplazamiento perfectamente. También se dispone de información adicional en la solapa Modelo OSI del simulador. Implementa fragmentación en origen y en tránsito.

La implementación del comando ping en PT, no dispone de la posibilidad de especificar como parámetro la longitud del datagrama. Para lograr esto, se utiliza la opción PDU Complex de la caja de herramientas del simulador.

### **Protocolo DHCP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer:**

La implementación de este protocolo es completa y funcional. En la configuración de DHCP Relay, el router que actúa como relay, en la Solapa OSI del modo simulación, se advierte al usuario con un mensaje que al no tener un pool configurado, debe descartar el paquete, pero finalmente no lo realiza y funciona correctamente.

### **Protocolo ICMP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer:**

El protocolo se implementa con los comandos ping y tracert que funcionan perfectamente. No soporta la opción ICMP Redirect, es decir, la posibilidad de instalar una ruta en un host dinámicamente, cuando un router descubre una mejor ruta (evitar un salto adicional por ejemplo).

### **Protocolo NAT, comentarios y limitaciones de Packet Tracer:**

La implementación es completa y funcional. Es posible observar la Tabla NAT en el router en todo momento, con la herramienta inspeccionar.

### **Enrutamiento Estático, por defecto y rutas alternativas**

La implementación es completa y funcional. Se puede realizar la configuración completamente desde la solapa “Config” de configuración general (independiente del proveedor) y también con comandos IOS.

### **Enrutamiento Dinámico con RIP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer:**

La implementación es completa y funcional. Se puede realizar la configuración completamente desde la solapa “Config” de configuración general y también con comandos IOS.

Se puede observar como el protocolo RIP mantiene una entrada con costo infinito (16), cuando se deshabilita una interfaz que conecta una determinada subred o se elimina de la configuración RIP, de manera que deja de anunciarse. Al cabo de un tiempo también la elimina de la tabla.

Cuando una ruta es inalcanzable y la instala en la tabla con costo infinito (16), el router sigue entregando paquetes para ese destino. Se puede ver claramente que instala una ruta con costo infinito a los 180seg. Cuando no recibe novedades y luego de otros 180seg aproximadamente, la desinstala de la tabla.

### **Enrutamiento Dinámico con OSPF, comentarios y limitaciones de Packet Tracer:**

La implementación es completa y funcional. Solo se puede realizar la configuración con comandos IOS, no está disponible desde la solapa Config de configuración general.

### **Enrutamiento Dinámico con BGP, comentarios y limitaciones de Packet Tracer:**

En la versión 5.3.3 de PT solo se soporta BGP Externo.

## **Conclusiones**

Consideramos oportuno realizar un aporte a la comunidad educativa al poner en evidencia estas limitaciones para que, por un lado se entienda que no todos los aspectos relacionados al estudio de las redes de computadoras pueden ser “modelados”, y por otro lado, entender que los procesos de interacción de los protocolos del modelo de capas TCP/IP revisten un alto grado de complejidad y que una única herramienta no podría acercar en un ciento por ciento la “visualización” del comportamiento y funcionalidad de los mismos, sino que tales herramientas deben ser usadas en conjunto con otras, tales como analizadores de tráfico y herramientas de virtualización y emulación.

Es importante destacar que la herramienta de simulación Packet Tracer puede presentar muchas otras limitaciones no documentadas en este trabajo, ya que las mismas surgen de la implementación de los prácticos desarrollados como complemento al libro mencionado de James F. Kurose y Keith W. Ross.

Además, siendo una herramienta pensada para la formación de técnicos en redes en el programa de la Academia CISCO, la funcionalidad de las aplicaciones y protocolos de capa de aplicación que se soportan, son susceptibles de mejoras.

Como trabajo futuro, se pretende desarrollar prácticos de simulación para acompañar los capítulos restantes del libro de base utilizado “Redes de Computadoras” de James F. Kurose y Keith W. Ross 5ª Edición, como son capa de enlace, redes multimedia, seguridad y gestión de redes, lo que nos permitirá encontrar las limitaciones asociadas a estos protocolos.

## Referencias

- [1] Libro "Redes de computadoras I con Packet Tracer". Editorial de la Universidad Nacional de Salta – EDUNSa – Año 2015. Autor: Daniel Arias Figueroa. ISBN 978-987-633-132-6-1; 1a ed. - Salta - E-Book - CDD 004.68.
- [2] "Enseñanza de la Capa de Aplicación con el simulador de redes Packet Tracer 5.3.3" Daniel Arias Figueroa, Gustavo D. Gil, Ernesto Sánchez, Jorge Silvera. Demo Educativa aceptada para el VIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2013), 27 y 28 de Junio de 2013 en la ciudad de Santiago del Estero.
- [3] "Estudio de la influencia del uso de simulación en la enseñanza de redes de computadoras" Daniel Arias Figueroa, Javier Díaz, Cecilia Gramajo, Gustavo Gil, Ernesto Sánchez, Jorge Silvera, Miguel Aguirre, Juan Antonio Torres (C.I.D.I.A). XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2014). 7 y 8 de mayo de 2014, Ushuaia, Tierra del Fuego.
- [4] "Enseñanza del Protocolo DNS basada en simulación". Daniel Arias Figueroa, Gustavo D. Gil, Ernesto Sánchez. Demo Educativa aceptada para el IX Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2014). Ciudad de Chilecito – La Rioja, 12 y 13 de Junio de 2014.
- [5] "Protocolo DNS jerárquico multinivel con Packet Tracer". Daniel Arias Figueroa, Gustavo D. Gil, Ernesto Sánchez, Jorge Silvera. Demo Educativa aceptada para el X Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2014). Ciudad de Corrientes, 11 y 12 de Junio de 2015.
- [6] "Estudio de la influencia del uso de simulación en la enseñanza de redes de computadoras (resultados parciales)". Daniel Arias Figueroa, Javier Díaz, Cecilia Gramajo, Gustavo Gil, Ernesto Sánchez, Alvaro Gamarra, Mariana Cabral, Jorge Silvera, Miguel Aguirre, Juan Antonio Torres, Diego Gil (C.I.D.I.A). XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2015) 16 y 17 de abril de 2015, Corrientes.
- [7] "Estudio de la influencia del uso de simulación en la enseñanza de redes de computadoras (resultados parciales)". Daniel Arias Figueroa, Javier Díaz, Cecilia Gramajo, Gustavo Gil, Ernesto Sánchez, Loraine Gimson, Álvaro Gamarra, Jorge Silvera, Diego Gil, Nelson Rodríguez, María Murazzo, Marcelo Moreno, Miguel Guevara. XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016) 14 y 15 de abril de 2016, Concordia. Entre Ríos.