

# Utilización del simulador Packet Tracer como herramienta didáctica para la enseñanza de Frame Relay, HDLC y PPP



*Use of the Packet Tracer simulator as a teaching tool for Frame Relay, HDLC  
and PPP*

Patricio Xavier Moreno Vallejo.<sup>1</sup>, Gisel Katerine Bastidas Guacho.<sup>2</sup>, Patricio Rene Moreno Costales.<sup>3</sup> & María Elena Vallejo Sanaguano.<sup>4</sup>

Recibido: 10-03-2019 / Revisado: 15-04-2019 / Aceptado: 04-05-2019 / Publicado: 05-06-2019

## Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.513>

This research aims to study the influence of Cisco Tracer Package simulator in the teaching process of the subject “networks and integration” that is taught at the Polytechnic School of Chimborazo (ESPOCH). In particular, we focus on examine the topics related to the Frame Relay, the HDLC high-level data link control protocol and the PPP point-to-point protocol used in the WAN link layer. For this purpose, we developed a survey in order to determine how students improve their theoretical knowledge by using the simulation software, in addition we took into account the grades of four academic periods of students who took the subject. Out of a sample of 101 students, 86.6% said they reaffirmed their knowledge fairly and moderately on frame relay, 81.36% indicated that they had improved their knowledge fairly and moderately on HDLC and 76.6% indicated that they have consolidated their knowledge on PPP. Therefore, we determine that when students develop the practical part of the

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Administración de Empresas. Riobamba, Ecuador. xavier.moreno@esPOCH.edu.ec

<sup>2</sup> Top Tech Advisors, Tecnologías de la Información, Quito, Ecuador. gis.bastidas@outlook.com

<sup>3</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Riobamba, Ecuador. pmoreno@esPOCH.edu.ec

<sup>4</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador. mvallejo@esPOCH.edu.ec

master class in the simulation software before taking a test, the grades are positively influenced.

**Keywords:** WAN, Education, Frame Relay, HDLC, PPP.

### **Resumen.**

La investigación que se presenta tiene como objetivo determinar el porcentaje de mejoramiento que se manifiesta en el proceso enseñanza aprendizaje de la asignatura “redes e integración” que se imparte en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) cuando se utiliza el simulador Packet Tracer de Cisco. Particularmente se examinan los temas de Frame Relay, el protocolo de control del enlace de datos de alto nivel HDLC y el protocolo punto a punto PPP que se emplean en la capa de enlace de las redes WAN. Para este propósito se elaboró una encuesta para determinar cómo le ayuda al estudiante el simulador en el afianzamiento de sus conocimientos teóricos, además se cuenta con las notas de cuatro períodos académicos de los estudiantes que tomaron la asignatura. De una muestra de 101 estudiantes, el 86,6% manifiestan haber reafirmado sus conocimientos bastante y medianamente sobre frame relay, el 81,36% indica haber mejorado sus conocimientos bastante y medianamente sobre HDLC y sobre PPP el 76,6% indicaron haber consolidado sus conocimientos. Se determina que el hecho de que los estudiantes desarrollen la parte práctica de la clase magistral en el simulador PTC antes de rendir la prueba influye significativamente en las notas.

**Palabras claves:** WAN, Educación, Frame Relay, HDLC, PPP.

### **Introducción.**

La enseñanza en la educación superior requiere que, para afianzar el conocimiento adquirido por el estudiante a través del aprendizaje asistido por el profesor, se realice la práctica mediante la aplicación y experimentación de lo asimilado, así como un aprendizaje autónomo que reafirme lo comprendido y esté en la capacidad de emitir un juicio de valor al respecto. En este proceso el docente acompaña el aprendizaje del estudiante utilizando estrategias didácticas con el objetivo de enseñar a aprender lógicamente, buscando perfeccionar el conocimiento, adaptándose de forma continua a las nuevas exigencias del siglo XXI.

Las instituciones de educación superior al ser generadoras de conocimiento, requieren estar a la vanguardia del desarrollo o uso de las nuevas tecnologías educativas que implican el uso de software especializado, que permiten se dé el proceso enseñanza-aprendizaje de forma fluida, al ser de fácil acceso en el aula como fuera de ella.

Los procesos de aprendizaje actuales demandan que junto a la teoría se dé espacio a la parte práctica para afianzar los conceptos y tener una idea más cercana a la realidad que enfrentará

un estudiante en su vida profesional (Aguar & Segui, 2013). De esta manera, los estudiantes adoptan un rol participativo en las clases magistrales, asumen mayor responsabilidad y desarrollan su espíritu crítico, su capacidad de reflexión, comunicación y planificación (Arias Figueroa et al., 2016). El uso de simuladores en la educación evita el empleo de dispositivos físicos que son muy costosos, permitiendo el control de aspectos de diseño y configuración de redes, por lo que son herramientas didácticas en las cuales se aprende sobre los dispositivos de red, protocolos, estándares, topologías, simplificando el proceso de montaje, configuración y análisis de las redes (Garima, Nasree, Nisha, & Sourabh, 2015). Packet Tracer de Cisco (PTC) es una herramienta de simulación de redes, la cual permite que los estudiantes tengan un modo práctico de aprendizaje para aplicar conceptos y configuraciones de equipos reales (Cisco Systems, Inc, 2010). Uno de los beneficios en el ámbito educativo de los simuladores es que los estudiantes pueden guardar el fichero de la configuración para continuar en el momento más oportuno, pueden enviar al aula virtual para su revisión por parte del docente cuando le sea solicitado realizar una tarea específica. Además, en el entorno profesional, los simuladores son empleados para diseñar las redes antes de su implementación.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: En la sección Trabajos Relacionados se discuten algunos trabajos que hacen uso de simuladores en ambientes académicos. En la sección Metodología se describe la metodología para la enseñanza y simulación de redes WAN con los protocolos Frame Relay, HDLC y PPP. En la sección Resultados se presenta los resultados y discusión de la importancia que tiene para el estudiante la utilización en el proceso enseñanza aprendizaje del simulador Packet Tracer. En la última sección se establecen las conclusiones de la investigación realizada.

### **Trabajos Relacionados**

En este apartado se presentan trabajos relacionados con la presente investigación. En el artículo de (Aguar & Segui, 2013) se analiza los beneficios de usar la simulación en el aprendizaje de la asignatura “arquitectura y redes telemáticas” usando como instrumento las encuestas, las cuales validan de forma positiva el uso de la metodología de entrenamiento y aprendizaje. Por otra parte (Arias Figueroa et al., 2016) evalúan la influencia de utilizar software de simulación en la enseñanza de contenidos de redes de computadoras en la carrera de grado de la licenciatura en “análisis de sistemas” utilizando Packet Tracer, KivaNS, MACSim y GNS3 entre los años 2012 hasta el 2015 sin llegar a tener estadísticas. En el mismo se menciona que lo ideal sería comprobar estadísticamente que el método de enseñanza con simuladores presenta ventajas significativas con respecto al método de enseñanza tradicional. (Garima et al., 2015) diseñan y configuran redes con topologías en bus, estrella, malla y realizan el envío de paquetes usando el modo simulation de packet tracer estableciendo diferencias conceptuales ya conocidas de estas topologías. (Basu, Jha, & Mohanty, 2015) presenta el diseño y configuración de una red frame relay utilizando packet tracer dando énfasis a la topología y comunicación e indica la necesidad de tener redes WAN

robustas y seguras que permitan la conexión de redes MAN y LAN. (N. Odii, O. Nwokoma, U. Onwuma, & I. Eke, 2017) diseñan un sistema de control de congestión usando la tecnología frame relay para resolver la gestión de colas en la red y modifican el modelo matemático para la gestión de colas eliminando así la congestión, esto se realizó utilizando packet tracer. (Javid, 2014) señala las ventajas que tiene packet tracer para aprender conceptos de redes de manera efectiva y eficiente, además establece las características del simulador en base a la experiencia de un alumno mientras trabaja con el docente. (Zhang, Liang, & Ma, 2012) presenta a packet tracer como una herramienta de educación visual y de empleo innovador de la enseñanza de cursos de redes de computadoras en China, permitiendo a los estudiantes la retroalimentación de la teoría mediante proyectos prácticos que hacen al estudiante que sea innovador, creativo y solucionador de problemas. Si bien, se han encontrado algunos trabajos que hacen uso del simulador Packet Tracer, no hemos encontrado trabajos que examinen Frame Relay, PPP y HDLC desde la visión de la influencia que tiene el uso del simulador en las calificaciones de los estudiantes

### Metodología.

Con la finalidad de conocer más sobre los beneficios del proceso de enseñanza aprendizaje con el simulador Packet Tracer, se lleva a cabo un estudio realizado de tipo descriptivo y transversal. Particularmente, el estudio se enfoca en analizar el aporte del simulador Packet Tracer para la enseñanza y asimilación de conocimientos sobre las redes de área amplia conocidas como WAN, debido a que éste tipo de conocimiento es fundamental al momento de manejar la información y controlar el envío de paquetes de datos a nivel global. El estudio se desarrolló en la asignatura de Redes e Integración, que se imparte en el séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH, durando el estudio 4 periodos académicos en los que se trabajó con cada grupo de estudiantes que ingresaba a la asignatura, para analizar las calificaciones de un total de 101 estudiantes como se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Número de estudiantes por curso en los 4 periodos académicos

<b>Cursos analizados</b>	<b>Número de estudiantes</b>	<b>Porcentaje</b>
Curso periodo académico 4	32	31,7
Curso periodo académico 3	19	18,8
Curso periodo académico 2	29	28,7
Curso periodo académico 1	21	20,8
Total	101	100,0

**Fuente:** Elaboración propia.

En este estudio se empleó un diseño del experimento incluyó la impartición de conocimientos teóricos y el uso de simulador packer tracer antes de rendir la evaluación formativa del estudiante, en dos cursos y periodos académicos diferentes. En los otros dos cursos y dos periodos académicos se impartió el conocimiento teórico y los estudiantes rindieron la prueba formativa, posterior a ello se impartió el uso de packet tracer. Los dos grupos de estudiantes que revisaron el conocimiento teórico y el uso del simulador antes de la evaluación formativa se denominaron alumnos que recibieron los conocimientos con el simulador, en cambio a los dos grupos de estudiantes que recibieron solo el grupo de conocimientos teóricos y rindieron la evaluación formativa sin ejercitarse con el packet tracer antes de la evaluación se los denominó grupo de alumnos que recibieron el conocimiento sin simulador, con los resultados de las calificaciones en cada periodo se analizaron los grupos de estudiantes, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Uso de Simulador por curso en cada uno de los periodos académicos

Uso de Packet tracer	Curso periodo académico 4	Curso periodo académico 3	Curso periodo académico 2	Curso periodo académico 1
Con simulador	32	0	0	21
Sin simulador	0	19	29	0

**Fuente:** Elaboración propia.

Posteriormente y para finalizar el estudio se consultó al grupo de 32 estudiantes que recibió la asignatura en el último periodo académico su percepción de conocimiento con el uso del simulador y se analizaron las respuestas obtenidas por los estudiantes. Para el análisis de datos se manejó estadística descriptiva e inferencial con SPSS, Excel y ANOVA.

### Resultados.

Los resultados de la encuesta para conocer las percepciones con el uso del simulador Packet Tracer en los estudiantes de séptimo semestre de la asignatura Redes e Integración se presentan a continuación.

En relación a frame relay como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los estudiantes consultados opinaron que el simulador les ayudo a comprender totalmente sobre circuitos virtuales en un 21,90% y bastante un 65,60%, puesto que la herramienta permite que se configure el valor del DLCI utilizando números para identificar los circuitos, después de haber realizado el encapsulamiento con frame relay se crean las interfaces seriales virtuales punto a punto dentro de la interfaz física bajo el estándar de la IETF, logrando que cada una de estas conexiones virtuales tengan su propia dirección ip en el lado de los routers. La nube formada por los switchs del simulador les enseña a configurar

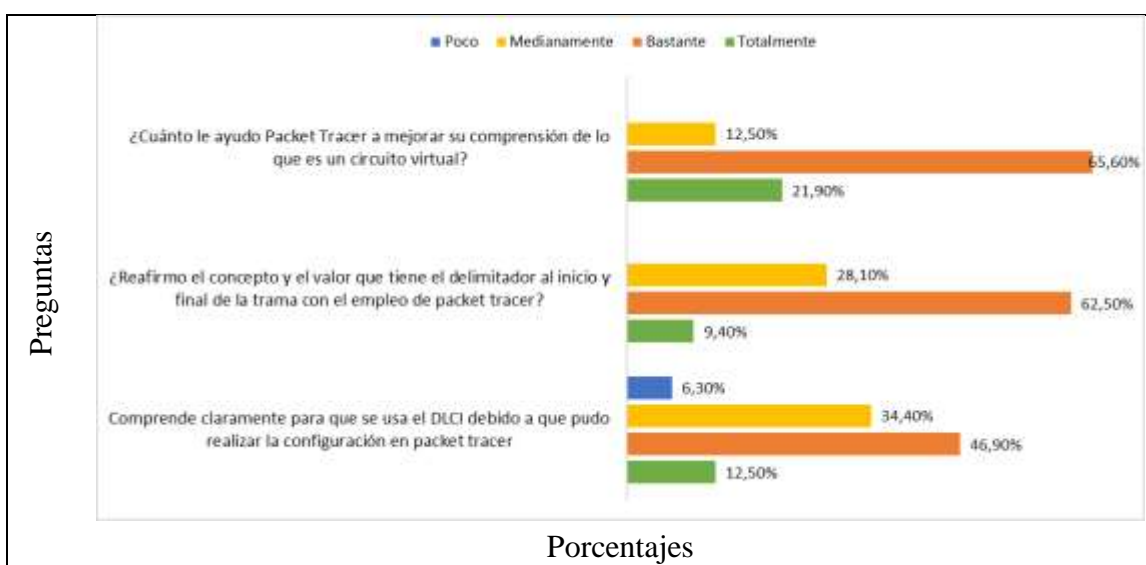
la tabla de conmutación formada por la interfaz de entrada, el DLCI de entrada, el DLCI de salida y la interfaz de salida y permite la conexión de la red.

Al consultar sobre la reafirmación del concepto y el valor que tiene el delimitador al inicio y final de la trama frame relay al emplear packet tracer, los estudiantes estuvieron totalmente de acuerdo en un 9,40% que el simulador permite comprender mejor este aspecto, mientras que bastante de acuerdo fue la opción para el 62,50% de los estudiantes, respuestas que se pueden visualizar en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** La población encuestada que contestó positivamente esta consulta lo hizo opinando en función de la importancia que tiene el delimitador de la trama de frame relay que se establece con el valor de 0x7E y que siendo único para cada trama determina el inicio y su final, esto sucede puesto que la opción simulation que trae el packet tracer permite observar dicha trama.

A la interrogante de si comprendía claramente para que se usa el DLCI en frame relay debido a que pudo realizar la configuración en packet tracer, el 12,5% opinó que permitía una mayor comprensión, mientras el 46,90% aseguró comprender bastante el DLCI que permite formar los circuitos virtuales los cuales se configuran en los routers como en la nube frame relay formado las tablas de conmutación, y observándose mediante la opción simulation. Las respuestas positivas a la interrogante se obtienen puesto que a través del simulador los estudiantes pudieron observar los valores de configuración presentados en la trama en formato hexadecimal y diferenciar entre el DLCI de entrada y el DLCI de salida, como se observa en el

**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

**Gráfico 1.** Percepción de situaciones relacionadas al Frame Relay y su apoyo con el simulador Packet Tracer



**Fuente:** Elaboración propia.

Al consultar sobre el FECN, BECN y el DE que son utilizados para controlar la congestión, con packet tracer en el frame relay se pudo conocer que los encuestados opinaron en un 37.50% que el simulador permitió profundizar bastante en el tema, un 50% opinó que el simulador les ayudo medianamente, mientras un 12,50% opinó que poco ayudó la herramienta a comprender el uso de los subcampos FECN, BECN y DE del campo dirección.

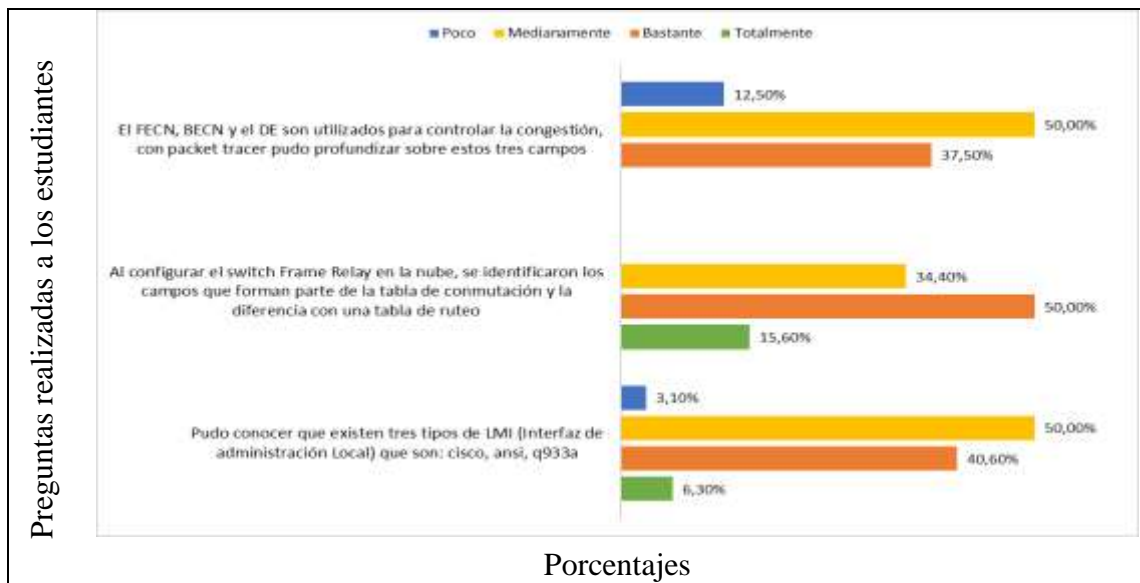
Esto se debe a que durante la práctica se utilizó el comando show frame-relay pvc el cual presenta estadísticas pero al no haberse producido congestión en la red los valores de FECN y BECN se mantuvieron en cero, al igual que DE que tenía el valor de cero al no enviarse tramas que excedan el valor del CIR y por ende no se marcó este subcampo con el valor de uno para que en el momento que existiera congestión fuera eliminada esa trama, los resultados de opinión de los estudiantes se visualizan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Se consultó a los estudiantes sobre si la configuración del switch Frame Relay en la nube, permitió identificar los campos que forman parte de la tabla de conmutación y la diferencia con una tabla de ruteo, las respuestas obtenidas que se observan en el , muestran que 15,60% de la población consultada opinó que para este aspecto el simulador ayuda totalmente, mientras un 50% aseveró que es bastante la ayuda del simulador, puesto que permite identificar la tabla de conmutación, al haber configurado los DLCI en la nube en cada interfaz serial y luego estos valores ser utilizados para conformar la tabla de conmutación utilizada en frame relay lo que contribuye a establecer las entradas y salidas para que las tramas puedan viajar a través de la nube. Mediante el comando show ip route los estudiantes lograron observar la tabla de ruteo en uno de los routers y los campos que la conforman que son la dirección de red, la máscara, la dirección del siguiente salto y verificar porque un switch es más rápido que un router, al observar la cantidad de octetos que deben ser leídos en las tablas de conmutación de los switches y en las tablas de ruteo de los routers.

Al analizar si los estudiantes pudieron conocer que existen tres tipos de LMI (Interfaz de administración Local) que son: cisco, ansi, q933a, en función del uso del simulador en el frame relay, el 6,30% indicó que la herramienta permitió totalmente solventar este aspecto, 40,60% aseguró que el simulador ayudó bastante, un 50% consideró que el simulador ayudó medianamente y un 3,10% consideró que la ayuda fue poca para conocer los tres tipos de LMI, resultados que se observan en el

. Las respuestas obtenidas en este aspecto pueden estar relacionadas con que durante la configuración solo se observa en la nube frame relay las interfaces de administración local cisco, ansi y q933a y se escoge una de ellas, sin profundizar en mayor grado en la parte conceptual. Mediante el comando show interface lo que se puede observar son los LMI enviados y los recibidos.

**Gráfico 2.** Percepción otros aspectos del Frame Relay y su apoyo con el simulador Packet Tracer



**Fuente:** Elaboración propia.

En relación con el HDLC, se consultó sobre los tres tipos de tramas utilizadas en HDLC que son la de información, supervisión y no numeradas, intentando conocer si el pacer tracer le permitió identificar estas tramas, las respuestas obtenidas muestran que el 6,30% asegura que el simulador ayuda totalmente, el 46,90% opina que contribuye bastante y un 46,90% asegura que le permite entender medianamente, las respuestas obtenidas se pueden observar en la gráfica 3.

Esto se debe a que el packet tracer solo presenta la trama de información en el modo simulation, que muestra los datos del usuario que está llevando, pero los otros dos tipos de tramas de supervisión y no numeradas no se muestran, por lo que no todos los estudiantes logran comprender de manera total la estructura desarrollada en las clases teóricas.

Se consultó al grupo sobre la utilidad del packet tracer con HDLC, que permite la configuración de un enlace serial, con dirección IP y/o clock rate, para diferenciar las funciones del DTE y DCE, obteniéndose como respuestas que el 18,80% opinó que el simulador ayuda totalmente, un 59,40% consideró que el simulador ayuda bastante a la configuración e identificación de funciones, el porcentaje restante considera que medianamente y poco como se observa en el



El simulador sirve de apoyo para configurar el enlace serial, así como las dirección ip en cada router y diferenciar totalmente las funciones de los routers que hacen de DTE o DCE, que se unen a través de la conexión serial, siendo el DTE el equipo que pasa los datos del cliente hacia la red WAN, y el DCE el equipo en el cual se configura el clock rate que constituye la cantidad de bits que son transmitidos desde el router cada segundo.

A la pregunta de si el packet tracer permite el aprendizaje sobre el control de flujo y control de errores en las redes WAN, al configurar HDLC, los estudiantes en un 34,40% aseguraron que ayuda totalmente a este propósito el simulador, el 40,60% opina que apoya bastante y el 25% restante asegura que medianamente se puede utilizar el simulador con este fin, lo que se observa en el

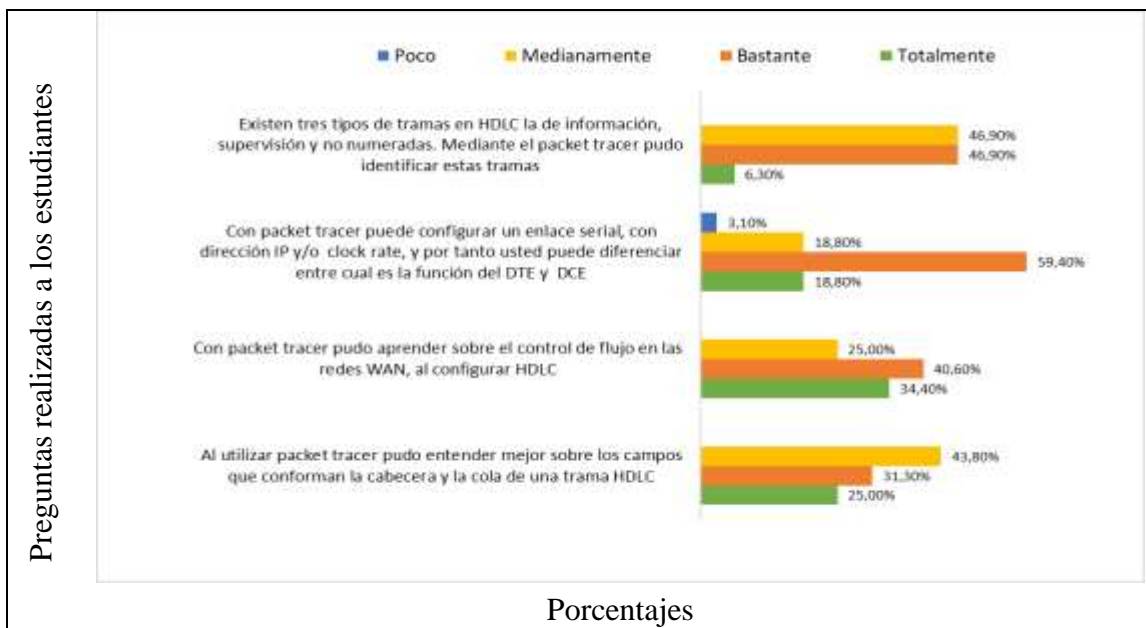
Los estudiantes manifiestan haber afirmado sus conocimientos sobre el control de flujo medianamente y poco pues cuando usaron el comando show interface, el simulador les permitió observar que existe un control de los paquetes que ingresan y de los paquetes que salen, así como el total de bytes que tienen los mismos. Pero al utilizar el modo emulation los estudiantes esperaban encontrar el detalle de la trama de información en el campo de control donde la parte conceptual indica que existen los campos número de secuencia de tramas enviadas y número de secuencia de acuse de recibido, pero solo se presenta el hexadecimal 0x 0000, como el primer bit es 0 refiere a que se trata de una trama de información. En cuanto al control de errores el packet tracer al utilizar el comando show interface permite se observe la comprobación de redundancia cíclica CRC.

Por último, se consultó si el packet tracer permite entender mejor sobre los campos que conforman la cabecera y la cola de una trama HDLC, obteniéndose que el 25,0% de los alumnos manifiestan haber entendido totalmente en este aspecto, 31,30% aseguran haber comprendido bastante los conceptos sobre la trama HDLC al utilizar packet tracer y 43,80% aseveraron que el simulador apoyo medianamente a la comprensión de estos conceptos, como se muestra en el Gráfico 3.

La utilización de packet tracer sobre el HDLC, permite observar el delimitador de la cabecera y la cola representado en formato hexadecimal 0x 7E en modo emulation y el campo dirección donde se muestra a cuál va dirigida la trama. Sin embargo, las expectativas sobre el campo de control no se pudieron cubrir en su totalidad pues no se observa las tramas de supervisión y no numerada, con respecto al campo para la secuencia de comprobación de la

trama si se pudo observar la utilización de la comprobación de la redundancia cíclica.

**Gráfico 3.** Percepción de la comprensión del HDLC en relación con el apoyo obtenido con el simulador Packet Tracer



Fuente: Elaboración propia.

En relación al PPP y el uso del packet tracer, se consultó si el simulador permitió afirmar los conocimientos sobre la estructura de la trama utilizada en PPP, el 25,0% mejoró su conocimiento totalmente, 56,30% opinó que el simulador contribuye bastante para mejorar el entendimiento sobre la estructura de la trama PPP, el porcentaje restante aseguró que el apoyo del simulador es medianamente, como se muestra en el Gráfico 4. En este contexto el simulador permite la observación de todos los campos de la trama PPP, empezando por los delimitadores de la trama con valor 0x7E que permite identificar cuando empieza y termina, en este protocolo el campo dirección tiene un valor constante de 0xFF, e igual el campo de control tiene un valor fijo 0x03 por lo que en la realidad no proporciona ningún control de flujo, el campo protocolo define lo que lleva el campo de datos en la trama que se puede observar en el modo emulation, en este caso el valor que muestra es 0x0021 que es un error pues debería mostrar 0xC021 que corresponde al protocolo LCP (Protocolo de Control del Enlace) que es lo que lleva en la carga útil, lo que corresponde al control de errores simplemente muestra el nombre del campo FCS.

Al analizar la percepción de los estudiantes sobre su conocimiento para realizar la

configuración de encapsulamiento utilizando PPP en packet tracer, el 18,80% aseguró estar preparado totalmente, el 46,90% expresó estar bastante preparado, 31,30% consideró que se encontraba medianamente preparado y un 3,10% aseveró que estaba poco preparado para realizar la actividad en el simulador, como se muestra en el Gráfico 4. La configuración utilizando el protocolo PPP, requiere que los estudiantes cambien el modo de configuración de encapsulamiento que por defecto es HDLC a PPP utilizando los comandos respectivos ingresando a la interface serial correspondiente.

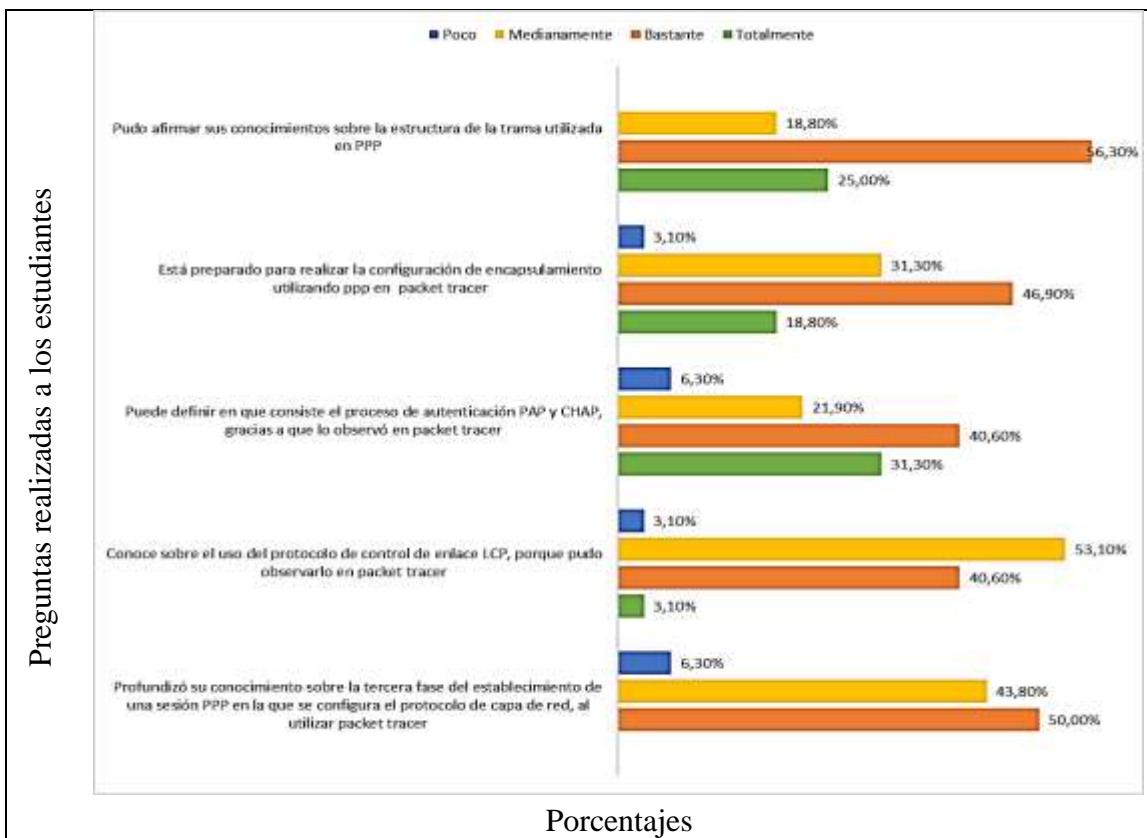
Se consultó a los estudiantes si se consideraban preparados para definir el proceso de autenticación PAP y CHAP, gracias a que lo observó en packet tracer, obteniendo como resultado que el 31,30% aseguró que se encontraba totalmente preparado para definir el proceso, 40,60% se encontraba bastante preparado, mientras el porcentaje restante aseguraba encontrarse medianamente y poco preparado, lo que se muestra en el Gráfico 4. Las respuestas obtenidas sobre el proceso de configuración correspondiente a la autenticación con PAP y CHAP se deben a que cada uno de estos protocolos presenta diferentes pasos de configuración.

En el caso de PAP es un proceso de dos vías en el cual el requerimiento es que se envíe el nombre usuario y la contraseña para que sea verificado con lo almacenado previamente en la base de datos y en función de esto dar paso o no a través del enlace a los datos del usuario. Mientras que en CHAP es un proceso de tres vías, en el cual se envía un desafío el mismo que es utilizado con la contraseña para crear lo que será enviado para luego extraerse la contraseña y comparar con la base de datos y determinar si se permite el paso de los datos del usuario.

Para determinar el uso de protocolo de control de enlace LCP, a través de la observación en el simulador, el 3,10% manifiesta que su conocimiento está totalmente relacionado a la utilización del simulador, 40,60% asegura que es bastante lo que ayuda la herramienta de enseñanza en este sentido, 53,10% manifiesta que pudo conocer sobre el uso del protocolo LCP medianamente y 3,10% asevera que poco, como se observa en las respuestas a la interrogante del Gráfico 4. Esto se debe a que el grupo de estudiantes esperaban poder observar los diferentes códigos que este protocolo utiliza durante el establecimiento del enlace, la autenticación y la fase de escogimiento del protocolo de capa de red, así como el poder configurar la negociación para eliminar ciertos campos como el de dirección, control, o negociar el tamaño del campo protocolo o la cantidad de bytes a llevar como carga útil.

De la misma manera, se consultó si los estudiantes profundizaron sus conocimientos sobre la tercera fase del establecimiento de una sesión PPP en la que se configura el protocolo de capa de red, al utilizar packet tracer, obteniéndose que 50% opinó que bastante, 43,80% consideró que el simulador aportó medianamente a su conocimiento, el porcentaje restante consideró que fue poca la contribución del simulador, lo que se observa en el Gráfico 4. Esto se explica porque realmente la fase de establecimiento del protocolo de capa de red no se logra visualizar en el proceso de configuración, e internamente el software del simulador lo realiza

escogiendo el protocolo IP que tiene el hexadecimal 0x8021 que indica lo que se lleva en la carga útil, y lo que se muestra cuando utiliza el comando show interface es que está en estado open el IPCP que corresponde al protocolo de control de red en este caso el IP.



**Gráfico 4.** Percepción de la comprensión del PPP con relación al apoyo obtenido con el simulador Packet Tracer

**Fuente:** Elaboración propia.

En relación a las calificaciones obtenidas por los estudiantes de los 4 grupos de estudio en 4 periodos diferentes analizando la utilización del simulador packet tracer se pudo conocer que la población se encontraba conformada de la siguiente manera, 77,2% correspondía a hombres, un 22,8% estaba conformado por mujeres, el 52,5% de la población utilizó el simulador packet tracer y el 47,5% de los estudiantes no utilizó el simulador como método de enseñanza.

**Tabla 3.** Anova sobre las calificaciones de los grupos de estudiantes

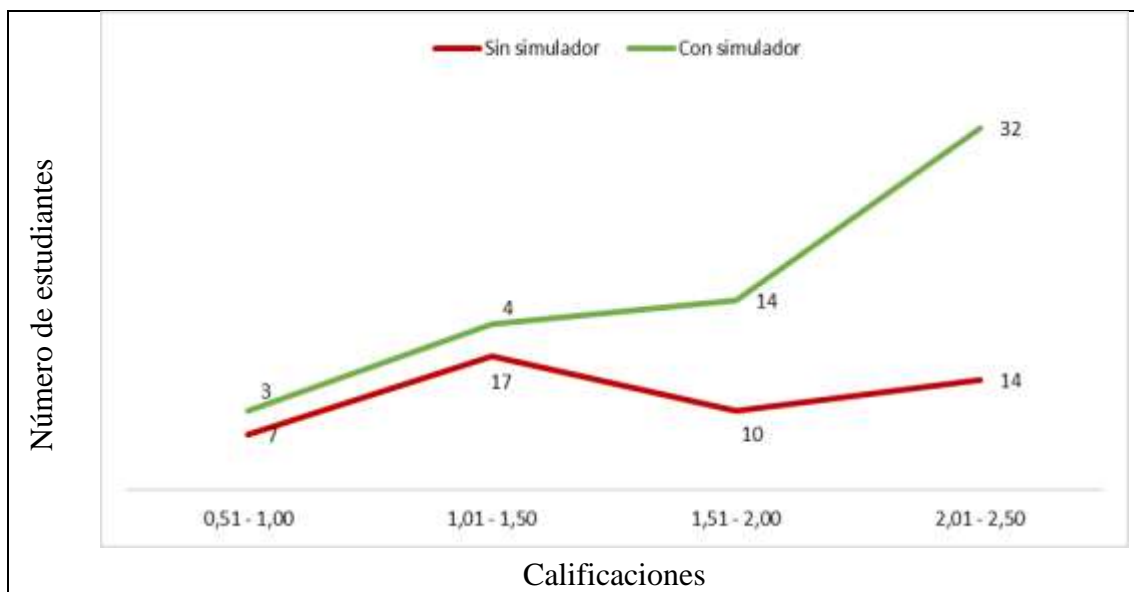
ANOVA Simulador - Calificación					
Calificación					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	2,716	1	2,716	11,918	0,001

<b>Dentro de grupos</b>	22,564	99	0,228
<b>Total</b>	25,281	100	

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar las calificaciones obtenidas y para contestar el interrogante sobre si el uso de simulador influye significativamente en las calificaciones obtenidas por los grupos, considerando un 95% de confiabilidad, un error del 5% y alfa de 0,05, al aplicar una prueba ANOVA se obtuvo un nivel de significancia sig=0.001, el que es menor a alfa, por lo que se acepta que el uso de la herramienta packet tracer influye significativamente en las calificaciones que obtienen los estudiantes, evidenciándose que los estudiantes que reciben conocimientos teóricos y manejan el simulador antes de la evaluación formativa obtienen mejores calificaciones en relación a aquellos que aprenden los conocimientos y posterior a la evaluación formativa aprenden y practican con el simulador como se observa en la

**Gráfico 5**, los resultados del ANOVA se muestra en la Tabla 3.



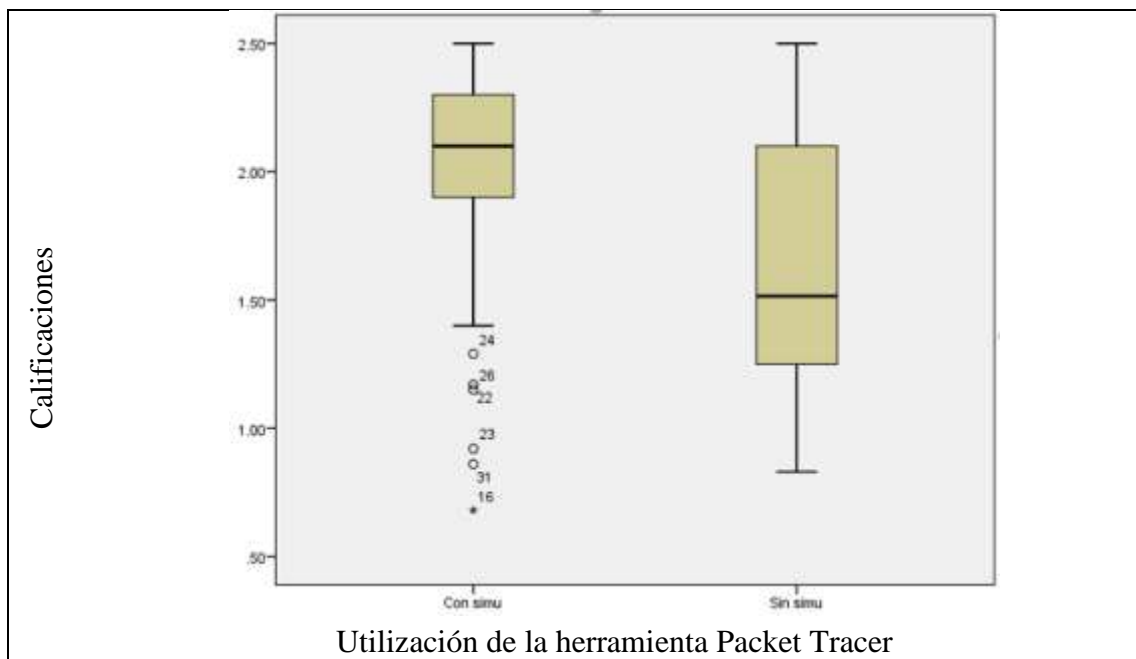
**Gráfico 5.** Calificaciones obtenidas por los estudiantes que utilizan el simulador frente aquellos que no recibieron la enseñanza con simulador

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se puede observar que existe una menor dispersión en las calificaciones obtenidas por los estudiantes que utilizan los conocimientos y el simulador packet tracer

antes de ser evaluados, la media de calificaciones utilizando packet tracer es de 1,98 mientras que la media sin utilización del simulador es de 1,65, así también la mediana utilizando el simulador packet tracer es de 2,10 mientras que la mediana sin utilización del simulador es de 1,51, como se observa en el Gráfico 6.

**Gráfico 6.** Dispersión en las calificaciones obtenidas por los estudiantes



Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones.

- En este trabajo tenemos presentado un estudio que se realizó durante dos años, en la asignatura Redes e Integración en la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la ESPOCH, relacionado a la influencia que tiene el uso del simulador Packet Tracer en el reforzamiento de los conceptos teóricos de Frame Relay, PPP y HDLC, proporcionando a los estudiantes mejores resultados durante las pruebas de conocimientos.
- Packet Tracer permite la simulación del encapsulamiento de paquetes en capa dos a través de la conformación de tramas mediante HDLC, PPP y Frame Relay en el diseño de redes WAN mediante el uso de routers y switches, a través del estudio de casos mediante la configuración de redes que permiten establecer la comunicación en las capas del modelo OSI y realizar el análisis, las deducciones e inferencias sobre la forma de trabajar de estos protocolos.
- En un 86,6% de promedio los estudiantes manifiestan haber comprendido, reafirmado bastante y medianamente sus conceptos teóricos sobre Frame Relay con el uso de

Packet Tracer, en la importancia del delimitador de la trama al inicio y final de la misma, el empleo del DLCI en la conformación de los circuitos virtuales, sobre los subcampos FECN, BECN y DE en el control de la congestión, las interfaces de administración local ansi, cisco, q933a, la diferencia entre las tablas de conmutación y de ruteo que son de lectura obligatoria por parte de los switch y routers respectivamente

- Los estudiantes sobre HDLC en lo que respecta al DTE y DCE en un 78,2% manifiestan haber comprendido totalmente y bastante la diferencia entre los dos dispositivos y relacionar con el clock rate al DCE. El 81,36% en promedio indican haber mejorado su conocimiento sobre el protocolo bastante y medianamente con el uso del Packet Tracer al haber observado el delimitador de cabecera y cola, la dirección a la que se dirige la trama, la trama de información de las tres que existen pero no los números de secuencia, y el CRC en lo que respecta al control de errores.
- El 76,6% manifiesta que mediante Packet Tracer se consolida la teoría totalmente y bastante en lo que se refiere a la estructura de la trama de PPP al poder observar los delimitadores de inicio y final de la misma, el valor del campo dirección y de control así como el hexadecimal del campo protocolo que indica lo que se lleva en la carga útil, al configurar los protocolos de PAP y CHAP reafirmaron sus conocimientos al respecto. En promedio el 88,57% indica que con respecto al proceso de encapsulamiento con PPP, la utilización de los códigos de LCP, así como la tercera fase donde se escoge el protocolo de capa de red NCP, les sirvió bastante y medianamente.
- Al aplicar la prueba ANOVA se obtuvo un nivel de significancia del 0.001 que es menor a alfa, por lo que se acepta que el uso de la herramienta Packet Tracer influye significativamente en las calificaciones de aquellos estudiantes que reciben conocimientos teóricos y manejan el simulador antes de la evaluación formativa.

### Referencias bibliográficas.

- Aguar, M. M., & Segui, F. B. (2013). Aprendizaje Mediante Simulación de Redes: Análisis, Implantación y Evaluación. *VAEP-RITA. Versión Abierta Español-Portugués, 1*, 1–9. Sociedad de Educación del IEEE (IEEE-ES).
- Arias Figueroa, D., Díaz, F. J., Gramajo, M. C., Gil, G. D., Sánchez, E., Gimson Saravia, L. E., ... others. (2016). Estudio de la influencia del uso de simulación en la enseñanza de redes de computadoras en el nivel universitario. *XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016)(Entre Ríos, 2016)*.
- Basu, A., Jha, K., & Mohanty, S. (2015). Wide Area Networking Using Frame Relay Cloud. *International Journal of Computer & Mathematical Sciences, 4*(7).
- Cisco Systems, Inc. (2010). *Cisco Packet Tracer*. Recuperado de [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/training-events/netacad/course\\_catalog/docs/Cisco\\_PacketTracer\\_DS.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/training-events/netacad/course_catalog/docs/Cisco_PacketTracer_DS.pdf)

- Garima, J., Nasree, N., Nisha, K., & Sourabh, S. (2015). Designing & Simulation of Topology Network using Packet Tracer. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2(2), 793–795.
- Javid, S. R. (2014). Role of packet tracer in learning computer networks. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 3(5), 6508–6511.
- N. Odii, J., O. Nwokoma, F., U. Onwuma, T., & I. Eke, J. (2017). NETWORK CONGESTION CONTROL SYSTEM USING FRAME RELAY TECHNOLOGY. *International Research Journal of Computer Science*, 4.  
<https://doi.org/10.26562/IRJCS.2017.JYCS10080>
- Zhang, Y., Liang, R., & Ma, H. (2012). Teaching innovation in computer network course for undergraduate students with packet tracer. *IERI Procedia*, 2, 504–510.



**PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.**

Moreno Vallejo, P., Bastidas Guacho, G., Moreno Costales, P., & Vallejo Sanaguano, M. (2019). Utilización del simulador Packet Tracer como herramienta didáctica para la enseñanza de Frame Relay, HDLC y PPP. *Ciencia Digital*, 3(2.6), 6-22. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.513>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

