

Estudio de la influencia de la enseñanza de redes LAN con simulación en el nivel universitario

Daniel Arias Figueroa¹, Javier F. Díaz², María Cecilia Gramajo¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo em Informática Aplicada – Universidad Nacional de Salta (UNSa) – Argentina

²Universidad Nacional de La Plata (UNLP) – Argentina

daaf@cidia.unsa.edu.ar, jdiaz@info.unlp.edu.ar,
maria.celicila.gramajo@exa.unsa.edu.ar

Abstract. *This article summarizes a study whose purpose was to determine the influence of simulation software use in teaching computer networks concepts and fundamentals, for a specific context. The quantitative study was an experimental design with control group. Parametric tests led to the conclusion that there is statistically significant difference in favor of students who used a strategy based on simulation.*

Resumo. *Este artículo resume un estudio cuyo propósito fue determinar la influencia del uso de software de simulación en la enseñanza de conceptos y fundamentos sobre redes de computadoras, para un contexto específico. El estudio fue del tipo cuantitativo, con diseño experimental con grupo de control. Las pruebas paramétricas permitieron concluir que, existe diferencia estadísticamente significativa a favor de los estudiantes que emplearon una estrategia basada en simulación.*

1. Introducción

1.1. Marco contextual

Los participantes del estudio fueron en su mayoría estudiantes de cuarto año de la carrera de Licenciatura en Análisis de Sistemas de la Universidad Nacional de Salta (UNSa) y, en menor medida, estudiantes de tercer año de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Salta (UCASAL). La primera universidad es de carácter público y la segunda, de carácter privado.

El estudio se situó en la enseñanza de conceptos sobre redes LAN (Local Area Network o Redes de Área Local), concretamente en el aprendizaje del concepto del algoritmo de contención del medio CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Colision Detection o Acceso Múltiple con Detección de Portadora con Detección de Colisión). Este tema específico es uno de los tres algoritmos de contención del medio que se analizan en la currícula de la capa de enlace (Modelo TCP/IP). En el nivel universitario se busca que los estudiantes puedan realizar el análisis de los distintos eventos que se producen en el funcionamiento del algoritmo CSMA/CD, como son: captura del canal, análisis del tiempo de propagación de la señal en el medio, visualización de colisiones, colisiones tardías y colisiones no detectadas, comprensión de los tamaños máximo y tamaño

mínimo de la trama y su relación con el canal, el tiempo intertrama, cómo influye la longitud del medio físico, etc.

1.2. Antecedentes del problema

Los conceptos y fundamentos de redes son difíciles de asimilar debido a la complejidad de los procesos involucrados que no son siempre visibles [1], [2], [3], [4]. Esto, sumado a los costos elevados de equipos específicos necesarios para montar un laboratorio de red, y a los escasos recursos con los que cuenta el Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta (similares a los recursos con los que cuentan la mayoría de las universidades públicas en el interior del país), hacen considerar a las herramientas de simulación, como una posible solución para que las prácticas sean mejor aprovechadas por los estudiantes, posibilitando además la utilización de estas herramientas fuera de los horarios de clase (Laboratorio virtual).

De acuerdo a lo dicho anteriormente, se podría resumir la problemática de la siguiente manera:

- El docente debe plantear los trabajos prácticos de laboratorio adecuándose a las características del equipo disponible, generalmente escaso (actualmente en el laboratorio de la UNSa, existen 3 enrutadores marca cisco, 5 enrutadores del tipo SOHO - Small Office Home Office y diversos conmutadores).
- La cantidad de estudiantes habitualmente es elevada (aproximadamente 20 estudiantes cada año cursan la asignatura Redes de Computadoras II).
- Los equipos de hardware de red (enrutadores, conmutadores, concentradores, cableado, conectores, etc.) son costosos, y su actualización y mantenimiento también significa costos elevados, por lo que usualmente se puede contar con, a lo sumo, uno o dos dispositivos por comisión o grupos de estudiantes. Esto hace inviable los laboratorios con equipo real.
- No todos los temas se pueden abordar con una práctica sobre un entorno real.
- La curva de aprendizaje para la administración de los dispositivos en laboratorios reales es alta. Lo mismo ocurre con la conectorización física para definir una determinada topología, ya que se disponen diferentes tipos de interfaces tales como Ethernet, FastEthernet, Seriales y Puertos de Consola. Esto impide armar demasiados grupos que accedan al hardware de red.

Desde hace un tiempo, el uso de herramientas de software de simulación ha demostrado ser de gran utilidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje en varios contextos. Concretamente, en redes 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 enrutadores, conmutadores LAN, cableado, entre otros. Así mismo, se reducen los tiempos para la puesta en marcha de los laboratorios físicos convencionales.

1.3. Planteamiento del problema.

Esta investigación pretende dar respuesta a la pregunta, ¿cuál es la influencia del uso de herramientas de simulación en el aprendizaje de conceptos y fundamentos sobre redes LAN en estudiantes del nivel universitario? De esta pregunta principal se derivan las siguientes preguntas:

- ¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el nivel de comprensión del concepto del algoritmo CSMA/CD, entre estudiantes que reciben instrucción mediada por herramientas de simulación y estudiantes que reciben instrucción tradicional?
- ¿Existe relación entre la utilización de herramientas de simulación y la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de la asignatura en cuestión y de otras asignaturas del plan de estudio de la carrera Licenciatura en Análisis de Sistemas?

Es importante destacar que en el marco del proyecto de investigación, está previsto realizar experiencias similares a ésta pero con otras herramientas de simulación y con otras temáticas tales como: direccionamiento IP, enrutamiento IP estático y dinámico con RIP, protocolo DNS y el protocolo ARP. Todas estas temáticas corresponden a las asignaturas Redes de Computadoras I y Redes de Computadoras II del plan de estudios de la carrera Licenciatura en Análisis de Sistemas.

1.4. Objetivos

El objetivo general del estudio aquí descrito fue determinar el impacto del uso de herramientas de simulación en el aprendizaje de conceptos y fundamentos de redes de computadoras en estudiantes del nivel universitario. A partir de este objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- a) Establecer la relación entre la utilización de la simulación y la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de las redes de computadoras y de temáticas de otras asignaturas del plan de estudios;
- b) Determinar si existe diferencia significativa en el nivel de comprensión de los principios del algoritmo de contención del medio CSMA/CD, entre estudiantes que reciben instrucción mediada por herramientas de simulación y estudiantes que reciben instrucción tradicional.

1.5. Justificación

Este estudio aporta evidencia empírica sobre la incidencia del uso de herramientas de simulación en la enseñanza de conceptos de redes de computadoras en el nivel universitario. Existen importantes estudios sobre el tema orientados hacia otros niveles de educación y otras áreas de la ciencia (García y Gil, 2006; Esquembre, 2005; Kofman, Catalán y Concari, 2004; Giorgi, Cámara y Kofman, 2004; Fogliati, Catalán y Concari, 2004; Casadei, Cuicas, Debel y Álvarez, 2008). Asimismo, existen estudios enfocados a la física, química y matemáticas ámbitos de la física diferentes a la cinemática bidimensional (Becerra, 2005; Amaya, 2008).

En el área específica de la redes de computadoras podemos mencionar a Cameron, B. (2003): Effectiveness of simulation in a hybrid online networking course. Quarterly Review of Distance Education, 4(1), 51. Teaching Computer Networks through Network Simulation Programs. Dr S. Y. Zhu. Faculty of Business, Computing and Law – School of Computing.

Esta investigación podrá beneficiar a los diferentes actores del proceso educativo: docentes, investigadores y autoridades educativas. A los docentes, darles justificaciones científicas y animarlos a incluir prácticas con simulación en sus clases si todavía no lo

hicieron, a los investigadores, alentarlos a ampliar el dominio de estudio a otras asignaturas y otra temática, y finalmente a las autoridades educativas que son las que invierten en laboratorios y equipamiento específico de redes. Los resultados de esta investigación permitirán tomar importantes decisiones sobre la inclusión de herramientas TIC como medios para favorecer el aprendizaje de conceptos y fundamentos no solo de redes de computadoras.

1.6. Limitaciones del estudio y trabajos relacionados

El estudio se desarrolló durante el período 2014-2016. En el año 2014, en el contexto de las asignaturas Redes de Computadoras II y Conectividad y Teleinformática de la carrera Licenciatura en Análisis de Sistemas de la Universidad Nacional de Salta (UNSa). En el año 2015, en el contexto de la asignatura Redes I de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Salta (UCASAL) y la asignatura Redes de Computadoras II en la UNSa y en el año 2016, en el contexto de la asignatura Redes de Computadoras II en la UNSa. El planteamiento, marco teórico y metodología se repitió en todos los casos. La estrategia pedagógica definida fue el aprendizaje mediado por herramienta de simulación en una parte específica de las redes LAN, para un nivel específico de enseñanza (universitario de grado).

Por otro lado, es importante destacar que los hallazgos de esta investigación no pueden ser generalizados a otros contextos de aprendizaje; primero, por el tamaño de la muestra seleccionada para desarrollar el estudio, y segundo, por el propio diseño de investigación realizado.

A continuación, en la Tabla 1 se presenta un cuadro con el detalle de la muestra, asignaturas, cantidad de estudiantes que formaron parte del grupo experimental y grupo de control en cada cohorte del taller con simulación y la cantidad total de estudiantes involucrados en el estudio.

Tabla 1: Estudiantes por asignaturas que participaron del estudio

Asignatura	Período	Cantidad de Estudiantes	Grupo Experimental	Grupo de Control
Redes de Computadoras II - UNSa	2014	9	4	5
Conectividad y Teleinformática – UNSa	2014	9	4	5
Redes I – UCASAL	2015	6	3	3
Redes de Computadoras II - UNSa	2015	12	5	7
Redes de Computadoras II - UNSa	2016	10	5	5
Total de estudiantes		46	21	24

El concepto CSMA/CD es parte del programa analítico de cada una de las asignaturas involucradas en las experiencias, lo que facilitó la realización de las mismas con la utilización del software de simulación. El simulador MACSim permite asimilar conceptos de redes LAN, específicamente sobre algoritmos de contención del medio,

entre los que se destaca CSMA/CD. Se eligió esta herramienta por ser sencilla e intuitiva.

Primeramente se realizó una exposición para todos los estudiantes con transparencias ilustrativas del algoritmo y su funcionamiento general, para luego ahondar en los detalles de tiempo de propagación de la señal en el medio y como esto influye en el normal desempeño del algoritmo estudiado. Luego se explicaron los conceptos de colisiones, colisiones tardías y colisiones no detectadas con la ayuda de animaciones utilizando presentación con diapositivas. Posteriormente, se realizó la práctica tradicional, también para todos los estudiantes, donde debían resolver preguntas abiertas sobre el CSMA/CD. Para el taller con el simulador se seleccionaron aleatoriamente la mitad de los estudiantes y se procedió a la resolución de una guía práctica específicamente diseñada, con problemas sobre el simulador. A fin de que la investigación interfiriera lo menos posible con el normal desempeño de las clases, fue necesario seleccionar un diseño metodológico adecuado que permitiera contar con resultados concretos en poco tiempo.

Cabe destacar también que los grupos bajo estudio pueden considerarse homogéneos o en igualdad de condiciones al inicio de cada experiencia, ya que se analizaron los planes de estudio correspondientes y el contenido de los programas de las respectivas asignaturas correlativas previas, y los mismos no contienen los conceptos evaluados en esta experiencia. Además, no se incluyeron los estudiantes recursantes en ninguno de los grupos ni tratamientos.

Respecto del método tradicional de enseñanza de redes en el Departamento de Informática se puede argumentar que, debido a las limitaciones comentadas, no todos los temas impartidos van acompañados de una práctica con laboratorio con equipo real. En general, en las dos asignaturas involucradas, se realizan laboratorios integradores de conceptos, con equipo real hacia el final del cursado. Para el tema puntual analizado en este estudio, el algoritmo CSMA/CD, no es posible visualizarlo en una red real o en producción, ya que la mayoría de los conceptos se implementan dentro de un equipo concentrador. Cuando se menciona al grupo de control, se hace referencia a una capacitación con problemas en el aula.

1.7. El software de simulación

El simulador utilizado para las experiencias se denomina MACSim, fue desarrollado en la University of Twente que se encuentra en la ciudad de Enschede, Países Bajos. En su última versión, permite realizar simulaciones de los protocolos MAC (Medium Access Control o Control de Acceso al Medio) más difundidos, como son el IEEE 802.3, 802.4 y 802.5.

MACSim tiene la característica de poder armar una red de cómo máximo cuatro estaciones y poder configurar diferentes parámetros tanto de las estaciones como del tráfico que genera cada una de ellas. Una vez definidos los parámetros de las estaciones y del tráfico, se puede ejecutar la simulación y visualizar de una forma gráfica y muy sencilla como se produce el flujo de bits de una estación a otra (propagación de la señal en el medio) y cuáles son los estados por los que pasa la estación. Este flujo de bits se identifica con distintos colores cuando lleva datos (celeste), cuando se producen colisiones (azul) y ruido (fuxia) para una mejor interpretación.

Entre las ventajas del uso de este tipo de herramientas, Sierra (2000) destaca las siguientes:

- Es posible recrear fenómenos cuya reproducción sería improbable en un ambiente escolar.
- Favorece el contraste de las ideas previas.
- Es posible manipular las variables del modelo lo que favorece el aprendizaje por descubrimiento.

En la Figura 1 se muestra una captura de pantalla del simulador en el momento que se produce una colisión, cuando dos estaciones definidas envían tramas con un tiempo menor a la captura del canal.

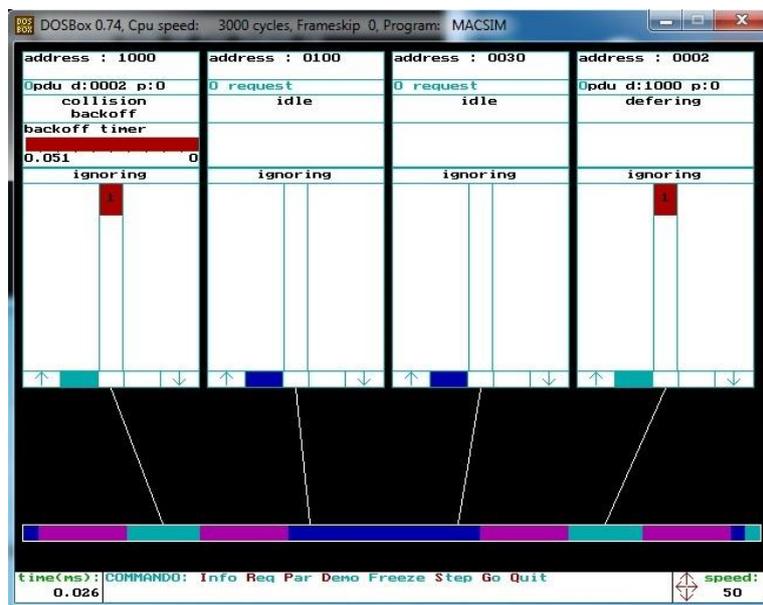


Figura 1: Colisión entre las estaciones con dirección MAC 0100 y 0030

Uno de los efectos más notables de la utilización de este tipo de herramientas es la adopción de un nuevo perfil docente. El profesor asume un rol de facilitador y orientador, y entiende que debe ser el alumno el protagonista del proceso (García y Gil, 2006). En esa línea, se pueden mencionar las siguientes funciones del profesor en su nuevo rol:

- Proveedor de recursos
- Organizador
- Tutor
- Investigador
- Facilitador

En ese sentido, el desarrollo de actividades utilizando herramientas de simulación involucra diversos niveles de abstracción que son usados en una estrategia instruccional. Es muy importante el desarrollo de una guía práctica, que motive al estudiante a investigar lo que ocurre cuando se modifican los parámetros.

1.8. Simuladores en la enseñanza

Una de las tareas más importantes de los diseñadores de redes de comunicaciones es el estudio del desempeño de las redes de computadoras. Esto se debe a que una mala decisión de diseño puede afectar fuertemente el desempeño de la red y provocar pérdidas económicas para la empresa.

En un contexto educativo, los simuladores de redes de comunicaciones son elementos activos de aprendizaje, ya que estas herramientas facilitan el estudio y comprensión de conceptos y fundamentos teóricos. La realización de prácticas de redes de datos sobre equipos reales, tropieza con la dificultad que los laboratorios, en general, están acotados en la cantidad y variedad de equipos, por lo que hay pocas posibilidades de variar el diseño y muchas veces se debe trabajar con una sola topología existente. Además se encuentran presentes las dificultades propias de los laboratorios, como son la coordinación con otras personas que hacen uso del mismo, el mantenimiento y la cantidad de personas que puede contener.

Si bien un simulador no puede sustituir el trabajo directo con equipos, puede proveer en cambio: facilidad de acceso, manejo de diversas topologías, equipos y protocolos, rapidez en el armado, trabajo con diferentes tipos de escenarios, algunos de estos escenarios pueden ser configurados erróneamente o incompletos para corregirlos y, un punto clave, la visualización gráfica.

Una de las funciones clave del docente, es la de propiciar un contexto que favorezca el uso de la herramienta, generando preguntas detonantes o problemas que los estudiantes deban resolver.

2. Metodología

La investigación se abordó desde el enfoque cuantitativo, con un alcance correlacional y siguiendo un diseño experimental con grupo de control. Este enfoque permitió medir el efecto que tiene sobre las variables dependientes, la manipulación intencional de la variable independiente (estrategia con software de simulación). En la literatura consultada, se encontraron varios estudios afines (Amaya, 2009; Casadei *et al.*, 2008; Debel *et al.*, 2009; Olivero y Chirinos, 2007; Rodríguez, Mena y Rubio, 2009; Sierra, 2005) que fueron desarrollados siguiendo un diseño cuasi-experimental.

Tal como se precisó previamente, es necesario resaltar que los hallazgos de este estudio no pueden ser extrapolados a otros contextos educativos, tanto por el tipo de muestra elegida como por el propio diseño de investigación realizado.

Las dos variables dependientes que se analizaron fueron:

- a) Actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de redes de computadoras y otras asignaturas del plan de estudios,
- b) nivel de comprensión de los principios del algoritmo CSMA/CD

La fiabilidad y validez de estos instrumentos fueron validadas a través de pruebas piloto donde se calcularon coeficientes de confiabilidad.

Cada cohorte del taller con simulación se desarrolló en tres etapas. La primera de ellas, la *fase pre-instruccional* donde se llevó a cabo la selección de la muestra y designación de los grupos y contextualización. La segunda etapa fue la *fase instruccional*, donde se

desarrollaron las secuencias didácticas respectivas similares para los dos grupos y además para el grupo experimental con el método con simulación. Por último, se realizó la *fase post-instruccional*, en la cual se aplicaron las pospruebas y se realizó el análisis de datos.

Para el análisis de los datos, se aplicó estadística descriptiva y pruebas paramétricas mediante el uso del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (Statistical Package for the Social Sciences o SPSS® de IBM).

Para la prueba de conceptos, el objetivo principal fue contrastar estadísticamente si ambos grupos de estudio presentaron una diferencia significativa en cuanto a alguna medida de tendencia central o de variabilidad, a los fines de poder tomar una decisión confiable sobre el beneficio o no de la aplicación de la nueva técnica de enseñanza. Es decir, se pretendía determinar si el uso de la herramienta de simulación como complemento a las prácticas tradicionales, favorece el aprendizaje. Dado que los grupos de trabajo fueron relativamente pequeños, esto es, tienen un tamaño muestral chico ($N \leq 10$), para realizar las pruebas de contraste antes mencionadas en los casos que correspondiere, se utilizaron aquellas asociadas a la distribución normal o de Gauss. En los casos en que ello no fue posible, se recurrió a las técnicas contempladas en la estadística no paramétrica (ya que prescinden de la distribución de los datos).

La idea básica en el análisis estadístico de los datos fue utilizar teoría y el software mencionado, para poder completar los resultados estadísticos descriptivos ya realizados, completándolos con estadísticas que permitan decidir por ejemplo: si existe diferencia significativa entre ambas metodologías de enseñanza. Este tipo de acciones se pudo realizar mediante test de hipótesis con respecto a medida de tendencia central, como ser media, mediana, etc.; medidas de variabilidad que permiten analizar la homogeneidad entre las respuestas de los estudiantes que participaron de las diferentes pruebas.

Para cada experiencia se realizaron los test con pruebas específicas como Kolmogorov-Smirnov, coeficientes de correlación no paramétricos y gráficos específicos que permitieron ver características no siempre mostradas por los gráficos descriptivos. También se realizó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon que permitió contrastar la hipótesis nula de que ambos grupos puedan mantener algún tipo de relación, es decir, no fueren independientes los tratamientos de los métodos con y sin simulación.

Para el test actitudinal se optó por una escala de valoración de Likert de 5 puntos para cada una de las variables o preguntas, donde 5 hace referencia al valor máximo y 1 al valor mínimo, tal como se puede ver en la siguiente tabla. Esto permite medir actitudes y conocer el grado de conformidad del encuestado con las afirmaciones propuestas.

Al respecto de la escala de Likert, existen diversas opiniones sobre el número de niveles a utilizar en la misma (Edmondson, 2005). Normalmente, el formato más popular consiste en una escala de Likert de 5 puntos. Un estudio empírico reciente demostró que la información obtenida en escalas con 5, 7 y 10 niveles posibles de respuesta muestra las mismas características respecto a la media, varianza, asimetría y curtosis después de aplicar transformaciones simples. La escala de Likert, al ser una escala que mide actitudes, es importante que pueda aceptar que las personas tienen actitudes favorables, desfavorables o neutras, lo cual es perfectamente normal en términos de información.

Debido a ello, es importante considerar siempre que una escala de actitud puede y debe estar abierta a la posibilidad de aceptar opciones de respuesta neutrales.

Para garantizar la fiabilidad del instrumento se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach. La medida de la fiabilidad mediante el Alfa de Cronbach asume que los ítems (medidos en escala tipo Likert) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados (Welch & Comer, 1988). Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1, mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. La fiabilidad de la escala debe obtenerse siempre con los datos de cada muestra para garantizar la medida fiable del constructo en la muestra concreta de investigación. Como criterio general, George y Mallery (2003, p. 231) sugiere un valor de 7 como aceptable.

El test actitudinal indagó sobre los siguientes puntos:

- actitud de los estudiantes para realizar simulaciones con otra temática de la misma asignatura,
- actitud de los estudiantes para realizar simulaciones en otras asignaturas del plan de estudio,
- algoritmo CSMA/CD,
- limitaciones del simulador,
- como influyen los cambios de determinados parámetros,
- facilidad para experimentar con otras topologías.

3. Resultados

3.1. Comprobación de la validez y fiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos empleados fueron revisados por expertos quienes emitieron un concepto favorable. Se comprobó la fiabilidad y la validez de cada instrumento.

3.2. Análisis de resultados

A continuación se describe cada una de las cinco experiencias realizadas para el tema CSMA/CD, en las diferentes cohortes de las asignaturas involucradas. Al final de cada análisis estadístico de los datos, se presenta para cada caso un gráfico descriptivo, donde se puede apreciar el porcentaje de estudiantes que aprobaron para el grupo experimental y para el grupo de control, como así también un detalle de las notas alcanzadas con la finalidad de contrastar la diferencia significativa a favor del grupo experimental en la mayoría de los casos.

La modelización de los datos se realizó con la variable *taller* que puede tomar dos valores, 0 para representar los alumnos que no realizaron el taller con herramientas de simulación, y 1 para aquellos alumnos que si realizaron el taller. La variable *nota*, refiere a la nota obtenida en la evaluación de conceptos en una escala de 0 a 100, siendo 50 el mínimo valor para la aprobación del mismo.

3.3. Experiencia 1

Para el test de Kolmogorov-Smirnov realizado, la variable *taller*, dado que presenta una dicotomía (0 o 1), es razonable un contraste de los datos con la distribución binomial, proponiendo como hipótesis nula, que ambos valores tienen la misma probabilidad de ocurrir. Es igualmente probable obtener una respuesta favorable al método nuevo

propuesto tanto en estudiantes que fueron sometidos al nuevo método de simulación, como en aquellos en lo que no. Con un nivel de significancia del 1% se acepta la hipótesis nula. Se hace notar que el software SPSS trabaja con un nivel de significancia del 5%.

Para la variable *nota*, dado que en el histograma se observa una mayor variabilidad de datos (no hay una dicotomía como en la variable taller) parece ser más apropiado el ajuste de la distribución empírica por medio de una distribución normal como la sugerida por la curva superpuesta al histograma, aunque a simple vista la distribución de los datos parece tener una asimetría negativa o una cola pronunciada a izquierda. Con un nivel de significancia del 0,7%, se acepta la hipótesis nula de que los datos provienen de una población con distribución normal.

Para la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, se desea contrastar la hipótesis nula de que ambos grupos puedan mantener algún tipo de relación. Es decir, no serían independientes los tratamientos de los métodos con y sin simulación. Lo que se desea en realidad es demostrar con un nivel de confiabilidad alto (95%) que ambos métodos conducen a resultados impeditivos. Por otro lado, con el cálculo de estadísticos descriptivos, se desea corroborar que el promedio de notas obtenidas por los estudiantes que estudian con simulación, es mayor que el correspondiente al de los estudiantes que estudian sin simulación.

Para realizar el estudio estadístico de diferencia de medianas (que en este caso es equivalente al de diferencias de medias ya que estamos trabajando con distribuciones normales, en las que ambas coinciden), se usa la prueba de rangos de Wilcoxon. El valor obtenido para la significancia asintótica bilateral es aproximadamente 0,07, el cual resulta ser menor que el nivel de significancia (0,05). Esto nos habilita a rechazar la hipótesis nula planteada.

Otras pruebas estadísticas apropiadas para complementar este resultado obtenido serían: calcular estadísticos descriptivos: medidas de tendencia central (mediana) y desviación estándar como medida de variabilidad.

El valor de la media para el grupo de experimental (estudiantes que realizaron simulación) es 92,19, mayor que el correspondiente a los estudiantes que no realizaron simulación 70,0. Se destaca además que el desvío estándar en el primer grupo, es aproximadamente del orden de la sexta parte del segundo grupo, lo cual significa que los estudiantes que realizaron simulación, presentan una manifiesta homogeneidad o poca variabilidad. Esto puede considerarse como un indicador que resalta la bondad de la enseñanza con simulación.



Figura 2: Redes de Computadoras II – UNSa – Año 2014

Para esta experiencia realizada, se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa a favor de los estudiantes que emplearon una estrategia basada en simulación para el concepto evaluado.

3.4. Experiencia 2

Realizado el test de Kolmogorov-Smirnov, con un nivel de significancia del 1% se acepta la hipótesis nula para la variable *taller* y con un 0,67% de significancia, se acepta la hipótesis nula para la variable *nota*. Para la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, el valor de la significancia asintótica bilateral es aproximadamente 0,785, el cual resulta ser menor que el nivel de significancia (0,05). Esto habilita a rechazar la hipótesis nula planteada.

El valor de la media en este caso es muy parecido para ambos grupos, 65,63 para el grupo experimental y 66,25 para el grupo de control. Sin embargo, el desvío estándar en el primer grupo es aproximadamente del orden de la mitad del segundo grupo, lo cual significa que, los estudiantes que realizaron simulación, presentan una manifiesta homogeneidad o menor variabilidad. Esto se puede considerar como un indicador que resalta la bondad de la enseñanza con simulación.

En el gráfico descriptivo a continuación, se puede observar que el 20% de los estudiantes que no realizaron el taller, obtuvieron notas menores a 50 puntos (desaprobados), aunque también se puede observar que el porcentaje de notas mayores a 70 puntos es superior en los alumnos que no realizaron el taller.

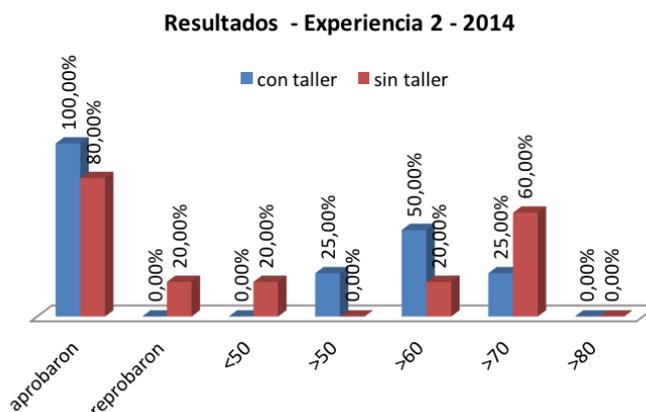


Figura 3: Conectividad y Teleinformática – UNSa – Año 2014

Para esta experiencia realizada, se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa a favor de los estudiantes que emplearon una estrategia basada en simulación para el concepto evaluado.

3.5. Experiencia 3

Realizado el test de Kolmogorov-Smirnov, con un nivel de significancia del 1% se acepta la hipótesis nula para la variable *taller* y con un 0,99% de significancia se acepta la hipótesis nula para la variable *nota*. Para la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, se observa que la significancia asintótica bilateral es aproximadamente 0,11, el cual resulta no ser menor que el nivel de significancia (0,05), sin embargo el percentil z asociado $Z=-1,604$ es menor en valor absoluto que el valor crítico de la normal estándar $Z_c=1,96$ con lo cual existen elementos estadísticos que permiten aceptar la hipótesis nula de independencia entre ambos métodos.

El valor de la media para el grupo experimental (estudiantes que realizaron simulación) es 72,92, mayor que el correspondiente a los estudiantes que no realizaron simulación 54,17.

Se destaca, además, que el desvío estándar en el primer grupo es aproximadamente del orden de la tercera parte del segundo grupo, lo cual significa que los estudiantes que realizaron simulación presentan una manifiesta homogeneidad o poca variabilidad. Esto puede considerarse como un indicador que resalta la bondad de la enseñanza con simulación.

Se puede observar en el gráfico a continuación, que el 33% de los estudiantes que no realizaron el taller obtuvieron notas menores a 50 puntos.

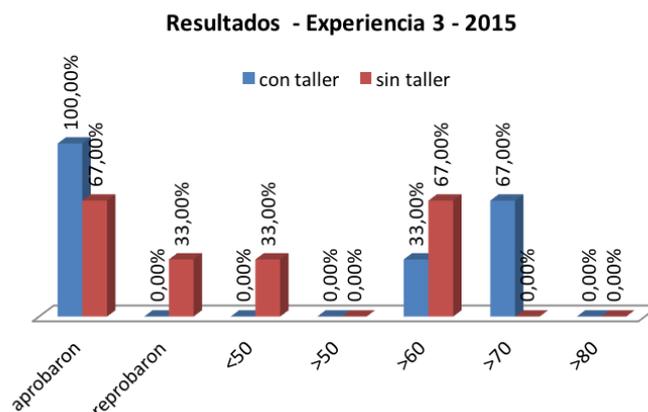


Figura 4: Redes I – UCASAL – Año 2015

Para esta experiencia realizada, se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa a favor de los estudiantes que emplearon una estrategia basada en simulación para el concepto evaluado.

3.6. Experiencia 4

Realizado el test de Kolmogorov-Smirnov, con un nivel de significancia del 0,77% se acepta la hipótesis nula para la variable *taller* y con un 0,52% de significancia se acepta la hipótesis nula para la variable *nota*. Para la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, el valor de la significancia asintótica bilateral es aproximadamente 0,07, el cual resulta ser menor que el nivel de significancia (0,05). Esto nos habilita a rechazar la hipótesis nula planteada.

El valor de la media para el grupo de estudiantes que realizaron simulación es 63,75, mayor que el correspondiente a los estudiantes que no realizaron simulación, 51,79.

Se destaca además que el desvío estándar en el primer grupo, es menor que el desvío del segundo grupo, lo cual significa que los estudiantes que realizaron simulación presentan una mayor homogeneidad o poca variabilidad. Esto puede considerarse como un indicador que resalta la bondad de la enseñanza con simulación.

Además, se destaca que el Estadístico de Curtosis en valor absoluto es menor para el grupo experimental, lo cual ofrece una base estadística robusta desde el punto de vista de la aceptación o validación del método experimental.

En el gráfico a continuación, se puede apreciar que el 43% de los estudiantes que no realizaron el taller obtuvieron notas menores a 50 puntos.

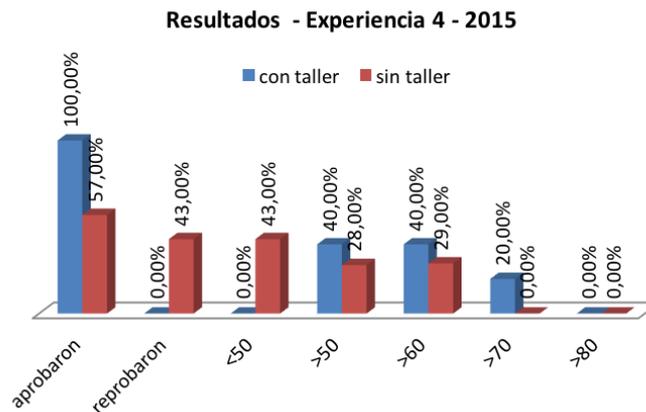


Figura 5: Redes de Computadoras II – UNSa – Año 2015

Para esta experiencia realizada, se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa a favor de los estudiantes que emplearon una estrategia basada en simulación para el concepto evaluado.

3.7. Experiencia 5

Realizado el test de Kolmogorov-Smirnov, con un nivel de significancia del 1% se acepta la hipótesis nula para la variable *taller* y con un 0,98% de significancia se acepta la hipótesis nula para la variable *nota*. Para la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, el valor de la significancia asintótica bilateral es aproximadamente 0,46, el cual resulta no ser menor que el nivel de significancia (0,05), sin embargo el percentil z asociado $Z=-0,73$ es menor en valor absoluto que el valor crítico de la normal estándar $Z_c=1,96$ con lo cual existen elementos estadísticos que permiten aceptar la hipótesis nula de independencia entre ambos métodos.

El valor de la media para el grupo de estudiantes que realizaron simulación es 67,60, mayor que el correspondiente a los estudiantes que no realizaron simulación 59,50. Esto puede considerarse como un indicador que resalta la bondad de la enseñanza con simulación.

Sin embargo, se destaca que el desvío estándar en el primer grupo es mayor que el desvío del segundo grupo. Considerando el Estadístico de Curtosis en valor absoluto, se puede apreciar que su valor es menor para el grupo experimental, lo cual también significa que los estudiantes que realizaron simulación presentan una mayor homogeneidad o menor variabilidad.

Estas conclusiones pueden reforzarse aún más mediante el uso del coeficiente de variabilidad relativa, que para el grupo experimental da un valor de 0,2409, y para el grupo de control 0,2494. En consecuencia el grupo experimental tiene una menor variabilidad relativa o mayor homogeneidad que el grupo de control.

En el gráfico descriptivo a continuación, se puede observar que el 43% de los estudiantes que no realizaron el taller obtuvieron notas menores a 50 puntos.

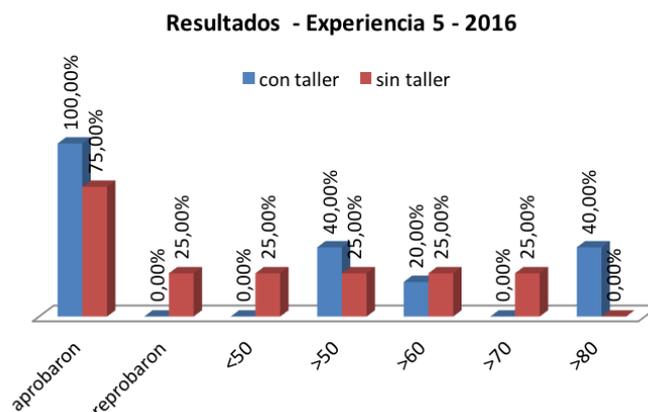


Figura 6: Redes de Computadoras II – UNSa – Año 2016

Para esta experiencia realizada, se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa a favor de los estudiantes que emplearon una estrategia basada en simulación para el concepto evaluado.

4. Discusión

4.1. Hallazgos

Los resultados descriptos anteriormente reportan que los estudiantes que emplearon simulación mostraron mayor motivación que quienes siguieron una estrategia de enseñanza tradicional. De manera que, en relación con el primer objetivo del estudio y dando respuesta a la primera pregunta que orientó la investigación, se establece que, para el nivel universitario, la utilización del software de simulación tiene una incidencia significativamente alta en el desarrollo de una buena actitud hacia el estudio la asignatura y de otras asignaturas del plan de estudios. Los estudiantes que utilizaron simulación mostraron un nivel de comprensión del concepto evaluado más alto que aquellos que siguieron un procedimiento tradicional. En relación al segundo objetivo del estudio y a la segunda pregunta de la investigación, se encontró que el uso de software de simulación influye positivamente en el mejoramiento del nivel de comprensión de los conceptos sobre el algoritmo de contención del medio estudiado.

4.2. Conclusiones

Los resultados obtenidos en las diferentes experiencias reportan que los estudiantes que desarrollaron la estrategia de aprendizaje con simulación tuvieron un mejor desempeño tanto en la dimensión actitudinal como la dimensión cognitiva. Esto guarda concordancia con los resultados de estudios como los de Amaya (2009), Bayrak (2008) y Sierra (2005). Por lo tanto, los resultados permiten concluir que el uso de software de simulación tiene una incidencia significativamente positiva en la actitud y en la comprensión de los estudiantes. Así, una estrategia de aprendizaje mediada por el uso de herramientas de simulación resulta más eficaz que una basada en enseñanza expositiva.

4.3. Trabajo Futuro

Como futuras investigaciones se sugieren estudios sobre el impacto de software de simulación en otros ámbitos de las redes, así como en otras asignaturas del plan de

estudios de la carrera. Asimismo, es importante valorar la incidencia de esta herramienta en otros niveles educativos. Se recomiendan estudios cualitativos que permitan conocer con mayor profundidad el nivel de conceptualización alcanzado por los estudiantes con el uso del software de simulación y ampliar la visión sobre el tema. Finalmente, otro punto a considerar es la influencia de diversos factores en la eficacia del software.

En cuanto a las debilidades del estudio, se debe tener en cuenta el tamaño pequeño de la muestra, por lo que las conclusiones de la investigación no pueden ser transferidas a otros contextos. Otro factor que influye en el estudio es la homogeneidad en el nivel de habilidad para utilizar este tipo de herramientas, la formación en informática de los alumnos facilita las experiencias. Por otro lado, la rigidez del enfoque cuantitativo limita la comprensión del fenómeno.

5. Referencias

- [1] SAKAR, N. I. (2006) Teaching TCP/IP Networking Using Practical Laboratory Exercises, *International Journal of Information and Communication Technology Education*, Vol. 2, No. 4, pp. 39-50.
- [2] GOLDSTEIN, G., M LEISTEN, S, STARK, K., & TICKLE, A. (2005) Using a Network Simulation Tool to Engage Students in Active Learning Enhances Their Understanding of Complex Data Communications Concepts, *Proceedings of the 7th Australasian conference on Computing Education*, pp. 223-228.
- [3] JAVIDI, G. & SHEYBANI, E. (2008) Content-Based Computer Simulation of a Networking Course: An Assessment, *Journal of Computers*, Vol. 3, No. 3, pp. 64-72.
- [4] DIXON, M. W., MCGILL, T. J. & KARISOON, J. M (1997) Using a Network Simulation Package to Teach the Client-server Model. *Proceedings of the 2nd Conference on Integrating Technology into Computer Science Education*, pp. 71-73.
- [5] ARIAS FIGUEROA, D. (2015) "Redes de Computadoras I con Packet Tracer", *Editorial de la Universidad Nacional de Salta – Argentina, EUNSa*. ISBN 978-987-633-132-6-1; 1a ed. Salta - E-Book - CDD 004.68.
- [6] CAMERON, B. (2003): Effectiveness of simulation in a hybrid online networking course. *Quarterly Review of Distance Education*, 4(1), 51.
- [7] GATTO, D. (1993): The use of interactive computer simulations in training. *Australian Journal of Educational Technology*, 9(2), 144-156.
- [8] YAVERBAUM, G., & NADARAJAN, U. (1996): Learning basic concepts of telecommunications: an experiment in multimedia and learning. *Computers & Education*, 26(4), 215-224.
- [9] ZHU, S. Y. (2011). Teaching Computer Networks through Network Simulation Programs. Faculty of Business, Computing and Law – School of Computing. University of Derby. *Learning Teaching & Assessment Conference*.
- [10] ARIAS FIGUEROA, D., GIL, G., GIMSON, L. (2016). "Estudio de la influencia del uso del simulador KIVA-NS en la enseñanza de redes IP". *Décima Quinta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2016) Orlando, Florida, EE.UU.*

[11] KUROSE, J.F. & ROSS, K.W. (2015). Computer Networking: A Top-Down Approach. 6th Edition. Pearson Education. ISBN: 9780132856201.

[12] AVILA BLAS, Orlando José (2003). Probabilidad y estadística inferencial: teoría y aplicaciones. ISBN: 978-987-9381-23-6. *Editorial: Universidad Nacional de Salta.*