



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

**“INTERCONECTIVIDAD DE ROUTERS EMULADOS MEDIANTE GNS3 CON ROUTERS
EMULADOS FÍSICOS”**

**“TESIS DE GRADO PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS”**

WILSON PAÚL OROZCO OROZCO

MAYRA LORENA AIMARA GUAITA

RIOBAMBA – ECUADOR

Agradezco a Dios y a la Virgen por todo lo que me brindan cada día, especialmente por la salud y sus bendiciones; a toda mi familia en especial a mis padres quienes ha sido el pilar fundamental para cumplir mis metas, porque siempre han estado a mi lado guiándome y brindándome su infinito amor; a mis hermanos quienes me han dado su apoyo incondicional y con su alegría me ha motivado para salir adelante de cualquier dificultad; a mis amigos por brindarme su amistad y darme aliento en momentos difíciles y un sincero agradecimiento a los Ingenieros: Patricio Moreno y Raúl Rosero por guiarnos para el correcto desarrollo de la tesis.

Lorena Aimara.

Agradezco a toda mi familia por su cariño, comprensión y confianza en todo momento para cumplir esta meta; a nuestro Director de Tesis el Ingeniero Patricio Moreno por su conocimiento, apoyo y paciencia en el desarrollo del presente trabajo de tesis y al Ingeniero Raúl Rosero por su cooperación en el mismo.

Wilson Orozco

Dedico este trabajo a Dios y la Virgen por iluminar cada paso de mi vida; a mis padres Abraham y Zeneida por creer en mí, por su apoyo incondicional e inculcarme valores éticos y morales muy importantes en una persona, por guiarme, cuidarme y siempre darme palabras de aliento ante las dificultades; a mis hermanos Xavier y Valeria, por no ser solo mis hermanos sino también mis amigos y apoyarme cada momento de mi vida; a mis Amigos Andrés, Pamela, Anita y Jéssica por brindarme su amistad sincera y apoyo incondicional en estos años.

Lorena Aimara.

Dedico este trabajo a mis padres Fabiola y Wilson que con su sacrificio y perseverancia me enseñaron a luchar por mis ideales y sueños; a mis hermanos Hilda, Elisa, Jenny, Jessica, William por su cariño y voz de aliento; a mis cuñados Darío, Mario que siempre me brindaron su apoyo; a mis sobrinos Joselin, Gianni; y a todas aquellas personas que de una u otra manera confiaron en mí y que han sido un pilar importante para cumplir con esta meta.

Wilson Orozco

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTAS

NOMBRES	FIRMA	FECHA
ING. IVÁN MENES CAMEJO DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRONICA.	_____	_____
ING. RAÚL ROSERO M. DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS.	_____	_____
ING. PATRICIO MORENO C. DIRECTOR DE TESIS.	_____	_____
ING. RAÚL ROSERO M. MIEMBRO DE TESIS.	_____	_____
TLG. CARLOS RODRIGUEZ DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____

NOTA: _____

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

Nosotros, Wilson Paúl Orozco Orozco y Mayra Lorena Aimara Guaita, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Wilson Paúl Orozco Orozco

Mayra Lorena Aimara Guaita

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

API	Application Programming Interface
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BGP	Border Gateway Protocol
CLI	Command Line Interface
CPU	Central Processing Unit
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Acces/Collision Detect
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
E1, E2	Equipo 1, Equipo 2 respectivamente.
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
GB	Gigabyte
GNS3	Graphic Network Simulator
GPL	General Public License
GUI	Graphical User Interfaces
INI	Windows Initialization File
IOS	Internetwork Operating System
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
JIT	Just in Time
KB	Kbyte
LAN	Local Área Network
MB	Megabytes
ms	Milisegundos
NIC	Network Interface Card
NIO	Network Input/Output
NVRAM	Non-volatile Random Access Memory

OSPF	Open Shortest Path First
PC	Personal Computer
PPS	Packet Per Second
QoS	Quality of Service
R1, R2, R3	Router 1, Router 2, Router 3 respectivamente.
RAM	Random Access Memory
RFC	Request for Comments
RIP	Routing Information Protocol
RPM	Red Hat Package Manager
RTT	Round Trip Time
RX	Recepción
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SGV	Scalable Vector Graphics
SSH	Secure Shell
TCP	Transmission Control Protocol
TICs	Tecnologías de la Información y la Comunicación
Tx	Transmisión
UDP	User Datagram Protocol
VoIP	Voice over Internet
VPCS	Virtual PC Simulator
VTY	Virtual Type Line
WAN	Wide Área Network

ÍNDICE GENERAL

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTAS

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I.- MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES	- 19 -
1.2. JUSTIFICACIÓN	- 21 -
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	- 21 -
1.2.2. USTIFICACION PRÁCTICA.....	- 22 -
1.3. OBJETIVOS	- 23 -
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	- 23 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	- 23 -
1.4. HIPÓTESIS	- 24 -

CAPÍTULO II.- ESTUDIO DEL EMULADOR GNS3

2.1 Emulador gráfico de redes GNS3	- 26 -
2.1.1 Características de GNS3	- 26 -
2.1.2 Descripción Técnica de GNS3	- 27 -
2.1.2.1 Dynamips	- 28 -
2.1.2.2 Dynagen	- 29 -
2.1.2.3 Qemu.....	- 30 -
2.1.3 Requerimientos del sistema.....	- 30 -
2.1.3.1 Uso de Memoria	- 30 -
2.1.3.2 Uso del CPU.....	- 32 -
2.1.4 Requerimientos del sistema en Windows	- 33 -
2.1.5 Requerimientos del sistema en Linux.	- 34 -
2.2 Instalación y configuración.	- 34 -
2.2.1 Instalación	- 35 -
2.2.2 Configuración	- 36 -
2.3 Uso de GNS3	- 38 -

2.3.1 Emulación de routers CISCO.....	- 38 -
2.3.2 Simulación de PC.....	- 49 -
2.3.2.1 Virtual PC Simulator.....	- 49 -
2.3.2.2 Quemu.....	- 50 -
2.3.2.3 VirtualBox.....	- 52 -
2.3.3 Creación de Enlaces.....	- 55 -
2.3.4 Almacenamiento de la Topología.....	- 56 -
2.3.5 Captura de Datos.....	- 58 -
CAPÍTULO III.- INDICADORES DE RENDIMIENTO EN REDES	
3.1 Latencia.....	- 61 -
3.2 Throughput.....	- 61 -
3.3 Jitter.....	- 62 -
CAPÍTULO IV.- DISEÑAR E IMPLEMENTAR UNA RED FORMADA POR ROUTERS EMULADOS FÍSICOS	
4.1. Diseño de la Red.....	- 66 -
4.2. Configuración de la Red.....	- 68 -
4.3. Captura de Datos.....	- 74 -
4.3.1. Latencia.....	- 74 -
4.3.2. Throughput.....	- 75 -
4.3.3. Jitter.....	- 77 -
CAPÍTULO V.- DISEÑAR E IMPLEMENTAR UNA RED FORMADA POR ROUTERS EMULADOS MEDIANTE GNS3	
5.1. Diseño de la Red.....	- 81 -
5.2. Configuración de la Red.....	- 82 -
5.3. Captura de Datos.....	- 85 -
5.3.1. Latencia.....	- 85 -
5.3.2. Throughput.....	- 87 -
5.3.3. Jitter.....	- 89 -
CAPÍTULO VI.- DISEÑAR E IMPLEMENTAR UNA RED FORMADA POR ROUTERS EMULADOS MEDIANTE GNS3 INTERCONECTADOS A ROUTERS EMULADOS FÍSICOS	
6.1. Diseño de la Red.....	- 93 -
6.2. Configuración de la Red.....	- 95 -
6.3. Captura de Datos.....	- 97 -
6.3.1. Captura de datos con R1 emulado en el Equipo 1.....	- 98 -
6.3.1.1. Latencia.....	- 98 -

6.3.1.2. Throughput	- 99 -
6.3.1.3. Jitter.....	- 101 -
6.3.2. Captura de datos con R1 emulado en el Equipo 2	- 103 -
6.3.2.1. Latencia.....	- 103 -
6.3.2.2. Throughput	- 105 -
6.3.2.3. Jitter.....	- 107 -
CAPÍTULO VII.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	
7.1. Evaluación de Indicadores	- 111 -
7.1.1. Latencia.....	- 111 -
7.1.2. Throughput.....	- 113 -
7.1.3. Jitter.....	- 116 -
7.2 Comprobación de la Hipótesis	- 120 -
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
RESUMEN	
SUMMARY	
GLOSARIO	
ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. I Routers que emula GNS3	- 39 -
Tabla IV. II Características Hardware y Software de los equipos.....	- 67 -
Tabla IV. III Direccionamiento IP de la red formada por routers emulados físicos.....	- 67 -
Tabla IV. IV Datos obtenidos de la Latencia	- 74 -
Tabla IV. V Datos obtenidos del Throughput	- 76 -
Tabla IV. VI Datos obtenidos del Jitter	- 78 -
Tabla V. VII Tabla de Direccionamiento del Escenario GNS3.....	- 82 -
Tabla V. VIII Datos Capturados para la Prueba Latencia de la Red en GNS3.....	- 86 -
Tabla V. IX Datos Capturados para la Prueba Throughput de la Red en GNS3.....	- 88 -
Tabla V. X Datos Capturados para la Prueba Jitter de la Red en GNS3	- 90 -
Tabla VI. XI Características Hardware para la implementación de router R1	- 94 -
Tabla VI. XII Direccionamiento IP de la red	- 94 -
Tabla VI. XIII Datos obtenidos de la Latencia	- 98 -
Tabla VI. XIV Datos obtenidos del Throughput.....	- 100 -
Tabla VI. XV Datos obtenidos del Jitter	- 102 -
Tabla VI. XVI Datos obtenidos de la Latencia	- 104 -
Tabla VI. XVII Datos obtenidos del Throughput.....	- 106 -
Tabla VI. XVIII Datos obtenidos del Jitter	- 108 -
Tabla VII. XIX Latencia de la red en los escenarios propuestos	- 111 -
Tabla VII. XX Porcentaje de Latencia en los escenarios propuestos	- 112 -
Tabla VII. XXI PPS de la red en los escenarios propuestos.....	- 114 -
Tabla VII. XXII Porcentaje de Throughput en los escenarios propuestos	- 115 -
Tabla VII. XXIII Jitter de la red en los escenarios propuestos	- 116 -
Tabla VII. XXIV Porcentaje de Jitter en los escenarios propuestos	- 117 -
Tabla VII. XXV Porcentaje de los indicadores de rendimiento en los escenarios propuestos ...	- 118 -

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico II. 1 Pantalla de GNS3 para habilitar sus funciones.....	- 32 -
Gráfico II. 2 Instalación de GNS3.....	- 35 -
Gráfico II. 3 Pantalla Principal de GNS3.....	- 36 -
Gráfico II. 4 Configuración de Dynamips	- 37 -
Gráfico II. 5 Carga de las imágenes IOS	- 37 -
Gráfico II. 6 Encender el Router.....	- 42 -
Gráfico II. 7 Uso de CPU y RAM sin Idle-PC	- 43 -
Gráfico II. 8 Aplicación de Idle PC en el router	- 43 -
Gráfico II. 9 Selección del Idle – PC	- 44 -
Gráfico II. 10 Rendimiento de CPU y RAM configurando Idle PC	- 44 -
Gráfico II. 11 Abrir Consola del Router	- 45 -
Gráfico II. 12 Consola de Administración de Router	- 45 -
Gráfico II. 13 Modos de Configuración de un Router.....	- 47 -
Gráfico II. 14 Configuración de VPCS.....	- 49 -
Gráfico II. 15 Configuración de puerto local y remoto del PC.....	- 50 -
Gráfico II. 16 Prueba de Conectividad entre PC.....	- 50 -
Gráfico II. 17 Agregar imagen Qemu	- 51 -
Gráfico II. 18 Iniciar imagen Qemu	- 52 -
Gráfico II. 19 Escritorio Tynycore en Qemu	- 52 -
Gráfico II. 20 Configuración de VirtualBox	- 53 -
Gráfico II. 21 Agregar máquina virtual de VirtualBox.....	- 54 -
Gráfico II. 22 Escritorio de Tynicore en VirtualBox	- 54 -
Gráfico II. 23 Seleccionar tipo de Enlace	- 55 -
Gráfico II. 24 Crear enlace entre equipos	- 55 -
Gráfico II. 25 Deshabilitar la Creación de enlaces	- 56 -
Gráfico II. 26 Guardar proyecto de GNS3.....	- 57 -

Gráfico II. 27 Ajustes del Proyecto	- 57 -
Gráfico II. 28 Archivos creados al guardar el proyecto	- 57 -
Gráfico II. 29 Empezar captura de datos	- 58 -
Gráfico II. 30 Origen de la captura de datos	- 58 -
Gráfico II. 31 Pantalla Principal de Wireshark	- 59 -
Gráfico II. 32 Detener captura de datos en Wireshark.....	- 59 -
Gráfico III. 33 Elementos para el funcionamiento de la herramienta Iperf.....	- 64 -
Gráfico IV. 34 Diseño de la red con routers emulados físicos	- 66 -
Gráfico IV. 35 Habilitar ip_forward para direccionamiento IPv4	- 68 -
Gráfico IV. 36 Archivos de configuración de Quagga	- 69 -
Gráfico IV. 37 Archivo de configuración de Zebra	- 69 -
Gráfico IV. 38 Iniciando el servicio de Zebra	- 69 -
Gráfico IV. 39 Acceso vía consola al router R1	- 70 -
Gráfico IV. 40 Configuración de las interfaces del router R1	- 70 -
Gráfico IV. 41 Configuración de las rutas estáticas en el router R1	- 71 -
Gráfico IV. 42 Tabla de ruteo del router R1	- 71 -
Gráfico IV. 43 Guardar la configuración del router R1	- 72 -
Gráfico IV. 44 Prueba de conectividad desde el router R1	- 72 -
Gráfico IV. 45 Pantalla Principal de Jperf	- 73 -
Gráfico IV. 46 Comando utilizado para medir la Latencia.....	- 74 -
Gráfico IV. 47 Latencia de la red en equipos físicos.....	- 75 -
Gráfico IV. 48 Configuración de Jperf para medir Throughput	- 76 -
Gráfico IV. 49 PPS de la red en equipos físicos	- 77 -
Gráfico IV. 50 Configuración de Jperf para medir Jitter.....	- 78 -
Gráfico IV. 51 Jitter de la red en equipos físicos	- 79 -
Gráfico V. 52 Escenario GNS3	- 81 -
Gráfico V. 53 Configuración de las Interfaces del router emulado en GNS3	- 83 -

Gráfico V. 54 Configuración Rutas Estáticas R1 en GNS3	- 83 -
Gráfico V. 55 Tabla de Enrutamiento del R1 emulado en GNS3	- 84 -
Gráfico V. 56 Prueba de Conexión desde el cliente al servidor.....	- 85 -
Gráfico V. 57 Comando Utilizado para medir la latencia	- 86 -
Gráfico V. 58 Latencia de la Red en GNS3	- 86 -
Gráfico V. 59 Configuración de Jperf para medir Throughput	- 88 -
Gráfico V. 60 Throughput en la Red GNS3	- 89 -
Gráfico V. 61 Configuración de Iperf para medir el Jitter de la Red en GNS3	- 90 -
Gráfico V. 62 Jitter en la Red GNS3	- 91 -
Gráfico VI. 63 Diseño de la interconectividad del router emulado en GNS3 con routers emulados físicos	- 93 -
Gráfico VI. 64 Nube en la Zona de Topología	- 95 -
Gráfico VI. 65 Configuración de la nube en GNS3	- 95 -
Gráfico VI. 66 Creación de enlaces con R1	- 96 -
Gráfico VI. 67 Configuración de las interfaces en el router R1	- 96 -
Gráfico VI. 68 Asignación de Direcciones IP en el equipo.....	- 97 -
Gráfico VI. 69 Comando utilizado para medir la Latencia.....	- 98 -
Gráfico VI. 70 Latencia de la red al emular R1 en Equipo 1.....	- 99 -
Gráfico VI. 71 Configuración de Jperf para medir Throughput	- 100 -
Gráfico VI. 72 PPS de la red al emular R1 en Equipo 1	- 101 -
Gráfico VI. 73 Configuración de Jperf para medir Jitter	- 102 -
Gráfico VI. 74 Jitter de la red al emular R1 en Equipo 1.....	- 103 -
Gráfico VI. 75 Comando utilizado para medir la Latencia.....	- 104 -
Gráfico VI. 76 Latencia de la red al emular R1 en Equipo 2.....	- 104 -
Gráfico VI. 77 Configuración de Jperf para medir Throughput	- 106 -
Gráfico VI. 78 PPS de la red al emular R1 en Equipo 2	- 107 -
Gráfico VI. 79 Configuración de Jperf para medir Jitter	- 108 -

Gráfico VI. 80 Jitter de la red al emular R1 en Equipo 2.....	- 109 -
Gráfico VII. 81 Latencia de la red en los escenarios propuestos	- 112 -
Gráfico VII. 82 Porcentaje de Latencia en los escenarios propuestos	- 113 -
Gráfico VII. 83 PPS de la red en los escenarios propuestos	- 114 -
Gráfico VII. 84 Porcentaje de Throughput en los escenarios propuestos	- 115 -
Gráfico VII. 85 Jitter de la red en los escenarios propuestos	- 117 -
Gráfico VII. 86 Porcentaje de Jitter en los escenarios propuestos	- 118 -
Gráfico VII. 87 Medición de los indicadores de rendimiento en los escenarios propuestos.....	- 119 -

INTRODUCCIÓN

En el área de las redes de computadores realizar muchos trabajos resultan costos en lo que se refiere a la utilización de hardware real, por tal motivo se ha buscado otras alternativas como la emulación de tal forma que facilite a los Administradores el diseño e implementación de redes.

Un software que permite emular el comportamiento exacto de un equipo Cisco es GNS3, pues ejecuta los IOS reales de los equipos de Cisco, por lo que se podrá ver exactamente lo que el IOS produce y se tendrá acceso a cualquier comando o parámetro soportado por el Sistema Operativo.

Cuando se trabaja con redes es de suma importancia conocer la forma en cómo se están comunicando los datos, para de esta manera realizar un análisis que permita determinar la calidad del enlace de comunicación; por tal motivo es necesario analizar el comportamiento de la red y así estimar su rendimiento, debido a que una red mal configurada puede ocasionar grandes pérdidas de tiempo y bajas en la productividad en sistemas de comunicaciones de gran tamaño.

La presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis del rendimiento de la red en la Interconectividad de routers emulados en GNS3 con routers emulados físicos, para lo cual se ha diseñado ambientes de prueba los mismos que permiten tener datos de referencia para posteriormente emitir resultados.

En el Capítulo I Marco Referencial, se detalla los antecedentes, la justificación de la investigación, los objetivos a cumplirse y la hipótesis planteada que al final del trabajo será comprobada. El Capítulo II Marco Teórico, comprende el estudio del emulador GNS3 en la cual se contempla aspectos como características, arquitectura, instalación, configuración y uso del emulador.

En el Capítulo III, presenta información acerca de los indicadores de rendimientos de una red (latencia, Jitter y throughput) de tal forma que se tenga información suficiente para su posterior

aplicación en ambientes de prueba, los mismos que permiten conocer las condiciones de la red de los escenarios propuestos.

En el capítulo IV, V y VI se contempla los diferentes ambientes de prueba realizados en la investigación, los mismos que constan de aspectos como diseño, configuración, captura de datos y análisis de rendimiento de las redes formadas por: routers emulados físicos, routers emulados en GNS3 y la interconexión de routers emulados en GNS3 con routers emulados físicos.

Finalmente en el capítulo VII, se lleva a cabo el análisis de los resultados obtenidos en los capítulos IV, V y VI con el fin de establecer diferencias y conclusiones para posteriormente comprobar la hipótesis planteada en el trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

Uno de los aspectos más importantes dentro de una investigación es el marco referencial, debido a que en él se contempla las referencias fundamentales sobre el cual se rige la investigación de la tesis.

En este capítulo se describe los antecedentes, la justificación teórica y práctica que motiva a realizar la investigación, así como se plantea los objetivos a cumplir y la hipótesis que posteriormente se comprueba con la investigación.

1.1. ANTECEDENTES

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) ejercen actualmente una influencia cada vez mayor en la educación, tanto en la enseñanza secundaria como en la universitaria, por ende los programas de simulación están adquiriendo en los últimos tiempos un importante grado de desarrollo y aplicación.

En el ámbito de las redes de computadores muchos trabajos son complejos e incluso costosos en lo que se refiere al diseño e implementación con la utilización de hardware real por lo que se ha visto en la necesidad de buscar otras alternativas como son la simulación y la emulación.

Las simulaciones utilizan modelos de sistemas donde se modifican algunos parámetros o variables y se obtienen resultados observables que permiten realizar inferencias sobre la influencia de tales variables en el comportamiento del sistema representado, por tanto proporcionan al alumno la oportunidad de interactuar, reflexionar y aprender participando de forma activa en el proceso educativo.

Cisco Packet Tracer es un simulador de redes fabricado por la empresa Cisco System. Esta es otra opción en la cual se puede utilizar para poner en práctica los conocimientos sobre redes de datos. El principal inconveniente de los simuladores es que muchas funciones y comandos de Cisco IOS no están disponibles, lo que imposibilita a los estudiantes poder gestionar entornos de red de alta complejidad.

Una forma más real de interactuar con procesos es la emulación, el mismo que permite ejecutar programas en una plataforma (sea una arquitectura de hardware o un sistema operativo) diferente de aquella para la cual fueron escritos originalmente. A diferencia de un simulador, que sólo trata de reproducir el comportamiento del programa, un emulador trata de

modelar de forma precisa el dispositivo de manera que este funcione como si estuviese siendo usado en el aparato original.

La emulación constituye un papel muy importante como una herramienta para capacitación de alumnos en circunstancias en las que la práctica real puede ser muy costosa, peligrosa o ambas.

GNS3 es el emulador de hardware de Cisco más popular. Es un software libre de código abierto. Se puede instalar en una PC con sistema operativo Windows o Linux. GNS3 permite a los estudiantes interactuar directamente con el IOS de Cisco además pueden instalar, configurar y diseñar redes grandes y complejas sin tener que gastar una fortuna comprando equipos reales.

El Emulador GNS3 está compuesto por dos componentes de software:

- El primer componente es el software de GNS3, el cual es un front-end gráfico para la elaboración de las conexiones de red, configuración y administración de las imágenes de los Cisco IOS.
- El segundo componente es Dynamips que es el software que se utiliza para emular el hardware de Cisco.

Este tipo de emulador sería útil para:

- Ser utilizado como una plataforma de formación, con el software utilizado en el mundo real. Esto permitiría a la gente familiarizarse más con los dispositivos de Cisco, ya que es una empresa líder mundial en tecnologías de red.
- Probar y experimentar las características de Cisco IOS.
- Comprobar rápidamente las configuraciones que se implementarán más adelante en los routers reales.

La disminución de equipos, espacio físico y reducción de costos es una de las necesidades que las empresas desean conseguir; para lo cual se considera alternativas como la emulación; es por ello que con el estudio del emulador como GNS3, se diseñará e implementará redes de tal manera que se las pueda interpretar y conectar con equipos emulados físicos obteniendo resultados importantes para la investigación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Un aspecto importante dentro de todo trabajo escrito de grado es justificar el tema de investigación, para lo cual se detalla la justificación teórica y práctica del trabajo a realizar.

1.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Emular una red de computadores es muy importante en el aprendizaje y más si se cuenta con programas capaces de emular completamente el funcionamiento de la misma. Es por ello que se ha escogido el programa GNS3 por las siguientes ventajas:

GNS3, es un programa open source, (Graphic Network Simulator) y que tiene de especial la particularidad de:

- Se puede trabajar con IOS de routers cisco reales, agregando todas las características y potencialidades de un router real, sin tener el problema de comandos no reconocidos o no funcionales.
- Es un entorno grafico de simulación de redes complejas utilizando dispositivos emulados CISCO como routers, switches, etc
- Posee un diseño de alta calidad y la red de topologías complejas.
- Conexión de la red emulada con el mundo real.
- De captura de paquetes con Wireshark.

Cuando se trabaja con redes es de suma importancia conocer la manera en cómo se están comunicando los datos, para de esta manera realizar un análisis que permita determinar la calidad del enlace de comunicaciones. Para esto es necesario analizar el comportamiento de la red y de esta manera estimar su rendimiento, debido a que una red mal configurada o con un pobre rendimiento puede ocasionar grandes pérdidas de tiempo, bajas en la productividad, etc, en sistemas de comunicaciones de gran tamaño.

Para poder resolver problemas que se puedan presentar es necesario conocer a profundidad todos los parámetros de la red en cuestión además de realizar un monitoreo de la misma para detectar cualquier anomalía, con estas herramientas se puede hacer un diagnóstico acertado de cualquier tipo de eventualidad y corregirla a tiempo. Los parámetros más comunes para chequear el comportamiento de una red son la eficiencia, el throughput y el retraso o latencia que sufren los paquetes debido a las congestiones que pueden encontrar entre el origen y el destino.

1.2.2. JUSTIFICACION PRÁCTICA

La Escuela de Ingeniería en Sistemas de la ESPOCH, no cuenta con el presupuesto necesario para comprar equipos físicos como routers o switch CISCO, por lo que una forma de acceder a la investigación por parte de los estudiantes es a través de los emuladores, que permiten instalar los sistemas operativos reales que funcionan en los equipos mencionados.

CISCO es la empresa más grande en el mundo en el desarrollo de equipos utilizados en las redes, al desarrollar el emulador GNS3 está permitiendo a los diseñadores de redes e investigadores en el campo de mencionado, poder emular escenarios reales e interactuar de una manera confiable con los diferentes dispositivos y realizar las respectivas pruebas de rendimiento.

Para el análisis del rendimiento de los equipos se realizará ambientes de prueba que constan de 3 escenarios:

- Escenario 1: Red formada por 3 routers emulados físicos.
- Escenario 2: Red formada por 3 routers emulados en GNS3.
- Escenario 3: Red formada por routers emulados en GNS3 interconectados a dos routers emulados físicos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1.OBJETIVO GENERAL

Interconectar routers emulados mediante GNS3 con routers emulados físicos.

1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar las capacidades que ofrece el emulador GNS3 para los entornos de red.
- Determinar los indicadores para medir el rendimiento en los routers emulados en GNS3 y los routers emulados físicos.
- Diseñar e implementar una red formada por routers emulados mediante GNS3 para el análisis de rendimiento.
- Diseñar e implementar una red formada por routers emulados físicos para el análisis del rendimiento.
- Diseñar e implementar una red formada por routers emulados mediante GNS3 que se interconecte a dos routers emulados físicos para el análisis del rendimiento.

- Establecer las diferencias de throughput, latencia, jitter en redes formadas por routers emulados mediante GNS3 interconectados a routers emulados físicos y redes formados por routers emulados físicos.

1.4. HIPÓTESIS

La interconectividad de routers emulados mediante GNS3 con routers emulados físicos ofrece similar rendimiento a redes formadas por routers emulados físicos y pueden formar parte de una red física.

CAPÍTULO II

2 ESTUDIO DEL EMULADOR GNS3

En el capítulo que se presenta a continuación, se detalla aspectos importantes acerca del emulador GNS3, en el cual se aborda temas como la arquitectura del emulador, requerimientos del sistema sea en Windows o Linux, configuración e instalación del emulador así como la asignación de los IOS de Cisco en los equipos y el uso de los emuladores.

De igual manera se conceptualiza aspectos generales de GNS3 y las características del mismo, muy importantes para poder realizar la investigación.

2.1 Emulador gráfico de redes GNS3

GNS3 es un emulador de red gráfico que permite la emulación de redes complejas, al igual que un emulador como VMWare, VirtualBox o Virtual PC que se utilizan para emular varios sistemas operativos en un entorno virtual; GNS3 utiliza los IOS de los equipos de Cisco y los ejecuta en un entorno virtual en el ordenador, la emulación se lo puede realizar en computadoras basadas en Windows, Linux y Mac OS X.

Debido a que el emulador posee una larga lista de plataformas de routers y otros dispositivos, es más fácil para que el administrador pueda interactuar con los equipos, agregando todas las características y potencialidades de un router real, sin tener el problema de comandos no reconocidos o no funcionales, probando de esta forma todas las configuraciones posibles y necesarias.

El emulador GNS3, fue desarrollado en python a través de PyQt la interfaz gráfica (GUI) confeccionada con la poderosa librería Qt, famosa por su uso en el proyecto KDE. GNS3 también utiliza la tecnología SVG (Scalable Vector Graphics) para proveer símbolos de alta calidad para el diseño de las topologías de red (1) .

2.1.1 Características de GNS3

Las principales características que tiene el emulador GNS3 son las siguientes:

- Diseño de topologías de redes de alta calidad y complejidad.
- Emulación de muchas plataformas de IOS de routers Cisco IOS, switch firewalls y otros.
- Emulación de Ethernet simple, ATM, switches Frame Relay, etc.
- Conexión de redes simuladas al mundo real.
- Captura de paquetes utilizando Wireshark.

- Es de fácil instalación debido a que todos los programas que se necesita para que funcione se encuentra en un solo paquete de instalación.
- Está en constante actualización y periódicamente se puede encontrar versiones de la aplicación más robustas y con nuevas funcionalidades.

Cabe mencionar que GNS3 es un programa de código abierto gratuito para su uso. Sin embargo, debido a restricciones de licencia en lo que se refiere a los IOS de los equipos (routers) de Cisco es necesario adquirirlos bajo una cierta cantidad de dinero para poder usarlos en GNS3.

Al poder interactuar directamente con los IOS de Cisco, se puede observar la potencia del Software ya que es la mejor manera de ver su comportamiento y probar configuraciones debido a que se está ejecutando las imágenes reales de los equipos, dando incluso la alternativa de conectar los esquemas creados en GNS3 con Hardware real.

2.1.2 Descripción Técnica de GNS3

Para permitir simulaciones completas, el emulador GNS3 utiliza 3 componentes importantes:

- **Dynamips**, el programa básico que permite la emulación de Cisco IOS.
- **Dynagen**, un texto basado en front-end para Dynamips.
- **Qemu**, máquina emuladora y virtualizadora de código abierto.

Debido a la importancia de los componentes de GNS3 mencionados anteriormente, es necesario tener un concepto más claro de los mismos, por tal motivo se los detalla a continuación:

2.1.2.1 Dynamips

Dynamips, fue realizado por Christophe Fillot que comenzó su labor en agosto de 2005. La última versión oficial de Dynamips soporta Cisco 7200, 3600 series (3620, 3640 y 3660), serie 3700 (3725, 3745), serie 2600 (2610 a 2650XM, 2691) y la serie 1700 (2).

Según Christophe Fillot el emulador GNS3 será útil:

- Para utilizarlo como una plataforma de entrenamiento, utilizando software del mundo real. Esto permitiría que la gente se familiarice con los dispositivos de Cisco, debido a que Cisco es el líder mundial en tecnologías de redes.
- Probar y experimentar las características de Cisco IOS;
- Comprobar y verificar configuraciones que en lo posterior se pueden implementar en equipos reales.

Aunque Dynamips no emula switches Catalys, provee una versión limitada de un switch virtual, cuyas limitaciones pueden ser resueltas usando métodos alternativos como es la emulación de NM-16ESW (Módulo de switch Ethernet de 16 puertos), es decir es una tarjeta "EthernetSwitch" emulada por GNS3.

Inicialmente Dynamips consume grandes rendimiento dl CPU de la PC en el que se está trabajando, esto se debe a que se está emulando entornos virtuales y no se puede saber cuándo un router virtual está inactivo, de modo que ejecuta instrucciones como si la imagen del IOS estuviera realizando algún trabajo útil; para resolver el problema del excesivo uso de CPU se crea un proceso llamado IDLEPC.

Por otro lado, Dynamips también consume memoria RAM del PC en el que se está trabajando, ya que en teoría cada router virtual debe tener a su disposición como

mínimo toda la cantidad de memoria RAM que necesita para poder trabajar, lo que ocasionaría problemas en cuanto a emulaciones de redes con varios routers.

Para resolver el problema del excesivo uso de memoria del PC emulador se usan herramientas que permiten compartir la memoria del mismo entre varios routers emulados con la misma IOS.

Para comprender mejor acerca de "idle-pc" y las herramientas que permiten compartir la memoria de los routers, se abordarán estos temas en el apartado 2.2.3.

2.1.2.2 Dynagen

Dynagen, fue desarrollado en Python, y es por lo tanto compatible con cualquier plataforma para la que hay un intérprete Python. El diseño es modular, con una API de programación orientada a objetos por separado para la interfaz con Dynamips.

Dynagen, es un front-end utilizada por GNS3 para interactuar con Dynamips. Utiliza un archivo de configuración INI, como un medio de almacenamiento de las configuraciones realizadas de todos los dispositivos emulados. Se encarga de especificar los adaptadores correctos de los puertos, generando y haciendo coincidir los descriptores NIO, que se encargan de la conexión con equipos reales o los puertos en los que trabaja los adaptadores de red (3).

De igual forma Dynagen permite a los usuarios listar los dispositivos, ejecutar, suspender, reiniciar, determinar y administrar los valores de idle-pc para realizar captura de paquetes.

2.1.2.3 Qemu

Qemu, es una máquina genérica emuladora y virtualizadora de código libre la misma que puede ejecutar Sistemas Operativos y programas hechos por una máquina sobre una diferente, pero usando una transferencia dinámica, se consigue un buen rendimiento (4).

2.1.3 Requerimientos del sistema

En GNS3, cuando se utiliza una topología con varios dispositivos, los problemas de uso de memoria y CPU suelen ocurrir. Para abordar el problema de uso de CPU un valor de Idle-PC tiene que ser incluido. Este valor depende de la versión de IOS y no del PC, de igual manera se debe tener en cuenta el ghostios y sparsemem de Dynamisp de GNS3.

2.1.3.1 Uso de Memoria

Los escenarios que se pueden construir en GNS3, consumen una gran cantidad de memoria real y virtual, pero mediante las herramientas de Dynamips: "ghostios" y "sparsemem" se puede optimizar estos valores respectivamente.

La opción **Ghostios**, puede reducir significativamente la cantidad de RAM del host real necesaria para escenarios con varios routers que ejecutan la misma imagen de IOS. Con esta característica, en lugar de cada router virtual almacene una copia idéntica de IOS en la RAM virtual, el host utilizará una región compartida de memoria que todos utilicen. Así, por ejemplo, si está ejecutando 10 routers, todas con la misma imagen de IOS, en la cual dicha imagen es de 60 MB de tamaño, se usará $9 * 60 = 540$ MB de memoria RAM real cuando se ejecute el escenario. Ghostios está habilitada por defecto en GNS3 (5).

Cuando Ghostios se encuentra habilitado, se crearán archivos adicionales en el mismo directorio en donde se encuentran los archivos de nvram de los routers, dichos archivos aparecen con nombres similares a “c3660-ik9o3s-mz.124-10.image.ghost”. Este es el archivo que corresponde a la región compartida de memoria.

La opción **Sparsemem**, no conserva la memoria real, sino reduce la cantidad de memoria virtual utilizada por las instancias del router. Esto es importante, ya que el sistema operativo limita un proceso único de 2 GB de memoria virtual en Windows de 32 bits y 3 GB en Linux de 32-bit. Habilitando sparsemem sólo asigna memoria virtual en el host que es actualmente usado por el IOS, en lugar de la cantidad total de RAM configurada. Esto permite que se ejecuten más instancias (5).

Tanto Ghostios como Sparsemem, se basan en mmap el mismo que se encarga de realizar la correspondencia de archivos temporales del disco con la memoria virtual configurada en los routers emulados, para que cuando se requiera leer estos archivos, el sistema operativo ponga en caché las secciones, que están siendo utilizados. Al igual que Ghostios y Sparsemem, mmap también está activado por defecto, pero ante cualquier situación es importante verificar las configuraciones y en caso de ser necesario seleccionar las preferencias que uno desee en el menú Edición en GNS3.

En el **Gráfico II. 1** se muestra la pantalla en la cual se puede habilitar las opciones de optimización de Dynamisp “Ghostios y Sparsemem”, en el caso que las mismas no estén habilitadas.

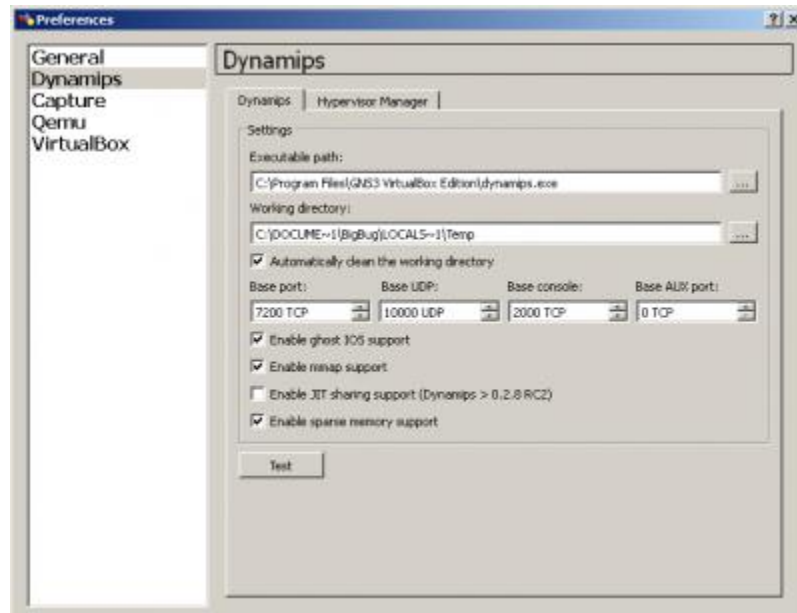


Gráfico II. 1 Pantalla de GNS3 para habilitar sus funciones

2.1.3.2 Uso del CPU

Sin configurar los valores Idle-PC, el consumo del CPU del sistema funciona al 100%. Esto es porque Dynamips, el núcleo del emulador funcionando bajo GNS3, no sabe cuándo el router virtual está inactivo, y cuando se está realizando un trabajo útil.

El comando " Idle-PC " realiza un análisis de una imagen en ejecución para determinar los puntos más probables en el código que representan un bucle de inactividad en el proceso de IOS. Una vez aplicado, Dynamips "duerme", el router virtual debido a que el bucle de inactividad se ejecuta. Esto reduce significativamente el consumo de CPU en el host sin reducir la capacidad del router virtual para realizar su trabajo (1).

Los valores de Idle-PC son particulares a una imagen IOS, pues son diferentes para cada versiones de IOS, e incluso para la misma versión de IOS pero con diferentes características. Por tal motivo los valores de Idle-PC no son particulares a la PC, el sistema operativo o la versión de Dynamips que GNS3 está utilizando.

2.1.4 Requerimientos del sistema en Windows

Para determinar el consumo real de la memoria RAM del equipo, es necesario tener en consideración dos aspectos:

- Dynamips utiliza por defecto 16 MB de RAM en Windows para cachear (cache) las transacciones JIT.
- Cantidad de memoria RAM requerida por cada imagen IOS de un router. Cabe mencionar que cada IOS tiene una determinada cantidad de RAM necesaria para su funcionamiento dependiendo del modelo del dispositivo.

Para conocer el consumo de la memoria RAM se suman los valores mencionados anteriormente, pero cabe mencionar que el valor resultante será una estimación inicial, ya que en la práctica el valor es menor al obtenido debido a que intervienen las herramientas de Dynamisp: "ghostios" y "sparsemem" las mismas que optimizan el valor de consumo de la memoria RAM.

De igual manera Dynamips hace uso intensivo del CPU, porque está emulando instrucción-por-instrucción del CPU de un router virtual. En principio no tiene manera de saber cuándo el router virtual está en estado inactivo (idle), por esa razón ejecuta todas las instrucciones que constituyen las rutinas del IOS, pero una vez que haya ejecutado el proceso de "Idle-PC" para una determinada imagen de IOS, la utilización de CPU decrecerá en forma drástica.

El valor de "Idle-PC" depende de cada IOS de los routers, para obtener un mejor rendimiento y optimización de los recursos, es necesario seleccionar el valor más adecuado.

2.1.5 Requerimientos del sistema en Linux.

Al igual que en Windows para determinar el consumo real de la memoria RAM del equipo, es necesario tener en consideración dos aspectos:

- Dynamips utiliza por defecto 64MB de RAM en Linux para cachear (cache) las transacciones JIT.
- Cantidad de memoria RAM requerida por cada imagen IOS de un router.

Como se puede observar el único aspecto que cambia con respecto a Windows es el consumo de la RAM en Linux (64MB) pero el proceso es el mismo, ya que se sumarían los valores mencionados anteriormente para conocer el consumo inicial total; pero de igual forma con las herramientas de Dynamips se optimiza el consumo de la memoria RAM.

En lo que se refiere al consumo del CPU, de igual manera cuenta con un valor "Idle-PC" que de igual forma permitirá optimizar el consumo de CPU tan solo con seleccionar el valor más adecuado.

2.2 Instalación y configuración.

Para iniciar con el primer punto para el uso del emulador, lo primero es descargar el archivo de instalación de GNS3 llamado "GNS3 v0.8.3.1 all-in-one" que incluye Dynamips, Putty (cliente para conexiones SSH), WinPcap (conjunto de librerías para trabajar con protocolos de red presente en los analizadores de red), Wireshark y Qemu/Pemu (librerías para poder conectar GNS3 con Qemu, software libre emulador de sistemas operativos) desde el sitio oficial de GNS3: <http://sourceforge.net/projects/gns-3/files/GNS3/0.8.3.1/GNS3-0.8.3.1-all-in-one.exe/download>, una vez que se tiene el instalador del emulador, se continua con la instalación y las respectivas configuraciones del mismo.

2.2.1 Instalación

Para instalar se debe seguir paso a paso cada uno de los puntos del asistente de instalación de GNS3 los mismos que constan de hacer clic en “*Install*”, hasta que todos sus componentes sean instalados.

En el **Gráfico II. 2**, se muestra la pantalla de instalación de GNS3, en la cual se especifica la ruta en la cual se va a instalar.

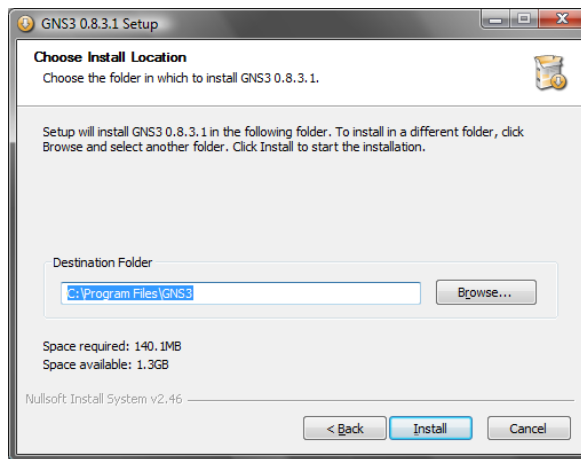


Gráfico II. 2 Instalación de GNS3

Una vez que se ha realizado la instalación del emulador, se puede acceder al mismo para familiarizarse con el entorno de trabajo. En el **Gráfico II. 3**, se muestra la pantalla principal en donde se visualiza las diferentes zonas de trabajo de GNS3 como son: topología, nodos, consola, captura y resumen.

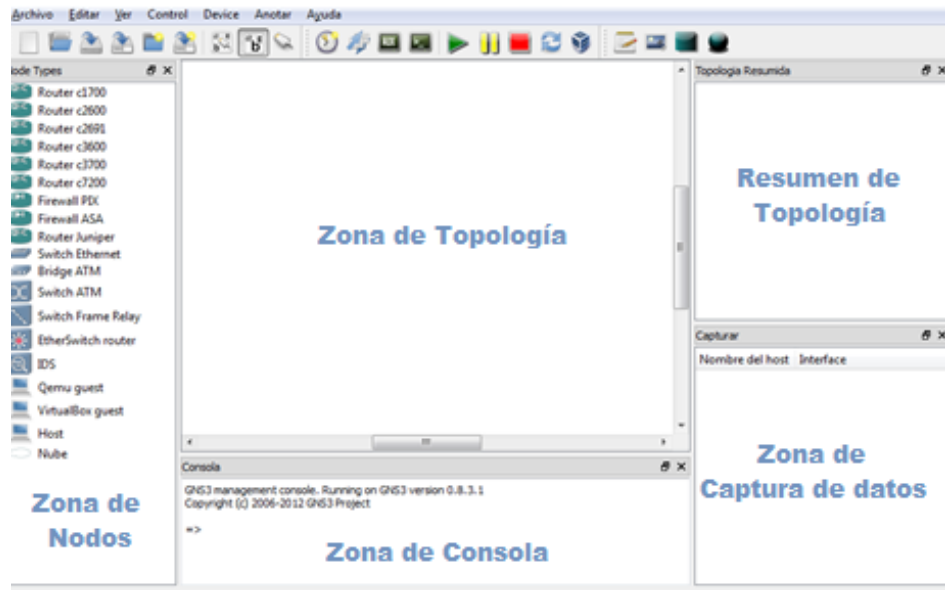


Gráfico II. 3 Pantalla Principal de GNS3

2.2.2 Configuración

En GNS3 se debe configurar algunos aspectos para que los equipos emulados funcionen correctamente, los pasos a seguir son los siguientes:

En el menú Editar se debe seleccionar Preferencias, en Dynamips hacer clic en “Test Settings” para verificar la configuración Dynamips.

En el **Gráfico II. 4**, se muestra la pantalla en la cual se puede visualizar la configuración de Dynamips, y si el mismo se ha ejecutado correctamente.

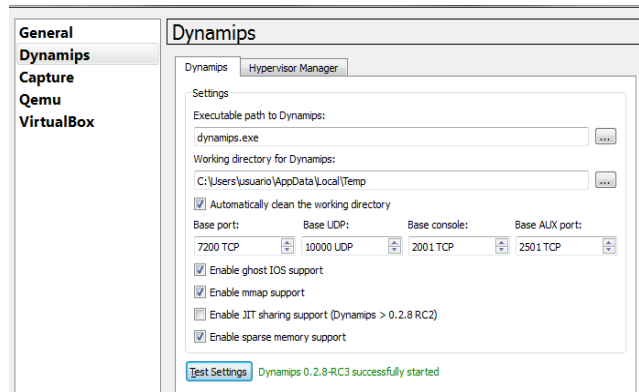


Gráfico II. 4 Configuración de Dynamips

Para cargar la imagen IOS en los equipos se debe seguir los siguientes pasos: En el menú Editar seleccionar Imágenes IOS e Hypervisors, en “*Image file*”, seleccione la imagen IOS que se desee agregar; la memoria RAM, la plataforma y el modelo del equipo toman valores por defecto dependiendo del IOS.

En el **Gráfico II. 5**, se muestra los datos correspondientes de la imagen IOS una vez que se ha sido seleccionada.

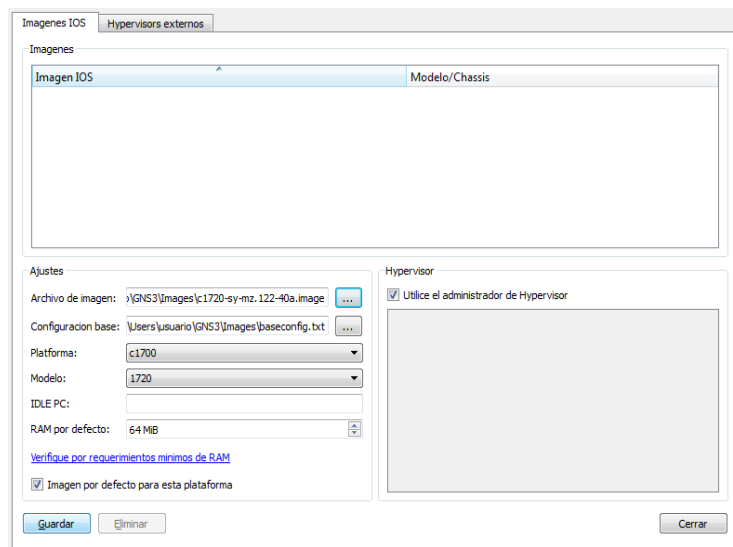


Gráfico II. 5 Carga de las imágenes IOS

2.3 Uso de GNS3

GNS3 es un simulador de distribución libre que permite diseñar topologías de red complejas y poner en marcha simulaciones sobre los routers. Está estrechamente relacionado con Dynamips, un emulador de IOS que permite a los usuarios ejecutar imágenes IOS de los routers de Cisco Systems (6).

Está compuesto de la interfaz gráfica y el emulador de sistemas operativos Dynamips que incluye herramientas ya preparadas para usar directamente como Qemu/Pemu, Virtual PC Simulator o Wireshark y soporta el IOS de routers, switchs Ethernet, ATM, Frame Relay y firewalls PIX.

Este tipo de emulador es útil por los siguientes motivos:

- Permite a la gente familiarizarse con dispositivos Cisco, siendo Cisco el líder mundial en tecnologías de redes.
- Probar y experimentar las funciones de los IOS de Cisco.
- GNS3 también utiliza la tecnología SVG (ScalableVector Graphics) para proveer símbolos de alta calidad para el diseño de las topologías de red.
- Permite diseñar topologías de red complejas.
- Permite verificar configuraciones que serán implementadas en routers reales.

2.3.1 Emulación de routers CISCO

GNS3 es un emulador de redes que permite diseñar fácilmente topologías de red y luego ejecutar simulaciones en él. Para ello GNS3 está basado en Dynamips, emulador de routers Cisco, dando soporte a plataformas 1700, 2600, 3600, 3700 y 7200, permitiendo ejecutar imágenes del IOS estándar.

Una imagen IOS contiene las características del router que se quiere emular, dependiendo del tipo que se emula se podrán colocar solo ciertos tipos de adaptadores de interfaces o capacidades de hardware en el router virtual.

En la **Tabla II. I**, se detalla los adaptadores de interfaces correspondientes a cada router emulado en GNS3.

Tabla II. I Routers que emula GNS3

Router	Adaptadores de Interfaces
1700	CISCO1710-MB-1FE-1E: 1 puerto FastEthernet y 1 puerto Ethernet fijos.
1720 , 1721 y 1750	C1700-MB-1ETH: 1 Puerto FastEthernet fijo. Ranuras WIC: 2 (máximo de 2 puertos Ethernet o 4 puertos serie).
1751 y 1760	C1700-MB-1ETH: 1 Puerto FastEthernet fijo. Ranuras WIC: 2 (máximo de 2 puertos Ethernet o 4 puertos serie).
2610	CISCO2600-MB-1E: 1 puerto Ethernet fijo. Ranuras NM: 1 (máximo de 4 puertos Ethernet o 16 puertos FastEthernet). Ranuras WIC: 3 (máximo de 6 puertos serie).
2611	CISCO2600-MB-2E: 2 puertos Ethernet fijos. Ranuras NM: 1 (máximo de 4 puertos Ethernet o 16 puertos FastEthernet). Ranuras WIC: 3 (máximo de 6 puertos serie).

Tabla II. I Routers que emula GNS3 (Continuación)

2610XM, 2620, 2620XM 2650XM	CISCO2600-MB-1FE: 1 puerto FastEthernet fijo. Ranuras NM: 1 (máximo de 4 puertos Ethernet o 16 puertos FastEthernet). Ranuras WIC: 3 (máximo de 6 puertos serie).
2611XM, 2621, 2621XM 2651XM	CISCO2600-MB-2FE: 2 puertos FastEthernet fijos Ranuras NM: 1 (máximo de 4 puertos Ethernet o 16 puertos FastEthernet). Ranuras WIC: 3 (máximo de 6 puertos serie). NM-1E: 1 puerto Ethernet. NM-4E: 4 puertos Ethernet. NM-1FE-TX: 1 puerto FastEthernet. NM-16ESW: módulo de conmutación: 16 puertos FastEthernet.
3620	Ranuras NM: 2 (máximo de 8 puertos Ethernet, 32 puertos FastEthernet o 8 puertos serie).
3640	Ranuras NM: 4 (máximo de 16 puertos Ethernet, 32 puertos FastEthernet o 16 puertos de serie).
3660	Leopard-2FE: 2 puertos FastEthernet fijos. Ranuras NM: 6 (máximo de 24 puertos Ethernet, 32 puertos FastEthernet o 24 puertos de serie). NM-4E: 4 puertos Ethernet. NM-1FE-TX: 1 puerto FastEthernet. NM-16ESW: módulo de conmutación: 16 puertos FastEthernet, máximo de 2 módulos por router. NM-4T: 4 puertos en serie.

Tabla II. I Routers que emula GNS3 (Continuación)

2691	GT96100-FE: 2 puertos FastEthernet fijos. Ranuras NM: 1 (máximo de 16 puertos FastEthernet o 4 puertos serie). Ranuras WIC: 3 (máximo de 6 puertos serie).
3725	GT96100-FE: 2 puertos FastEthernet fijos. Ranuras NM: 2 (máximo de 32 puertos FastEthernet o 8 puertos serie). Ranuras WIC: 3 (máximo de 6 puertos serie).
3745	GT96100-FE: 2 puertos FastEthernet fijos. Ranuras NM: 4 (máximo de 32 puertos FastEthernet o 16 puertos de serie). Ranuras WIC: 3 (máximo de 6 puertos serie). NM-1FE-TX: 1 puerto FastEthernet. NM-16ESW: módulo de conmutación: 16 puertos FastEthernet, máximo de 2 módulos por router. NM-4T: 4 puertos en serie.
7206	C7200-IO-FE: 1 puerto FastEthernet. C7200-IO-2FE: 2 puertos FastEthernet C7200-IO-GE-E: 1 puerto GigabitEthernet. PA-FE-TX: 1 puerto FastEthernet. PA-2FE-TX: 2 puertos FastEthernet. PA-8E: 8 puertos Ethernet PA-8T: 8 puertos seriales. PA-A1: 1 puerto ATM PA-GE: 1 puerto GigabitEthernet.

Cabe mencionar que hasta el momento, no es posible emular conmutadores Catalyst con Dynamips debido a la dificultad de emular procesadores ASIC utilizados en ese tipo de dispositivos. La emulación de los routers en GNS3 es muy fácil y los pasos a seguir son sencillos, estos consisten en:

Arrastrar el router a la zona de la topología y hacer clic en “*Iniciar*” para encender el router como se muestra en el **Gráfico II. 6**

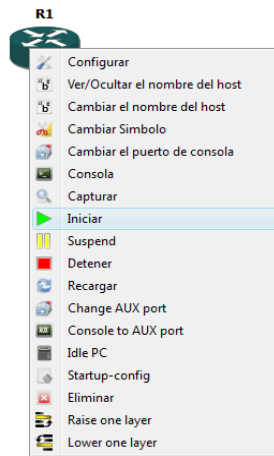


Gráfico II. 6 Encender el Router

En el **Gráfico II. 7**, se muestra el administrador de tareas en el cual se puede visualizar que al encender el router en GNS3, los recursos de CPU y RAM de la computadora en la que se está ejecutando el emulador aumenta considerablemente.

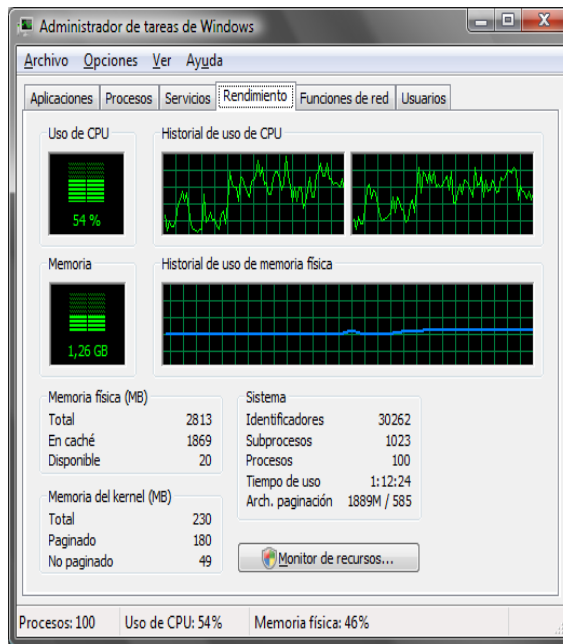


Gráfico II. 7 Uso de CPU y RAM sin Idle-PC

Debido al aumento de los recursos, GNS3 posee la opción **Idle PC** que permite optimizar el uso de CPU y RAM del computador, para ello se debe escoger la opción “Idle PC” del router con el que se está trabajando como se muestra en el **Gráfico II. 8**

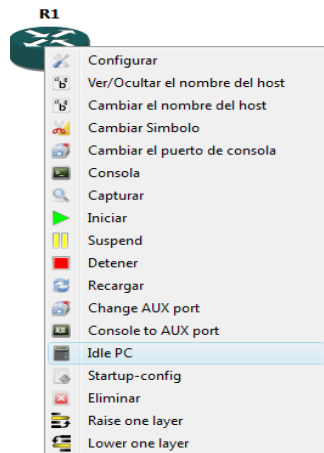


Gráfico II. 8 Aplicación de Idle PC en el router

Al momento de elegir el valor del Idle PC, los valores que proveerán mejores resultados se verán marcados con un asterisco; una vez que se elija este valor será configurado en el router.

En el **Gráfico II. 9**, se muestra el valor recomendado por el emulador para optimizar los recursos del equipo.

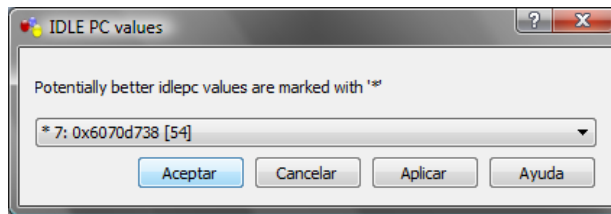


Gráfico II. 9 Selección del Idle – PC

En el **Gráfico II. 10**, se muestra el administrador de tareas del computador una vez elegido el valor del idle PC en el cual se puede observar que el uso de CPU y RAM han disminuido, caso contrario se deberá realizar nuevamente este proceso con un valor diferente.

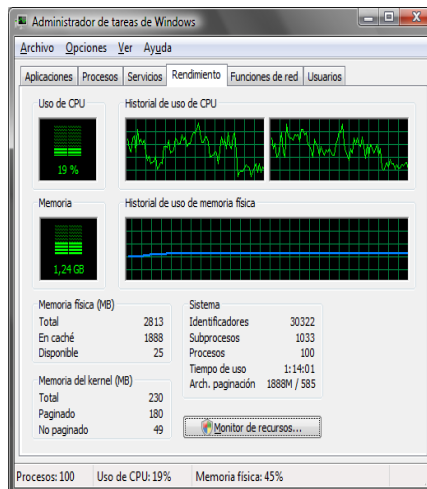


Gráfico II. 10 Rendimiento de CPU y RAM configurando Idle PC

Para acceder a la configuración del router se debe hacer clic en “*Consola*”, como se muestra en el **Gráfico II. 11**.

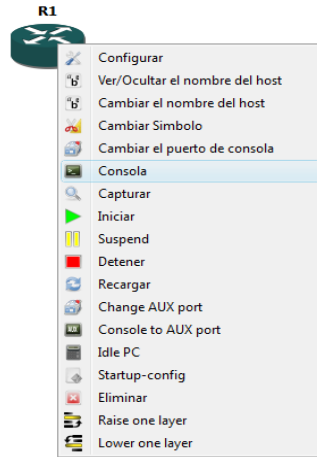


Gráfico II. 11 Abrir Consola del Router

En el **Gráfico II.12** se muestra la línea de comandos o consola de administración del router.

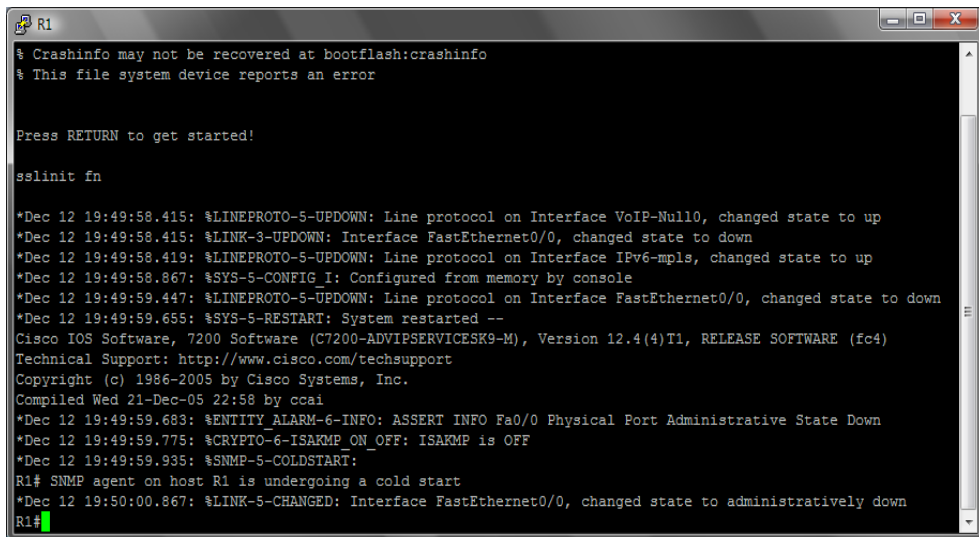


Gráfico II. 12 Consola de Administración de Router

Ya que se está emulando routers con IOS verdaderos, los comandos y la configuración es igual a un router real; por lo tanto, la interfaz de línea de comando (CLI) usa una estructura jerárquica. Esta estructura requiere el ingreso a distintos modos para realizar tareas particulares:

- **Modo Usuario.** Proporciona un acceso limitado al router, mediante el cual se puede examinar la configuración del router, sin permitir cambiar su configuración. Es el modo que se activa por defecto al iniciar el router, apreciándose al aparecer como indicador el nombre del router seguido del signo >.
- **Modo Privilegiado.** Para acceder al modo privilegiado, desde el modo usuario se ejecuta el comando **enable**, tras lo cual se preguntará por la contraseña de dicho modo. En este caso, el indicador aparecerá con el nombre del router seguido del carácter #. El modo privilegiado ofrece más comandos que el modo usuario, aunque tampoco permite cambiar la configuración del router.
- **Modo Configuración.** Permite determinar todos los parámetros relacionados con el hardware y el software del router (interfaces, protocolos encaminados y de encaminamiento, contraseñas, etc). Al modo configuración global se accede desde el modo privilegiado mediante el comando **configure terminal**. Desde este modo se puede entrar en otros de configuración específicos, como son:
 - **Interfaz (config-if).** Soporta comandos que permiten operaciones de configuración basadas en el uso de una interfaz.
 - **Línea (config-line).** Del mismo modo que existen interfaces físicas como E0 y E1, también existen interfaces virtuales denominadas **líneas de terminal virtual (vty)**. Existen por omisión cinco de estas líneas,

numeradas del 0 al 4, que se usan para hacer telnet a la interfaz de línea de comandos del router.

- **Router (config-router)**. Soporta comandos que permiten configurar un protocolo de enrutamiento IP.

En el **Gráfico II. 13**, se muestran los diferentes modos de configuración junto con los principales comandos necesarios para cambiar de un modo a otro.

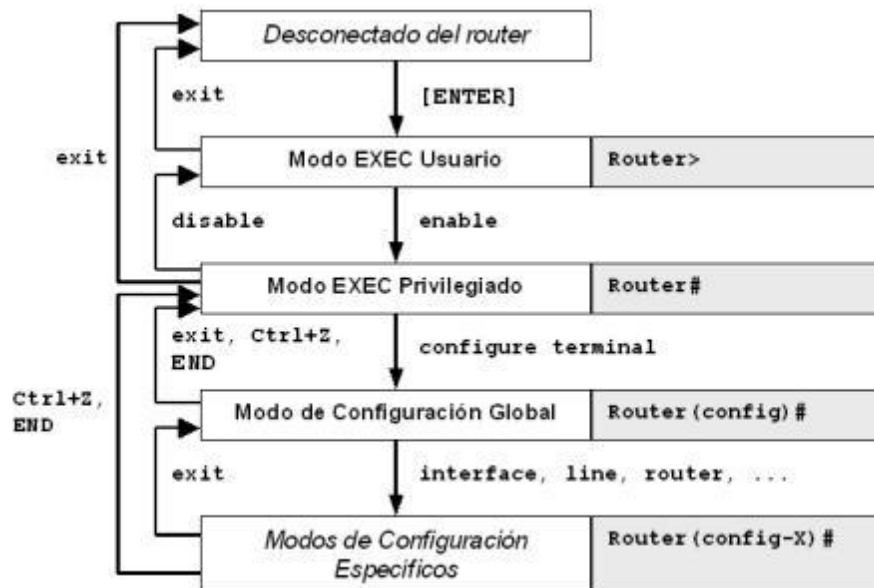


Gráfico II. 13 Modos de Configuración de un Router

FUENTE: Server net Configuración de router.

Al igual que las configuraciones mencionadas anteriormente, de igual forma se puede configurar los router para ruteo mediante los protocolos de enrutamiento conocidos, ya que los mismos proporcionan mecanismos distintos para elaborar y mantener las tablas de enrutamiento de los diferentes routers de la red para determinar la mejor ruta a

cualquier host remoto logrando así el correcto funcionamiento de la misma. Ahora bien, el router para construir su tabla de encaminamiento utiliza dos tipos de enrutamiento:

- **Enrutamiento Estático:** Es la forma más sencilla para configurar la tabla de enrutamiento utilizando pocos recursos en un router, requiere que el administrador indique explícitamente en cada equipo las redes que puede alcanzar y por qué camino.

El principal problema que plantea al mantener las tablas de enrutamiento estáticas es que el router no puede adaptarse por sí solo a los cambios que puedan producirse en la topología de la red.

- **Enrutamiento Dinámico:** Mantiene las tablas de enrutamiento por medio de mensajes de actualización, que contienen información acerca de los cambios sufridos en la red, y permite que la red completa se ponga en funcionamiento en un tiempo mucho menor.

Pero al utilizar enrutamiento dinámico sobre situaciones que no lo requieren es una pérdida de ancho de banda, esfuerzo, y en consecuencia de dinero y dependiendo del protocolo que se utilice, el enrutamiento dinámico requiere un mayor conocimiento por parte del administrador, tanto para configurarlo de forma correcta como para solucionar problemas.

Al tomar en cuenta las consideraciones mencionadas, para la elaboración de los escenarios de prueba de la investigación propuesta, se usará un enrutamiento estático.

2.3.2 Simulación de PC

GNS3 permite la conexión de topologías con hosts ya sean reales o virtuales, de igual forma se puede hacer un bridge o puente de la topología con la tarjeta de red ya sea cableada o inalámbrica. Existen diferentes formas para realizar la simulación de PC en GNS3 entre las cuales se menciona las siguientes:

2.3.2.1 Virtual PC Simulator

Es una aplicación diseñada para Dynamips que permite simular hasta 9 computadores simultáneamente, soporta direccionamiento IPV6, DHCP, usa puertos UDP para la comunicación entre el emulador y cada uno de los PC simulados, además es un programa que corre tanto en Windows como en Linux y que se puede descargar desde Internet de forma gratuita.

Virtual PC Simulator no usa grandes cantidades de memoria, ni de CPU para su funcionamiento; por otro lado, tiene la desventaja que solo permite el uso de comandos como “ping” y “traceroute” (7). Los pasos a seguir para la simulación de Virtual PC Simulator en GNS3 son los siguientes:

Arrastrar el dispositivo Host a la zona de la topología y para realizar la configuración del mismo se debe hacer clic en “Configurar” como se muestra en el **Gráfico II.14**.

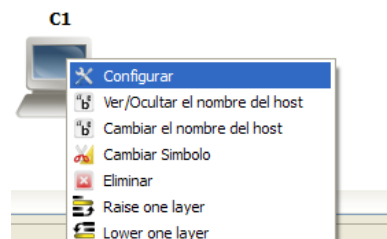


Gráfico II. 14 Configuración de VPCS

En el **Gráfico II.15**, se muestra la configuración del puerto local y el puerto remoto que utiliza el equipo.

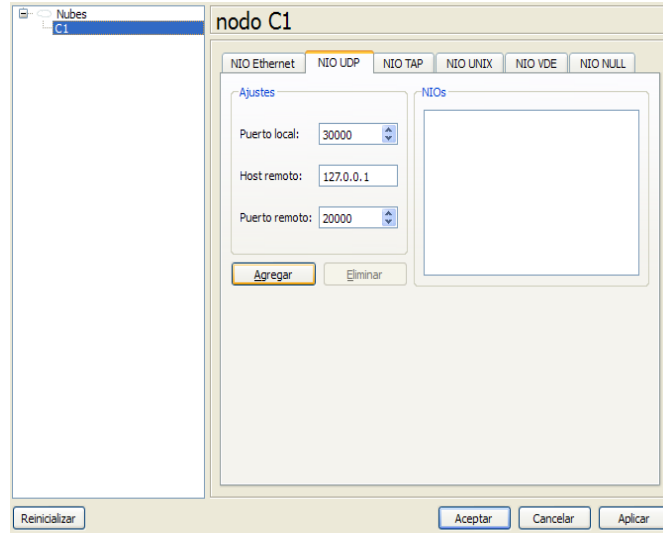


Gráfico II. 15 Configuración de puerto local y remoto del PC

En el **Gráfico II.16**, se muestra la prueba de conectividad entre las PC una vez configurados los otros equipos y luego de haber creado los enlaces correspondientes.

```
UPCS [1] > ping 192.168.0.125
192.168.0.125 icmp_seq=1 ttl=64 time=3.000 ms
192.168.0.125 icmp_seq=2 ttl=64 time=6.000 ms
192.168.0.125 icmp_seq=3 ttl=64 time=5.000 ms
192.168.0.125 icmp_seq=4 ttl=64 time=5.000 ms
192.168.0.125 icmp_seq=5 ttl=64 time=3.000 ms
UPCS [1] >
```

Gráfico II. 16 Prueba de Conectividad entre PC

2.3.2.2 Qemu

Qemu es emulador y virtualizador de máquinas genérico y de código abierto. Cuando es utilizado como emulador Qemu puede ejecutar otros sistemas operativos o programas para otras arquitecturas diferentes que la maquina host. Cuando es utilizado como

virtualizador, Qemu llega a tener un desempeño cercano al de la maquina real, ejecutando el código de la aplicación directamente en la CPU de la maquina host. El modo de virtualización requiere que los sistemas operativos invitados y virtualizados sean de la arquitectura x86 (8).

Qemu Host es una imagen de línea de comando CLI (Microcore) o bien una imagen GUI (Tinycore). Es básicamente una pequeña imagen de Linux que puede ser utilizado para realizar algunas tareas básicas de conectividad como por ejemplo telnet, ssh, route iptables, tcpdump y también soporta IPV6 (9).

Los pasos a seguir para la simulación de PC con Qemu en GNS3 son los siguientes

Ingresar un Nombre del Identificador, agregar la imagen Qemu que contiene el sistema operativo, seleccionar la memoria RAM y el número de tarjetas de red (NIC) necesarias en el equipo.

En el **Gráfico II.17**, se muestra la configuración de Qemu necesaria para agregar la imagen con el sistema operativo al equipo.

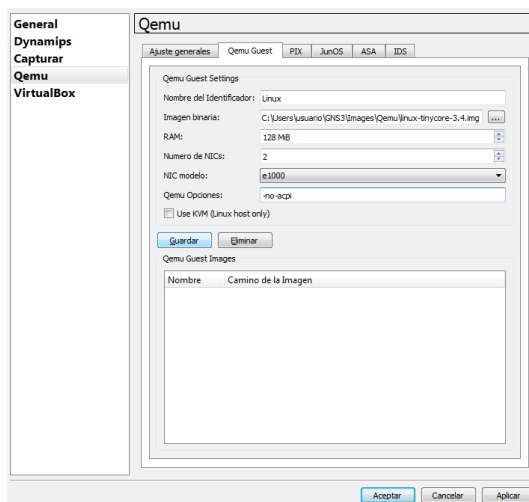


Gráfico II. 17 Agregar imagen Qemu

Para simular una PC en GNS3 se debe arrastrar el dispositivo Qemu guest a la zona de topología y hacer clic en “Iniciar” como se muestra en el **Gráfico II.18**.

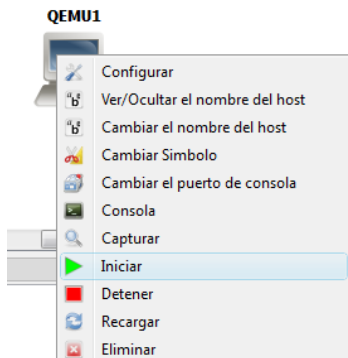


Gráfico II. 18 Iniciar imagen Qemu

En el **Gráfico II.19** se muestra el escritorio de la PC simulada con el sistema operativo previamente configurado.

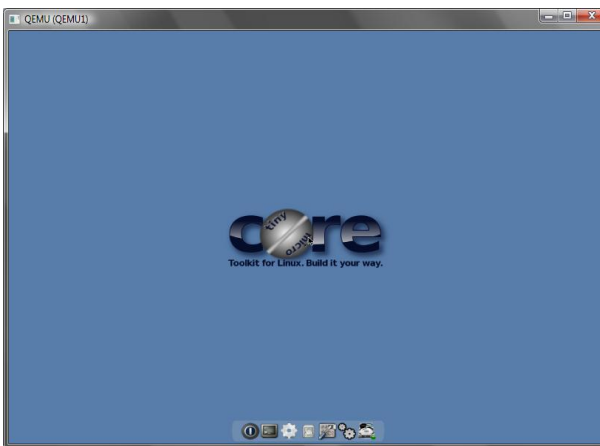


Gráfico II. 19 Escritorio Tinycore en Qemu

2.3.2.3 VirtualBox

Desde la versión 0.8.0 de GNS3 es posible la integración de máquinas virtuales de VirtualBox a topología en GNS3 debido a que VirtualBox es extremadamente rico en

características de producto, de alto rendimiento para clientes empresariales, es también la única solución profesional que está libremente disponible como software de código abierto bajo los términos de la Licencia Pública General de GNU (GPL) (10).

Para verificar la configuración de VirtualBox en el Menú Principal ir a Editar y seleccionar Preferencia, escoger “*Test Settings*” para verificar la configuración de VirtualBox, y a continuación aparece un mensaje informando que VirtualBox ha iniciado satisfactoriamente como se muestra en el **Gráfico II.20**.

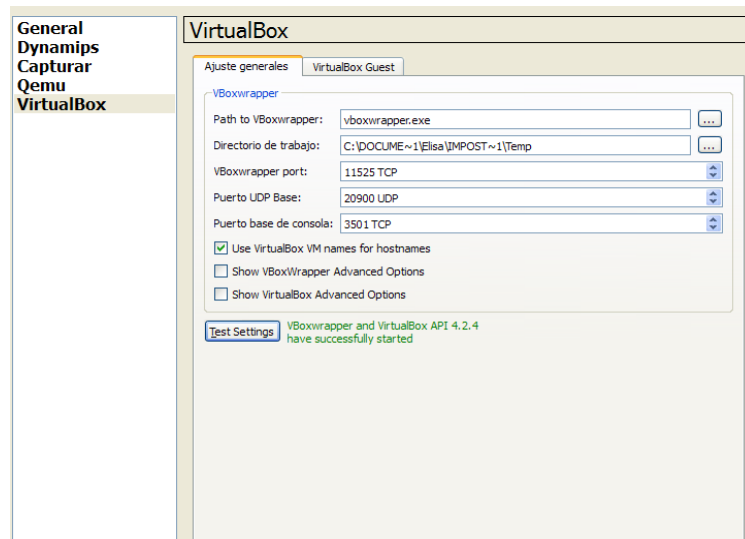


Gráfico II. 20 Configuración de VirtualBox

En el **Gráfico II.21**, se muestra una lista con las máquinas virtuales existentes en VirtualBox, las mismas que se pueden agregar a GNS3, ingresando un nombre y el número de tarjetas de red (NIC) necesarias para la máquina.

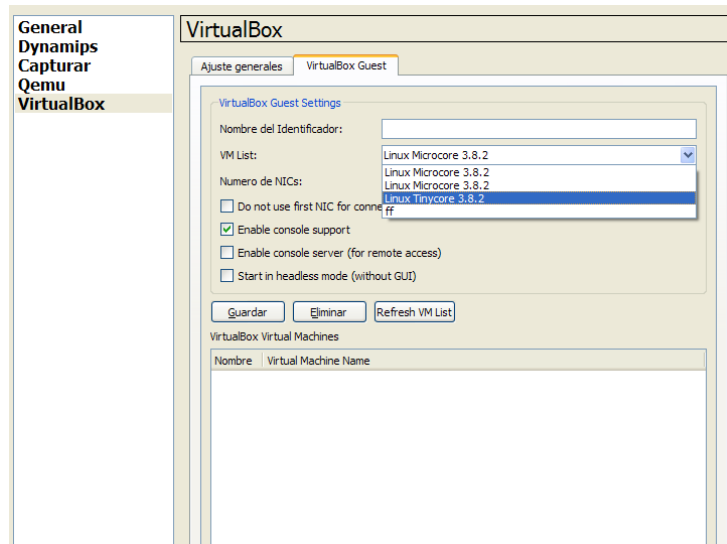


Gráfico II. 21 Agregar máquina virtual de VirtualBox

En el **Gráfico II.22** se muestra el escritorio de la máquina virtual existente en VirtualBox una vez que ha sido encendida desde GNS3.

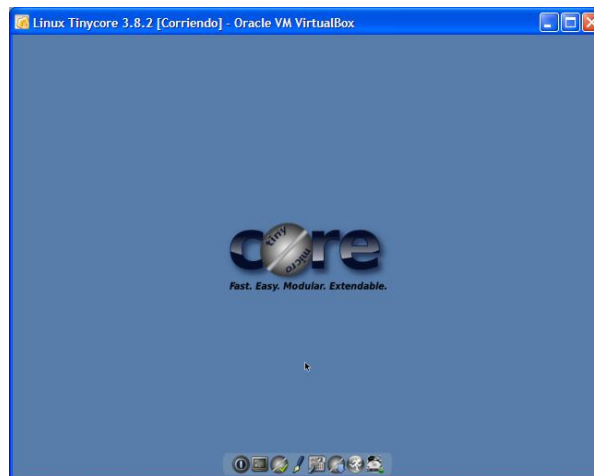



Gráfico II. 22 Escritorio de Tynicore en VirtualBox

2.3.3 Creación de Enlaces

Los enlaces usados por GNS3 para unir dos dispositivos de red de la topología creada, pueden ser GigaEthernet, ATM, Manual, POS, FastEthernet, Ethernet o Serial y su tipo depende de los adaptadores de interfaz de los dispositivos a los que une. Para la creación de los enlaces se debe realizar los siguientes pasos:

Hacer clic en el ícono  ubicado en la parte superior de las barras de herramientas del emulador y seleccionar el tipo de enlace FastEthernet o seleccionar Manual para crear el tipo de enlace automáticamente.

En el **Gráfico II.23** se muestra los tipos de enlace que se pueden crear en el emulador GNS3.

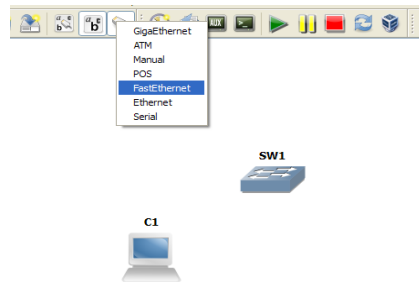


Gráfico II. 23 Seleccionar tipo de Enlace

En el **Gráfico II.24**, se muestra el enlace creado una vez seleccionado los equipos.

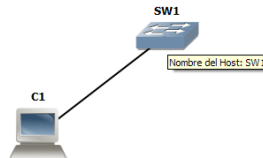



Gráfico II. 24 Crear enlace entre equipos

Para deshabilitar la creación de los enlaces, se selecciona la opción  ubicada en la parte superior del emulador como se muestra en el **Gráfico II.25**.

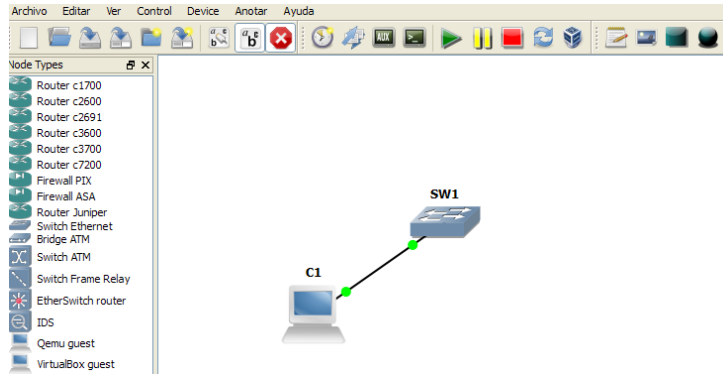


Gráfico II. 25 Deshabilitar la Creación de enlaces

2.3.4 Almacenamiento de la Topología

GNS3 permite el almacenamiento de la topología y de la configuración efectuada en los routers emulados en archivos diferentes; la topología se almacena en un archivo con extensión .net, el cual es interpretado por Dynagen y mostrado gráficamente por GNS3; mientras que la configuración de los routers emulados se almacenan dentro del directorio configs en archivos con extensión .cfg, los cuales abiertos con un editor de texto, muestran los comandos realizados en el router (11).

En el **Gráfico II.26**, se muestra la opción para guardar el proyecto existente en GNS3, para lo cual en el Menú Principal ir a “*Archivo*” y seleccionar “*Guardar proyecto como*”.

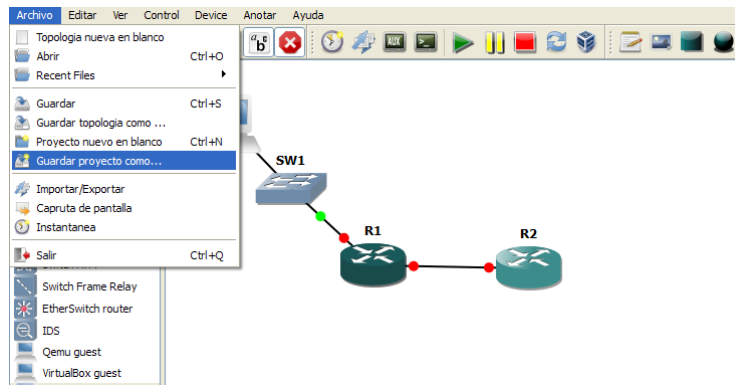


Gráfico II. 26 Guardar proyecto de GNS3

En el **Gráfico II. 27** se muestra como Asignar un nombre al proyecto, habilitar el almacenamiento de las nvram y de los archivos de configuración de los IOS de los routers.

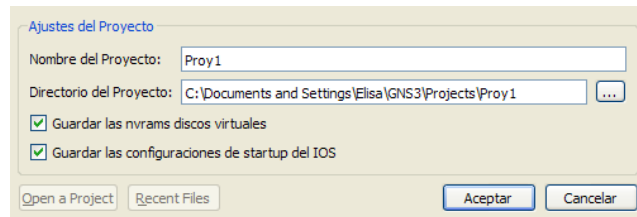


Gráfico II. 27 Ajustes del Proyecto

En el **Gráfico II. 28** se muestra la carpeta "configs", la cual contiene los archivos de configuración de los equipos; además de la topología creada.

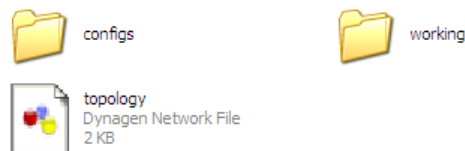


Gráfico II. 28 Archivos creados al guardar el proyecto

2.3.5 Captura de Datos

GNS3 puede capturar paquetes en una interfaz virtual Ethernet o Serial y guardarlos en archivos con formato libcap para ser interpretados por aplicaciones como tcpdump, Wireshark, o cualquier otra que pueda leer este formato (12). Para capturar los datos se debe seguir los siguientes pasos:

Hacer clic derecho sobre el enlace que se desea obtener una captura de datos y elegir la opción “*Start capturing*”, como se muestra en el **Gráfico II. 29**.

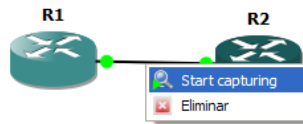


Gráfico II. 29 Empezar captura de datos

En el **Gráfico II. 30** se muestra la selección del router que actuará como fuente de los paquetes enviados.

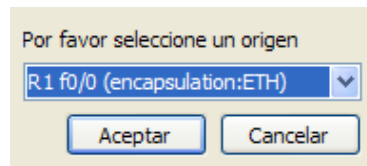


Gráfico II. 30 Origen de la captura de datos

En el **Gráfico II. 31** se muestra el tráfico presente en la red, la misma que puede ser capturada mediante Wireshark,

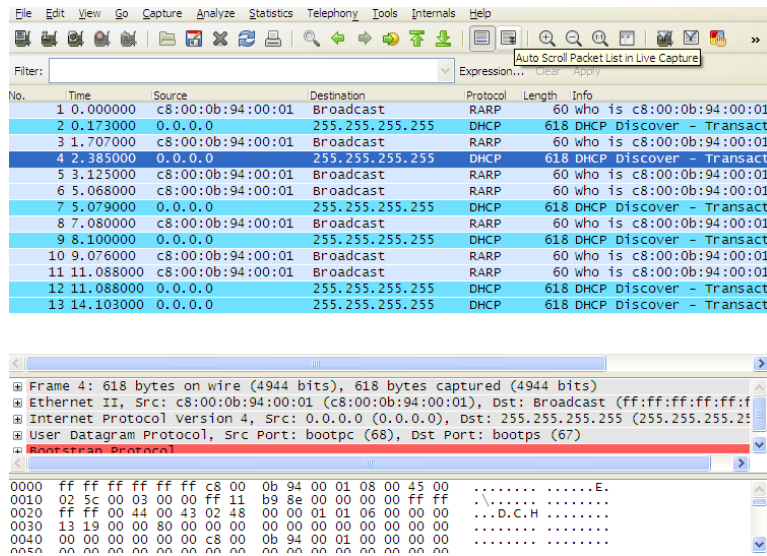


Gráfico II. 31 Pantalla Principal de Wireshark

Para finalizar la captura de datos, solo se debe hacer clic derecho sobre el enlace y elegir la opción “*Deteniendo captura*”, como se muestra en el **Gráfico II. 32**

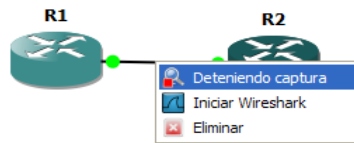


Gráfico II. 32 Detener captura de datos en Wireshark

CAPÍTULO III

3. INDICADORES DE RENDIMIENTO EN REDES

Un aspecto muy importante dentro de una red, es determinar su calidad de enlace y por ende el rendimiento del mismo, debido a que en ocasiones una red mal configurada a nivel de topología o equipos puede ocasionar bajas en la productividad o pérdida de tiempo e información

Los parámetros más comunes para chequear el comportamiento de una red son el Jitter, el throughput y el retraso o latencia que sufren los paquetes debido a las congestiones que pueden encontrar entre el origen y el destino. Al conocer la importancia de los parámetros de comportamiento en la red, en este capítulo se conoce el concepto de cada uno de los indicadores mencionados, de tal forma que se tenga los conceptos claros de acuerdo al RFC 1242 el mismo que contiene la documentación de los parámetros mencionados.

3.1 Latencia

Según el RFC 1242 sección 3.8, la Latencia es el intervalo de tiempo que comienza cuando el final del primer bit de la trama entrante alcanza el puerto de entrada y termina cuando el comienzo del primer bit de la misma trama es visto en el puerto de salida (13).

En un concepto más claro, la latencia es el tiempo que una trama (un paquete) tarda para hacer el recorrido desde la estación o nodo origen hasta su destino final en la red. (14) Es importante determinar con exactitud la cantidad de latencia que existe en la ruta entre el origen y el destino para las LAN y las WAN. En el caso específico de una LAN Ethernet, un buen entendimiento de la latencia y de su efecto en la temporización de la red es de importancia fundamental para determinar si CSMA/CD podrá detectar las colisiones y negociar las transmisiones de forma adecuada.

Los factores que influyen en la latencia de una red son:

- El tamaño de los paquetes transmitidos.
- El tamaño de los buffers dentro de los equipos de conectividad. Ellos pueden producir un Retardo Medio de Encolado.

Hay situaciones en las que es más interesante conocer el tiempo en que tarda un paquete en ir y regresar. A este tiempo se lo conoce como **Round Trip Time (RTT)**; que es el tiempo de ida y vuelta, es decir el tiempo necesario para que un pulso de señal o paquete viaje de un nodo origen a un nodo destino y viceversa en el cual se confirma que ha sido recibido por el receptor. (15)

3.2 Throughput

Según el RFC 1242 sección 3.17, Throughput es la tasa máxima a la cual ninguna de las tramas enviadas es descartada por el dispositivo (13).

En otro concepto Throughput, es la cantidad de datos que son transmitidos hacia o desde algún punto de la red. Es el volumen de información que fluye en las redes de datos. Particularmente significativo en almacenamiento de información y sistemas de recuperación de información, en los cuales el rendimiento es medido en paquetes por segundo (pps) y su valor depende del tamaño de la trama que se envíe por la red (16).

3.3 Jiiter

Jitter es un efecto de las redes de datos no orientadas a conexión y basadas en conmutación de paquetes. Como la información se envía en paquetes cada uno de los paquetes puede seguir una ruta distinta para llegar al destino (17).

El Jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) son especialmente sensibles a este efecto. En general, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados. Se espera que el aumento de mecanismos de QoS (calidad del servicio) como prioridad en las colas, reserva de ancho de banda o enlaces de mayor velocidad (100Mb Ethernet, E3/T3, SDH) puedan reducir los problemas del Jitter.

Los valores recomendados de Jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debieran ser inferiores a 20 ms, si el valor es mayor debería ser minimizado (18).

Es común que investigadores o administradores de red necesiten medir distintos indicadores de red, para lo cual existen varias herramientas disponibles para este propósito, pero no todas poseen las mismas características o evalúan los mismos parámetros de rendimiento.

Algunas herramientas que ofrecen diferentes características, lo que brinda un rango más amplio para el análisis de throughput y Jitter son: Netperf, D-ITG, NetStress, MGEN, LANforge, Rude & Crude, WlanTV, Iperf entre otras.

La calidad de un enlace puede ser examinado bajo las siguientes métricas:

- Latencia (tiempo de respuesta o RTT): puede medirse usando el comando Ping.
- Jitter (variación en la latencia): puede medirse con Iperf ejecutando una prueba con UDP.
- Perdida de datagramas: puede medirse con Iperf ejecutando una prueba con UDP.

Para el análisis de los indicadores de rendimiento mencionados en la investigación que se lleva a cabo se utilizará la herramienta Iperf (19), ya que es una herramienta para medir el ancho de banda y la calidad de un enlace de red, además tiene la ventaja de poseer una interfaz gráfica escrita en Java.

Mediante Iperf se puede medir protocolos como TCP (Protocolo de Control de Transmisión) y UDP (Protocolo de Datagramas de Usuario), la diferencia radica en que TCP utiliza procesos para verificar que los paquetes sean enviados correctamente al receptor mientras que con UDP los paquetes son enviados sin realizar verificaciones pero con la ventaja de ser más veloz que TCP.

Iperf utiliza las diferentes capacidades de TCP y UDP para proveer datos estadísticos acerca de los enlaces de red; además esta herramienta puede ser instalada muy fácilmente en cualquier sistema basado en UNIX/Linux o Microsoft Windows, para su ejecución deben existir dos equipos que hagan la función de un cliente y un servidor.

En el **Gráfico III. 33**, se puede observar los dispositivos necesarios (cliente y servidor), para que Iperf puede capturar el tráfico en la red y así medir el valor de los indicadores.

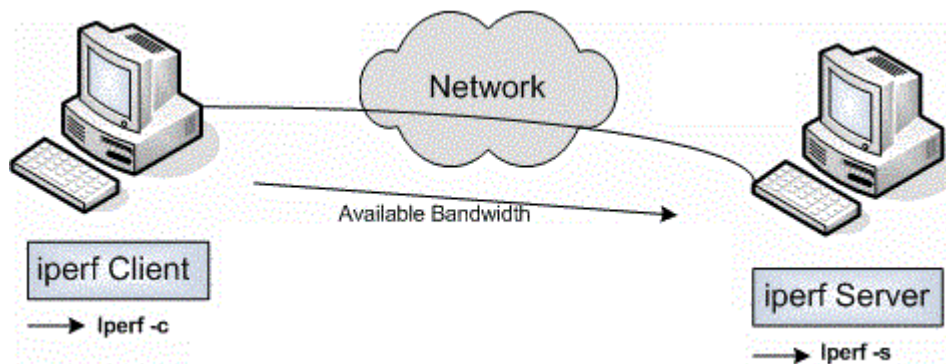


Gráfico III. 33 Elementos para el funcionamiento de la herramienta Iperf

Para llevar a cabo el análisis con Iperf, se lo puede realizar mediante la interfaz gráfica que posee la misma ya que facilita el manejo de la herramienta, o mediante comandos que se los detallan a continuación:

no arg.	Configuración por default	-p, -t, -i	Puerto, temporización e intervalo
-b	Formato de los datos	-u, -b	Análisis UDP, configuración de ancho de banda.
-r	Ancho de banda bidireccional	-m	Visualización del máximo tamaño de segmento.
-d	Ancho de banda bidireccional simultaneo	-M	Ajustes al máximo tamaño de segmento.
-w	Tamaño de la ventana de TCP	-P	Análisis en paralelo.
		-h	Ayuda

CAPÍTULO IV

4. DISEÑAR E IMPLEMENTAR UNA RED FORMADA POR ROUTERS EMULADOS FÍSICOS

En este capítulo, se diseña e implementa una red formada por routers emulados físicos, en los cuales se instala y configura Quagga con enrutamiento estático.

Para el análisis del rendimiento de la red se usa técnicas como envío de paquetes ICMP para la medición de Latencia, en lo que se refiere al Throughput y Jitter se utiliza Iperf, los valores obtenidos de este análisis permiten emitir resultados que posteriormente serán útiles para la comprobación de la hipótesis planteada.

4.1. Diseño de la Red.

Una red requiere cumplir muchas características de manera que el diseño de la red sea escalable y administrable y por lo tanto debe estar hecha a la medida para luego ser implementada.

En el **Gráfico IV. 34**, se muestra el diseño de la red el mismo que consta de 3 routers físicos emulados y con la ayuda del software Quagga se ha realizado el ruteo respectivo, además cada equipo se encuentran directamente conectado mediante interfaces FastEthernet.

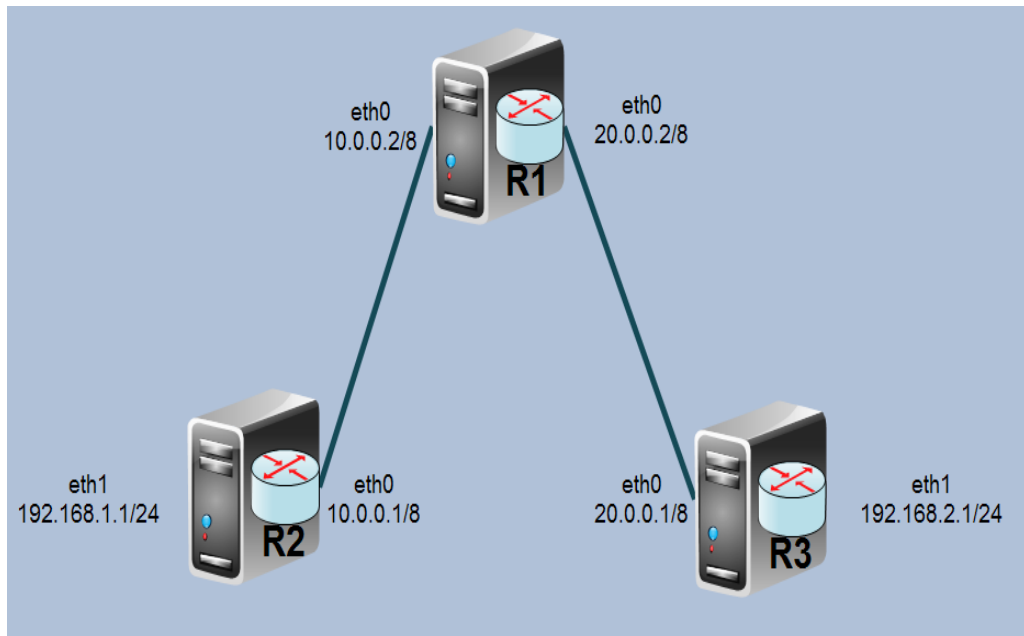


Gráfico IV. 34 Diseño de la red con routers emulados físicos

En la **Tabla IV. II** se especifica las características del hardware y software de los equipos que serán utilizados como routers:

Tabla IV. II Características Hardware y Software de los equipos

Descripción	Características
R1	PROCESADOR: Intel Core DUO 3,20 GHz RAM: 2 GB DISCO DURO: 500 GB SISTEMA OPERATIVO: CentOS 6.3
R2	PROCESADOR: Intel Core i5 2,50 GHz RAM: 4 GB DISCO DURO: 500 GB SISTEMA OPERATIVO: CentOS 6.3
R3	PROCESADOR: Intel Atom 1,60 GHz RAM: 1 GB DISCO DURO: 160 GB SISTEMA OPERATIVO: CentOS 6.3

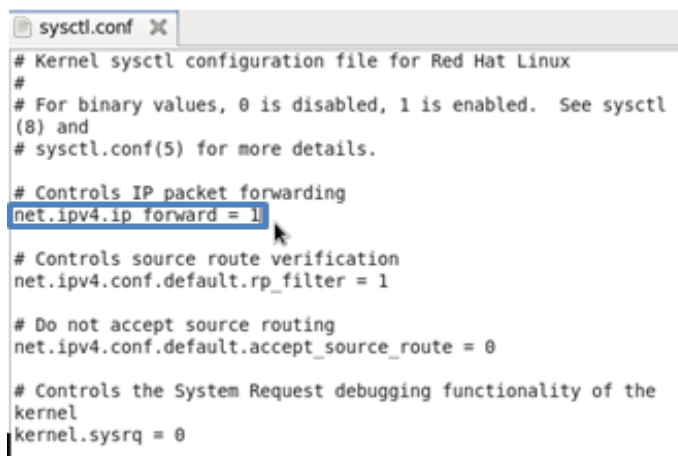
En la **Tabla IV. III** se detalla el direccionamiento IP de la red formada por los routers emulados físicos.

Tabla IV. III Direccionamiento IP de la red formada por routers emulados físicos

Equipo	Interfaz	Dirección IP	Máscara de Subred/CIDR
R1	eth0	10.0.0.1	255.0.0.0/8
	eth1	20.0.0.1	255.0.0.0/8
R2	eth0	10.0.0.1	255.0.0.0/8
	eth1	192.168.1.1	255.255.255.0/24
R3	eth0	10.0.0.1	255.0.0.0/8
	eth1	192.168.2.1	255.255.255.0/24

4.2. Configuración de la Red.

Es necesario tener en cuenta que para que el router funcione correctamente debe estar habilitada la opción `ip_forward` para direccionamiento IPv4, esta es la opción que el kernel utiliza para el tráfico IP sea reenviado de una interfaz a otra. Por defecto esta opción se encuentra deshabilitada y para habilitarla permanentemente se debe modificar el archivo `/etc/sysctl.conf`. La opción `net.ipv4.ip_forward` debe asignar un valor de `1` para que el enrutamiento sea posible como se muestra en el **Gráfico IV. 35**.



```
sysctl.conf X
# Kernel sysctl configuration file for Red Hat Linux
#
# For binary values, 0 is disabled, 1 is enabled. See sysctl
# (8) and
# sysctl.conf(5) for more details.
# Controls IP packet forwarding
net.ipv4.ip_forward = 1
# Controls source route verification
net.ipv4.conf.default.rp_filter = 1
# Do not accept source routing
net.ipv4.conf.default.accept_source_route = 0
# Controls the System Request debugging functionality of the
kernel
kernel.sysrq = 0
```

Gráfico IV. 35 Habilitar `ip_forward` para direccionamiento IPv4

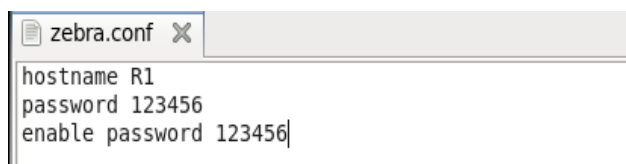
La instalación de Quagga se realiza mediante el RPM que puede ser descargado del siguiente enlace: <http://mirror.centos.org/centos-5/5/os/i386/CentOS/>. Una vez descargado el paquete se procede a la instalación de Quagga ejecutando el siguiente comando: **`rpm -iUvh quagga-0.98.6-7.el5_8.1.i386.rpm`**

Debido a que Quagga maneja sus propios demonios de enrutamiento y que para poder ser inicializados se necesita tener los archivos de configuración por cada uno de ellos, por defecto estos archivos se encuentran en el directorio `/etc/quagga`, como se muestra en el **Gráfico IV.36**

```
[root@localhost quagga]# cd /etc/quagga/
[root@localhost quagga]# ls
bgpd.conf.sample  ospfd.conf.sample  vtysh.conf          zebra.conf.sample
bgpd.conf.sample2  ripd.conf.sample   vtysh.conf.sample
ospf6d.conf.sample ripngd.conf.sample zebra.conf
```

Gráfico IV. 36 Archivos de configuración de Quagga

El archivo de configuración del demonio Zebra es **zebra.conf** y para editar este archivo es necesario ejecutar el siguiente comando: **gedit /etc/quagga/zebra.conf**. En el **Gráfico IV. 37** se puede observar la configuración del archivo mencionado en el cual se debe agregar el nombre del router y la contraseña de acceso tanto al modo de usuario como al modo privilegiado.



```
zebra.conf X
hostname R1
password 123456
enable password 123456
```

Gráfico IV. 37 Archivo de configuración de Zebra

Para inicializar el demonio Zebra, el cual es importante para los demás protocolos de enrutamiento de Quagga, es necesario ejecutar el comando: **service zebra start** como se muestra en el **Gráfico IV. 38**

```
[root@localhost quagga]# service zebra start
Iniciando zebra: [ OK ]
[root@localhost quagga]# █
```

Gráfico IV. 38 Iniciando el servicio de Zebra

Por otro lado para que el demonio se inicialice cada vez que se reinicie el equipo es necesario ejecutar el siguiente comando: **chkconfig zebra on**

Para acceder vía consola desde el mismo equipo y poder configurar el archivo de Zebra se debe hacer telnet a zebra o al puerto 2601 y como dirección se utiliza la de loopback o el nombre del equipo, que en este caso es localhost, esta consola es similar a la que se presenta en los enrutadores Cisco, además tiene los mismos comandos básicos como se puede observar en el **Gráfico IV. 39**.

```
[root@localhost quagga]# telnet localhost zebra
Trying 127.0.0.1...
Connected to localhost.
Escape character is '^]'.

Hello, this is Quagga (version 0.98.6).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

User Access Verification

Password: █
```

Gráfico IV. 39 Acceso vía consola al router R1

En el **Gráfico IV. 40** se puede ver que para realizar la configuración de las interfaces del router se debe ingresar al modo de configuración global del enrutador, en el cual se puede agregar las direcciones que tendrá cada interfaz.

```
R1# configure terminal
R1(config)# interface eth0
R1(config-if)# ip address 10.0.0.2/8
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface eth1
R1(config-if)# ip address 20.0.0.2/8
R1(config-if)# no shutdown
```

Gráfico IV. 40 Configuración de las interfaces del router R1

La configuración realizada en el R1, se debe realizar en R2 y R3, respetando las direcciones IP, mencionadas en la **Tabla VI. III**.

Una vez que se ha configurado las interfaces de los routers, se debe configurar el enrutamiento de los mismos; para lo cual se ha usado rutas estáticas por el número de equipos que se posee (3 equipos).

Para configurar rutas Estáticas se debe tomar en cuenta la red de destino con su respectiva máscara de red y la interfaz de salida o la dirección IP de salida como se muestra en el

Gráfico IV. 41

```
R1# configure terminal
R1(config)# ip route 192.168.1.0/8 10.0.0.1
R1(config)# ip route 192.168.2.0/8 20.0.0.1
R1(confia)# █
```

Gráfico IV. 41 Configuración de las rutas estáticas en el router R1

El proceso de configuración de las rutas del R1, se deben realizar en los R2 y R3 con las respectivas direcciones.

Después de haber realizado las configuraciones respectivas se verifica que las rutas estén correctamente configuradas, esta prueba se la realiza en todos los router que están en la red.

En el **Gráfico IV. 42**, se muestra las rutas directamente conectadas y las que se conocen al configurar rutas estáticas; se las puede ver mediante el comando **show ip route**

```
R1# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
       I - ISIS, B - BGP, > - selected route, * - FIB route

K>* 0.0.0.0/0 via 192.168.179.2, eth0
C>* 10.0.0.0/8 is directly connected, eth0
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
S>* 192.0.0.0/8 [1/0] via 10.0.0.1, eth0
                   via 20.0.0.1 inactive
C>* 192.168.179.0/24 is directly connected, eth0
```

Gráfico IV. 42 Tabla de ruteo del router R1

Para guardar los cambios realizados mediante la consola se lo realiza desde el modo Privilegiado con el comando write como se indica en el **Gráfico IV. 43**

```
R1# write
Configuration saved to /etc/quagga/zebra.conf
R1# █
```

Gráfico IV. 43 Guardar la configuración del router R1

Una vez terminada la configuración se procede a realizar pruebas de conectividad entre todos los routers de la red, de esta forma se probará si las configuraciones están correctas.

En el **Gráfico IV. 44** se puede observar las pruebas realizadas desde el R1 hacia los otros routers, dichas pruebas se han realizado mediante el comando ping.

```
[root@localhost ~]# ping 10.0.0.2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=5.55 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.277 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.114 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2450ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.114/1.980/5.551/2.526 ms
[root@localhost ~]# ping 20.0.0.2
PING 20.0.0.2 (20.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.479 ms
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.129 ms
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.110 ms
^C
--- 20.0.0.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2005ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.110/0.239/0.479/0.170 ms
[root@localhost ~]# █
```

Gráfico IV. 44 Prueba de conectividad desde el router R1

Para la captura de datos sobre el rendimiento de la red se instaló Iperf en los routers R1 y R3 para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

La instalación de Java e Iperf se realiza mediante los RPM que puede ser descargados de los siguientes enlaces respectivamente: http://www.java.com/es/download/linux_manual.jsp y <http://pkgs.repoforge.org/iperf/>.

Una vez descargado los paquetes se procede a la instalación de Java ejecutando el siguiente comando: `rpm -iUvh jre-7u15-linux-i586.rpm` y de Iperf ejecutando el comando: `rpm -iUvh iperf-2.0.4-1.el5.rf.i386.rpm`. Tanto para Windows como para Linux se utiliza Jperf el mismo que contiene la interfaz gráfica de Iperf y puedes ser descargada del siguiente enlace: <http://code.google.com/p/xjperf/downloads/list>

En un terminal se debe ingresar al directorio que contiene los archivos de Jperf y ejecutar el siguiente comando para abrir Jperf: `./jperf.sh`

En el **Gráfico IV.45**, se puede observar la pantalla principal de Jperf, el mismo que permite configurar como cliente o servidor para el envío de tráfico y captura de datos.

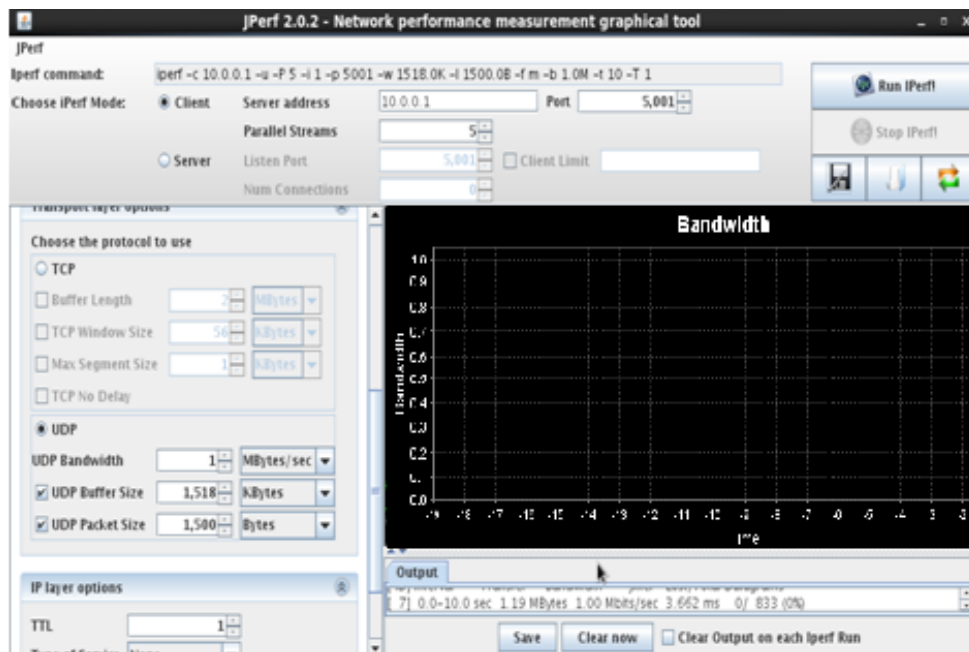


Gráfico IV. 45 Pantalla Principal de Jperf

4.3. Captura de Datos.

Una vez realizado el diseño y la configuración de la red descrito en el **Gráfico IV. 34** se procedió a la captura de datos de los indicadores de rendimiento de la red como son: latencia, throughput y jitter utilizando Jperf para tener una idea del comportamiento de los routers emulados físicos.

4.3.1. Latencia.

Para la medición se realizó 20 muestras sucesivas de 100 ping desde el R3 hacia el R2 considerando un tamaño de trama de 64, 512 y 1518 bytes como se especifica en el RFC 2544 (20). En el **Gráfico IV. 46** se puede observar el envío de 100 ping con una trama de 1518 hacia la dirección 10.0.0.1.

```
[root@localhost ~]# ping -s 1518 -c 10 10.0.0.1
```

Gráfico IV. 46 Comando utilizado para medir la Latencia

En la **Tabla IV.IV** se detalla los valores de la Latencia que se ha obtenido una vez realizadas todas las muestras.

Tabla IV. IV Datos obtenidos de la Latencia

Longitud de la trama(bytes)	64	512	1518
Tiempo Mínimo (ms)	0,64	1,68	4,79
Tiempo Máximo (ms)	2,18	3,29	5,67
Tiempo Promedio (ms)	1,49	2,76	5,33

Para una mejor demostración de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en base a la latencia como se puede ver en el **Gráfico IV. 47**

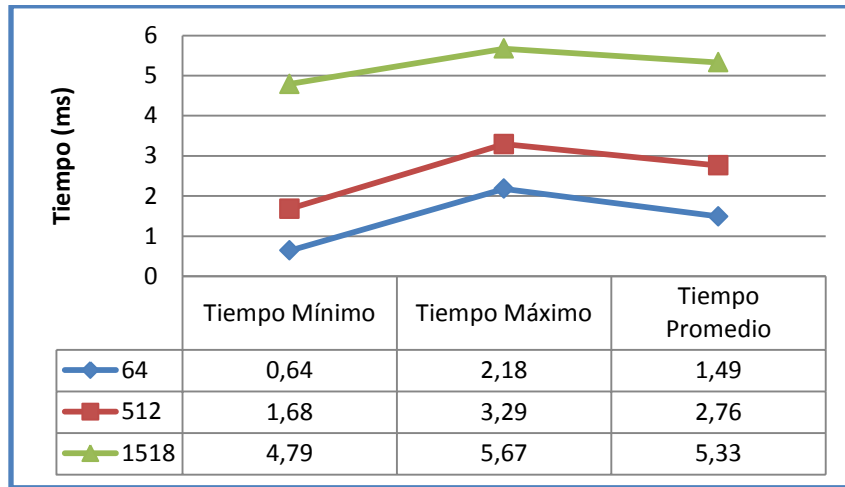


Gráfico IV. 47 Latencia de la red en equipos físicos

De acuerdo a la infografía del **Gráfico IV. 47**, en el cual se le ha asignado los colores: azul para la trama de 64 bytes, rojo para la trama de 512 bytes y verde para la trama de 1518 bytes, se puede observar claramente que los valores mínimo, máximo y promedio de la latencia de la red se incrementan conforme se envía una trama de longitud mayor, en este caso con la trama de 1518 bytes se obtiene una latencia promedio de 5,33 ms a diferencia de una trama de 64 bytes con 1,49 ms.

4.3.2. Throughput.

Para la medición se envió una cantidad de tramas a velocidades diferentes durante 60 segundos con 5 conexiones simultáneas hasta encontrar la máxima cantidad de tramas recibidas sin que se produzcan pérdidas de las mismas en el R2. Como se utilizó Jperf el cliente será el encargado de enviar los paquetes y el servidor los recibirá, indicando la cantidad de paquetes que llegaron correctamente considerando un tamaño del paquete UDP de 750, 1125, 1500 bytes tal como se especifica en el RFC 768 (21).

En el **Gráfico IV. 48** se puede observar las configuraciones realizadas en la herramienta Jperf de lado del servidor para la medición del indicador throughput.

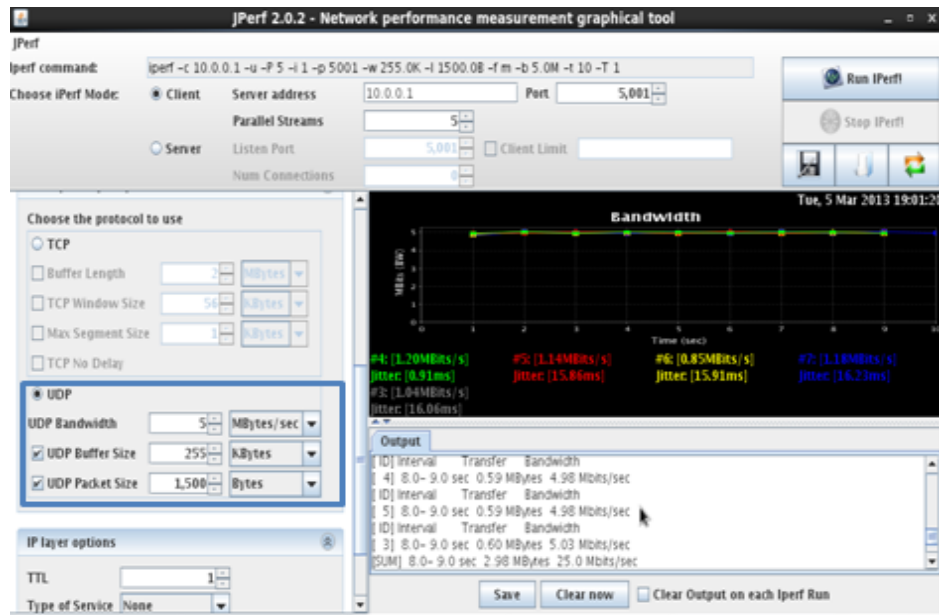


Gráfico IV. 48 Configuración de Jperf para medir Throughput

En la **Tabla IV.4** se detalla los valores del Throughput obtenidos una vez realizada todas las muestras.

Tabla IV. V Datos obtenidos del Throughput

Tamaño de Paquete UDP(bytes)	750	1125	1500
Ancho de Banda (Mbps)	4,99	4,99	4,99
Tramas Transmitidas (MB)	5,99	5,86	5,75
Tramas Recibidas (MB)	5,99	5,86	5,75
PPS (KB)	99,83	97,66	95,83

Para una mejor demostración de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en lo que se refiere al throughput, es decir a la cantidad de paquetes enviados por segundo como se muestra en el **Gráfico IV. 49**

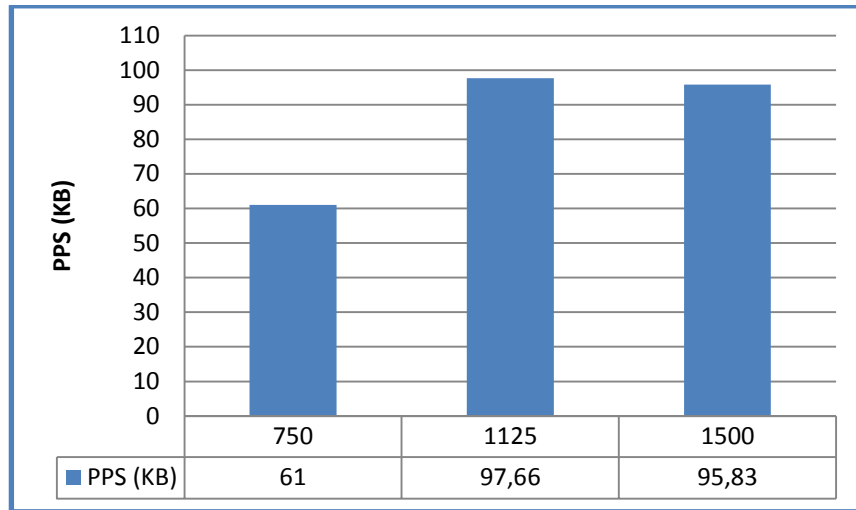


Gráfico IV. 49 PPS de la red en equipos físicos

En el **Gráfico IV.49** se representa la cantidad de paquetes enviados en un segundo al enviar tramas de 750 bytes, 1125 bytes y 1500 bytes los cuales han utilizado un ancho de banda constante de 4,99 Mbps, en la gráfica se puede observar claramente que al enviar una trama de 750 bytes se envía 99.83 pps, con una trama de 1125 se envía 97, 66 pps y con una trama de 1500 se envía 95,83 pps.

4.3.3. Jitter.

Para la medición se envió datos UDP de longitud variable a la velocidad máxima de Throughput obtenida anteriormente durante 60 segundos con 5 conexiones simultánea. Como se utilizó Jperf el cliente será el encargado de enviar los datos y el servidor los recibirá, indicando los valores de Jitter obtenidos durante la transmisión de los datos.

En el **Gráfico IV. 50**, se muestra la configuración realizada en la herramienta Jperf para el monitoreo de la red.



Gráfico IV. 50 Configuración de Jperf para medir Jitter

En la **Tabla IV. VI** se detalla los valores del Jitter obtenidos una vez realizada todas las muestras.

Tabla IV. VI Datos obtenidos del Jitter

Tamaño de Paquete UDP(bytes)	750	1125	1500
Ancho de Banda (Mbps)	4,99	4,99	4,99
Tramas Transmitidas (MB)	5,99	5,86	5,75
Tramas Perdidas (MB)	0	0	0
Datagramas (bytes)	1668	1001	834
Jitter (ms)	1,43	1,25	1,08

Para una mejor demostración de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en lo que se refiere al Jitter presente en la misma como se muestra en el **Gráfico IV. 51**.

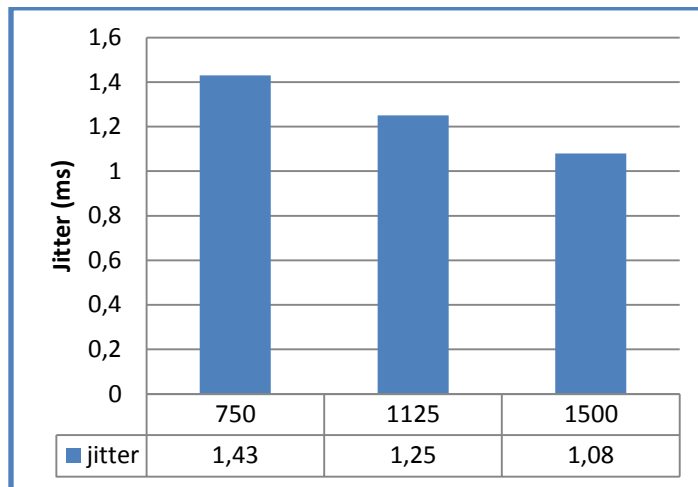


Gráfico IV. 51 Jitter de la red en equipos físicos

En el **Gráfico IV. 51** se observa los valores del Jitter obtenidos al enviar diferentes tamaños de paquete UDP como 750, 1125 y 1500 bytes utilizando un ancho de banda de 4,99 Mbps, se puede observar claramente que con una trama de 750 bytes se tiene un Jitter de 1,43 ms a diferencia de la trama de 1500 bytes en la cual se tiene un Jitter de 1,08 bytes.

Los valores de la latencia, throughput y Jitter obtenidos en este capítulo serán utilizados posteriormente para realizar el respectivo análisis de rendimiento de la red así como para la comprobación de la hipótesis.

CAPÍTULO V

5. DISEÑAR E IMPLEMENTAR UNA RED FORMADA POR ROUTERS EMULADOS MEDIANTE GNS3.

En este capítulo, se diseña e implementa una red formada por routers emulados mediante GNS3, en la cual se analiza el comportamiento de la red frente a diferentes pruebas de rendimientos realizadas.

Para el análisis del rendimiento se usa técnicas como envío de paquetes ICMP para el análisis de la Latencia, y para Throughput y Jitter se utiliza una herramienta de medición de rendimientos de las redes Jperf, los valores obtenidos permiten emitir resultados que posteriormente serán útiles para la comprobación de la hipótesis planteada.

5.1. Diseño de la Red

En el **Gráfico V. 52**, se muestra el diseño de la red en GNS3; el mismo que consta de 3 routers con el IOS 2600 (c2600-advipservicesk9-mz.124-15.T6.img), los cuales se encuentran directamente conectados mediante interfaces FastEthernet, y a dos de ellos (R2 y R3) se conectan 2 máquinas emuladas las mismas que hacen la función de cliente y servidor.

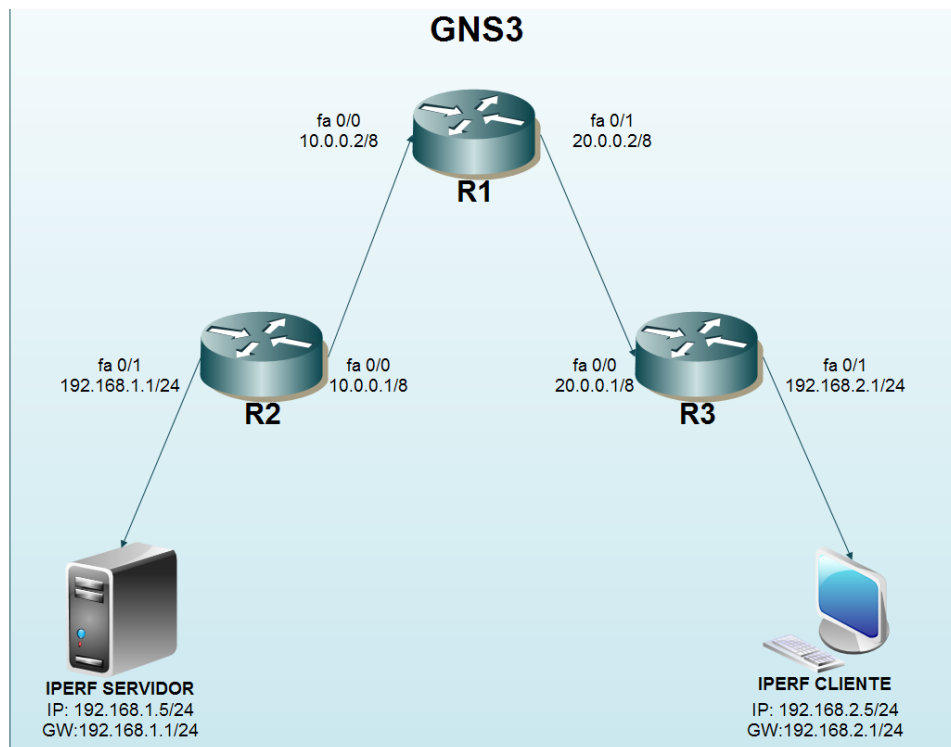


Gráfico V. 52 Escenario GNS3

Cada equipo que forma la red, tiene asignada una dirección IP, las mismas que se especifican en la **Tabla V. VII**.

Tabla V. VII Tabla de Direccionamiento del Escenario GNS3

Dispositivo	Interfaz	Dirección IP	CDR	GATEWAY
R1	fa0/0	10.0.0.1	8	
	fa0/1	20.0.0.1	8	
R2	fa0/0	10.0.0.1	8	
	fa0/1	192.168.1.1	24	
R3	fa0/0	10.0.0.1	8	
	fa0/1	192.168.2.1	24	
IPERF CLIENTE	NIC	192.168.2.5	24	192.168.2.1
IPERF SERVIDOR	NIC	192.168.1.5	24	192.168.1.1

Cabe mencionar que tanto el R1, R2, R3 y los equipos cliente y servidor; estuvieron emulados en un equipo físico con las siguientes características:

- PROCESADOR: Intel Core 2 DUO, 3.20 GHz.
- RAM: 2 GB
- DISCO DURO: 500 GB
- SISTEMA OPERATIVO: Windows 7

5.2. Configuración de la Red

Una vez diseñando e implementado la Red en GNS3, siguiendo los pasos mencionados en el apartado **2.3 Uso de GNS3**; se tiene que configurar cada una de las interfaces con las respectivas direcciones mencionadas anteriormente.

Como se está emulando un router solo a nivel de hardware pero se está trabajando con los IOS verdaderos de los equipos en este caso el IOS del router 2600, los comandos para llevar a cabo la configuración son los mismos de un router real. Por tal motivo para asignar las direcciones a cada interfaz se debe estar en **modo configuración**, y con los comandos respectivos se asigna las direcciones.

En el **Gráfico V. 53**. Se muestra la configuración realizada en las interfaces del R1, el mismo proceso se ha llevado a cabo tanto para el R2 como para el R3 asignando las direcciones respectivas.

```
R1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#int fa0/0
R1(config-if)#ip add 10.0.0.2 255.0.0.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#
00:02:34: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
00:02:35: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to un
R1(config)#int fa0/1
R1(config-if)#ip add 20.0.0.2 255.0.0.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#
00:05:04: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/1, changed state to up
00:05:05: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to up
```

Gráfico V. 53 Configuración de las Interfaces del router emulado en GNS3

Después que se asignado las direcciones respectivas a cada interfaz, se procede a la configuración de rutas estáticas a fin que se pueda establecer la ruta para el envío de los paquetes.

En el **Gráfico V. 54** se muestra la configuración realizada para el R1, aclarando que el mismo proceso se lo realizó para el R2, R3 con las respectivas direcciones de enrutamiento.

```
R1(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.0.1
R1(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 20.0.0.1
```

Gráfico V. 54 Configuración Rutas Estáticas R1 en GNS3

Para observar si las configuraciones realizadas están correctamente, se ejecuta el comando **show ip route** el mismo que indica la tabla de enrutamiento del router.

En el **Gráfico V. 55** se muestra la tabla de enrutamiento del R1, en la cual se puede ver claramente las rutas o redes directamente conectadas y las que se han configurado mediante Rutas Estáticas.

```
R1#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C     20.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
C     10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
S     192.168.1.0/24 [1/0] via 10.0.0.1
S     192.168.2.0/24 [1/0] via 20.0.0.1
R1#
```

Gráfico V. 55 Tabla de Enrutamiento del R1 emulado en GNS3

Finalmente para guardar las configuraciones realizadas, se ejecuta el comando **copy running-config startup-config** en cada equipo.

Como se mencionó anteriormente para realizar las pruebas de rendimientos en la red planteada se utilizó la herramienta Iperf, la misma que fue instalada en 2 equipos emulados con un sistema operativo XP; uno de ellos hacía la función de un cliente y el otro la función de un servidor.

Gracias a que GNS3 tiene incorporado el simulador de máquinas como VirtualBox, fue más fácil realizar la conexión entre los routers y la máquina virtual; la misma que consistía en conectar la máquina emulada en GNS3 al router y ejecutar el sistema operativo previamente instalado. A cada equipo se le asignó una dirección IP; 192.168.1.5 para el servidor y 192.168.2.5 para el cliente.

Realizada la conexión y configurada las respectivas direcciones, se procedió a probar conectividad mediante el comando ping como se muestra en el **Gráfico V. 56**. Dejándolo de esta forma la red lista para iniciar con la captura de los datos.

```
C:\>ping 192.168.1.5
Haciendo ping a 192.168.1.5 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.5: bytes=32 tiempo=51ms TTL=125
Respuesta desde 192.168.1.5: bytes=32 tiempo=53ms TTL=125
Respuesta desde 192.168.1.5: bytes=32 tiempo=51ms TTL=125
Respuesta desde 192.168.1.5: bytes=32 tiempo=51ms TTL=125
Estadísticas de ping para 192.168.1.5:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 51ms, Máximo = 53ms, Media = 51ms
```

Gráfico V. 56 Prueba de Conexión desde el cliente al servidor

5.3. Captura de Datos

Una vez que se ha diseñado y configurado la red se procedió a la captura de datos, a fin que se pueda medir el rendimiento de la red en GNS3 bajo los parámetros establecidos (latencia, jitter, throughput), de esta forma se podrá tener una idea sobre el rendimiento en la red planteada en este capítulo.

5.3.1. Latencia

Para realizar la primera prueba que consistía en medir la latencia de la Red en GNS3, se envió 20 muestras sucesivas de 100 ping con diferentes longitudes de la trama este caso de 64, 512 y 1518 desde el cliente al servidor.

En el **Gráfico V. 57** se muestra la prueba realizada mediante el comando ping al servidor con una longitud del paquete de 1518.

```
C:\>ping -l 1518 -n 100 192.168.1.5
```

Gráfico V. 57 Comando Utilizado para medir la latencia

En la **Tabla V. VIII**, se detalla los valores obtenidos al realizar la primera prueba, en la que se detallan los tiempos mínimos, máximos y promedios al enviar tramas de diferentes longitudes.

Tabla V. VIII Datos Capturados para la Prueba Latencia de la Red en GNS3

Longitud de la trama(bytes)	64	512	1518
Tiempo Mínimo (ms)	32	40	45
Tiempo Máximo (ms)	57	66	71
Tiempo Promedio (ms)	45	56	61

Para una mejor demostración de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en base a la latencia como se puede observar en el **Gráfico V. 58**.

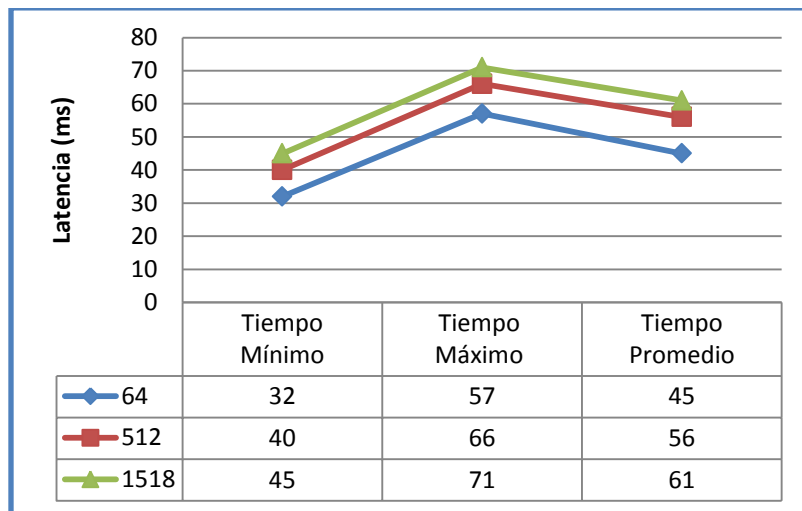


Gráfico V. 58 Latencia de la Red en GNS3

De acuerdo a la infografía del **Gráfico V. 58**, en el cual se le ha asignado los colores: azul para la trama de 64 bytes, rojo para la trama de 512 bytes y verde para la trama de 1518 bytes, se puede observar claramente que los valores mínimo, máximo y promedio de la latencia de la red se incrementan conforme se envía una trama de longitud mayor, en este caso con la trama de 1518 bytes se obtiene una latencia promedio de 61 ms a diferencia de una trama de 64 bytes con 45 ms.

5.3.2. Throughput

Para realizar la siguiente prueba que consistía en medir el throughput, se lo realizó con la ayuda de la herramienta Jperf; en la cual se envió paquetes UDP durante 60 segundos con 5 conexiones simultáneas hasta encontrar la máxima cantidad de tramas recibidas sin que se produzca pérdidas de las mismas en el R2. Para las pruebas se ha considerado un tamaño del paquete UDP de 750, 1125, 1500 bytes tal como se especifica en el RFC 768 (21).

En el **Gráfico V. 59**, se muestra el paso del tráfico y la captura de datos con la herramienta Jperf, la misma que ayudó a determinar el throughput en la red.

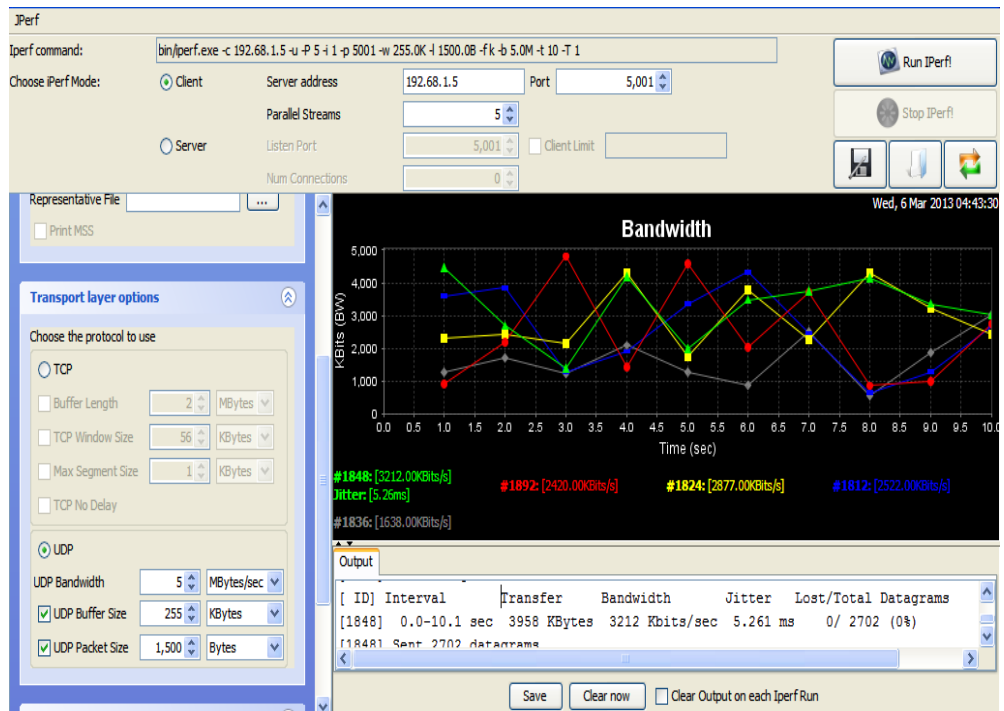


Gráfico V. 59 Configuración de Jperf para medir Throughput

Una vez que se ha realizado la captura de datos pertinentes, en la **Tabla V. IX**, se muestra los resultados obtenidos a fin de establecer el rendimiento de la red del escenario propuesto.

Tabla V. IX Datos Capturados para la Prueba Throughput de la Red en GNS3

Tamaño de Paquete UDP(bytes)	750	1125	1500
Ancho de Banda (Mbps)	4,89	4,89	4,89
Tramas Transmitidas (MB)	5,93	5,69	5,48
Tramas Recibidas (MB)	5,93	5,69	5,48
PPS (KB)	98,83	94,83	91,33

Para una mejor demostración de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red del escenario propuesto en lo que se refiere al throughput, es decir a la cantidad de paquetes enviados por segundo como se muestra en el **Gráfico V. 60**.

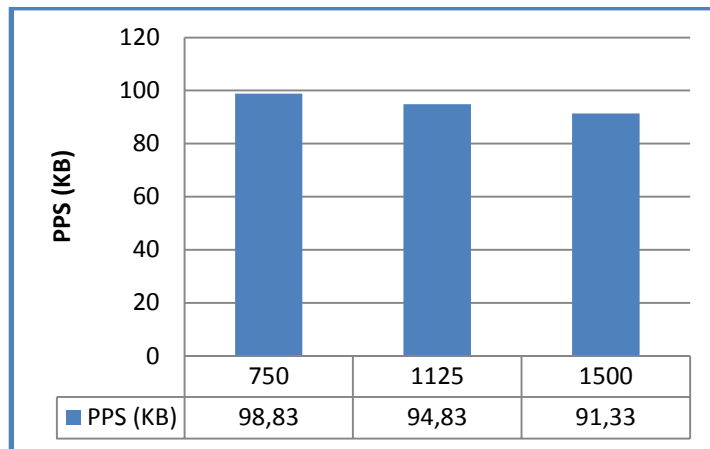


Gráfico V. 60 Throughput en la Red GNS3

En el **Gráfico V. 60**, se representa la cantidad de paquetes enviados en un segundo al enviar tramas de 750 bytes, 1125 bytes y 1500 bytes los cuales han utilizado un ancho de banda constante de 4,89 Mbps, en la gráfica se puede observar claramente que al enviar una trama de 750 bytes se envía 98.33 pps, con una trama de 1125 se envía 94,83 pps y con una trama de 1500 se envía 91, 33 pps.

5.3.3. Jitter

El último parámetro a evaluar es el Jitter presente en la red, de igual forma se usó la herramienta Iperf en la cual se envió paquetes UDP de tamaños diferentes a una velocidad constante obtenida anteriormente durante 60 segundos con 5 conexiones simultáneas.

En el **Gráfico V. 61**, se muestra la configuración realizada en la herramienta Jperf para el monitoreo de la red.

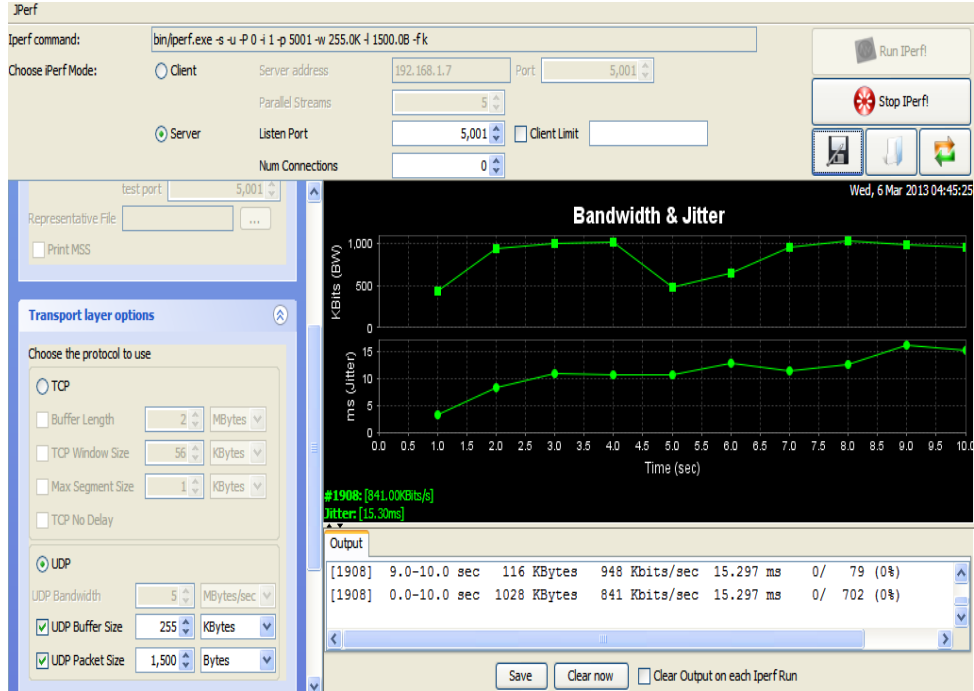


Gráfico V. 61 Configuración de Iperf para medir el Jitter de la Red en GNS3

En la **Tabla V. X**, se detalla los valores obtenidos una vez realizada todas las muestras.

Tabla V. X Datos Capturados para la Prueba Jitter de la Red en GNS3

Tamaño de Paquete UDP(bytes)	750	1125	1500
Ancho de Banda (Mbps)	4,89	4,89	4,89
Tramas Transmitidas (MB)	5,93	5,69	5,48
Tramas Perdidas (MB)	0	0	0
Datagramas (bytes)	1663	957	751
Jitter (ms)	5,41	4,81	3,58

Para una mejor demostración de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en lo que se refiere al Jitter presente en la misma como se muestra en el **Gráfico V. 62**.

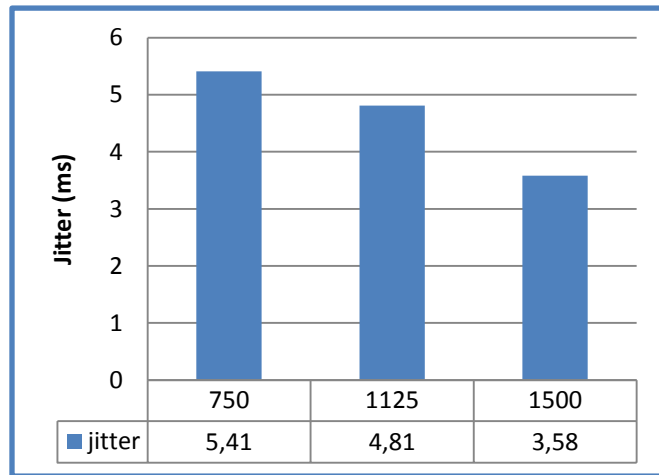


Gráfico V. 62 Jitter en la Red GNS3

En el **Gráfico V.62** se observa los valores del Jitter obtenidos al enviar diferentes tamaños de paquete UDP como 750, 1125 y 1500 bytes utilizando un ancho de banda de 4,89 Mbps, se puede observar claramente que con una trama de 750 bytes se tiene un Jitter de 5,41 ms a diferencia de la trama de 1500 bytes en la cual se tiene un Jitter de 3,58 ms.

Los datos obtenidos sobre el rendimiento de la red como: throughput, Jitter y latencia, permitirán tener una referencia de como es el comportamiento de la red en el emulador GNS3 y así poder emitir diferencias con los otros escenarios planteados.

CAPÍTULO VI

6. DISEÑAR E IMPLEMENTAR UNA RED FORMADA POR ROUTERS EMULADOS MEDIANTE GNS3 INTERCONECTADOS A ROUTERS EMULADOS FÍSICOS

En este capítulo, se diseña e implementa una red formada por routers emulados en GNS3 interconectados a routers emulados físicos, lo cual es posible realizar en GNS3 gracias a la función que permite interconectar redes virtuales con redes del mundo real.

Para el análisis del rendimiento de la red se usa técnicas como envío de paquetes ICMP para la medición de Latencia, en cuanto para la medición de Throughput y Jitter se utiliza Jperf, los valores obtenidos de este análisis, permiten emitir resultados que posteriormente serán útiles para la comprobación de la hipótesis planteada.

6.1. Diseño de la Red.

En el **Gráfico VI. 63**, se muestra el diseño de la red el mismo que consta de 3 routers: un router emulado en GNS3 y dos routers emulados físicos previamente configurados en el Capítulo IV; estos routers se encuentran directamente conectados mediante interfaces FastEthernet.

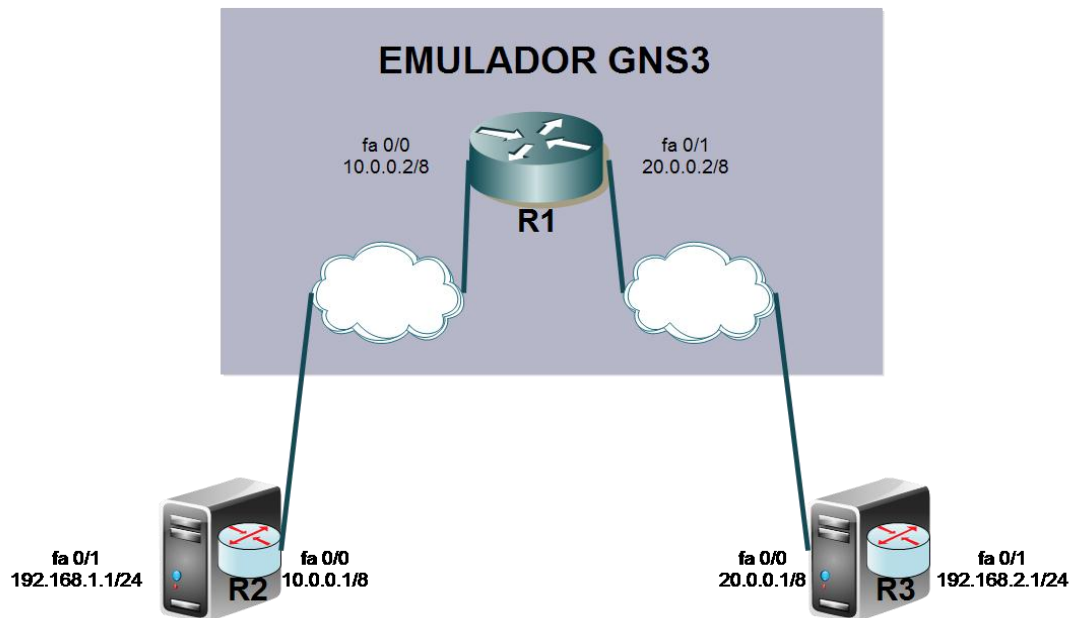


Gráfico VI. 63 Diseño de la interconectividad del router emulado en GNS3 con routers emulados físicos

Para la implementación del router R1 que se encuentra emulado en GNS3 como se muestra en el **Gráfico VI. 63**, se utilizan 2 equipos con diferentes características hardware como se detalla en la **Tabla VI. XI**, con el fin de observar el rendimiento al emularlos en equipos de diferentes características.

Tabla VI. XI Características Hardware para la implementación de router R1

Descripción	Características Hardware
Equipo 1	Procesador: Intel Atom 1,60 GHz RAM: 1 GB
Equipo 2	Procesador: Intel Core Duo 3,20 GHz RAM: 2 GB

En la **Tabla VI. XII** se detalla el direccionamiento IP de la red formada por la interconectividad de routers emulados en GNS 3 y routers emulados físicos.

Tabla VI. XII Direccionamiento IP de la red

Equipo	Interfaz	Dirección IP	Máscara de Subred	Puerta de Enlace
R1	fa0/0	10.0.0.1	255.0.0.0/8	NA
	fa0/1	20.0.0.1	255.0.0.0/8	NA
R2	eth0	10.0.0.1	255.0.0.0/8	NA
	eth1	192.168.1.1	255.255.255.0/24	NA
R3	eth0	10.0.0.1	255.0.0.0/8	NA
	eth1	192.168.2.1	255.255.255.0/24	NA
Equipo con GNS3	NIC 1	10.0.0.3	255.0.0.0/8	10.0.0.2
	NIC 2	20.0.0.3	255.0.0.0/8	20.0.0.2

6.2. Configuración de la Red.

La configuración de la red sobre la interconectividad de routers emulados en GNS3 y routers emulados físicos es el mismo tanto para el **Equipo 1** como para el **Equipo 2** descritos en la **Tabla VI. XI**, para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

Una vez agregado el router 2600 se debe agregar el tipo de nodo llamado nube en la Zona de Topología, la misma que permite realizar la conectividad de dispositivos existentes en GNS3 con dispositivos reales, como se muestra en el **Gráfico VI. 64**.

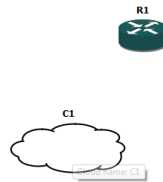


Gráfico VI. 64 Nube en la Zona de Topología

Ahora se procede a realizar la configuración de la nube para vincular tarjeta de red (NIC1) del equipo en donde se encuentra instalado GNS3 con la topología creada como muestra el **Gráfico V. 65**.

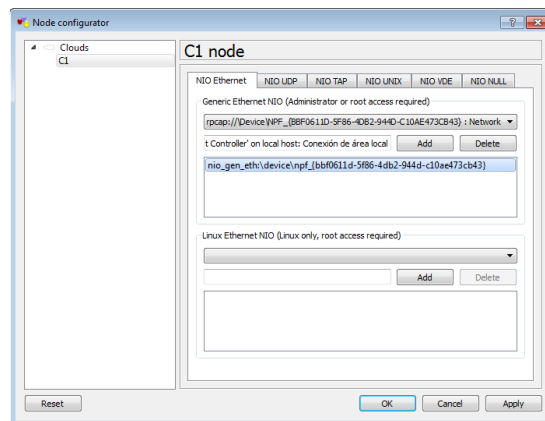


Gráfico VI. 65 Configuración de la nube en GNS3

Realizar el procedimiento anterior para configurar la segunda nube pero en este punto se debe vincular la otra tarjeta de red (NIC2) del equipo, una vez realizado este procedimiento se crean los enlaces correspondientes con el router R1 como se muestra en el **Gráfico VI. 66**.

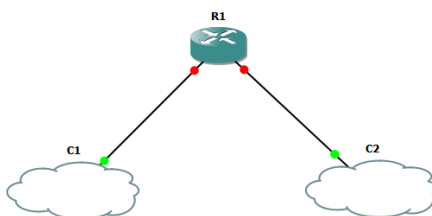


Gráfico VI. 66 Creación de enlaces con R1

A continuación se procede a configurar las interfaces del router R1 como se muestra en el **Gráfico VI. 67**, de acuerdo al direccionamiento que se encuentra descrito en la **Tabla VI. XII**.

```
Connected to Dynamips VM "R1" (ID 0, type c2600) - Console port
Press ENTER to get the prompt.

R1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#int fa0/0
R1(config-if)#ip add 10.0.0.2 255.0.0.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#
00:02:16: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
00:02:17: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
R1(config-if)#exit
R1(config)#int fa0/1
R1(config-if)#ip add 20.0.0.2 255.0.0.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#
00:02:45: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/1, changed state to up
00:02:46: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to up
R1(config-if)#
```

Gráfico VI. 67 Configuración de las interfaces en el router R1

Para tener conectividad desde los dispositivos en GNS3 con dispositivos reales se debe asignar las direcciones IP a las tarjetas de red (NIC) del equipo, como se muestran en el

Gráfico VI. 68

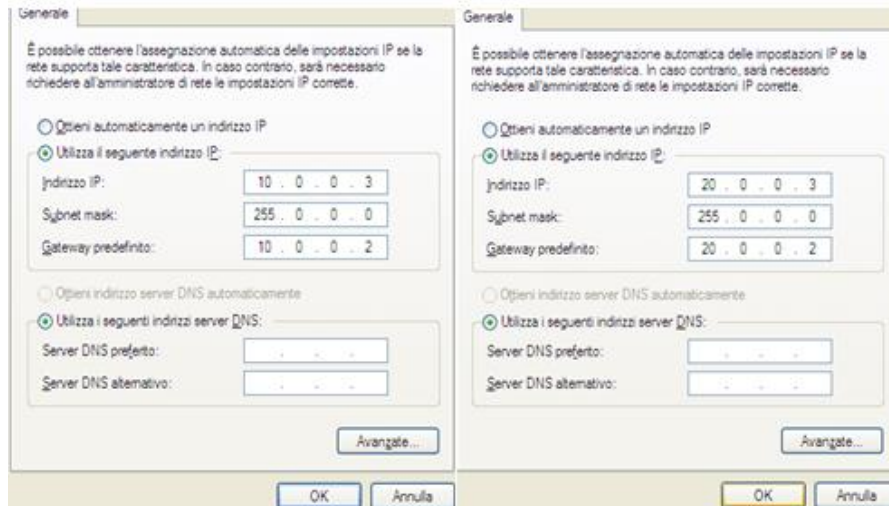


Gráfico VI. 68 Asignación de Direcciones IP en el equipo

Una vez terminada con la configuración del router y de la nube en GNS3 se procedió a realizar la interconexión con la ayuda de un cable FastEthernet desde las tarjetas de red del equipo en donde se encuentra GNS3 con los routers emulados físicos previamente configurados en el **Capítulo IV**.

6.3. Captura de Datos

Una vez realizada el diseño y la configuración de la red descrita en el **Gráfico VI. 63**, se procedió a la captura de datos de los indicadores de rendimiento de la red como son: latencia, throughput y jitter utilizando Jperf, tomando en consideración que el router R1 que se encuentra emulado en GNS3 se implementó en equipos con diferentes características hardware descritos en la **Tabla VI. XI**, con el fin de observar el comportamiento de la red al implementar este router en un equipo con mejores recursos.

A continuación se realiza la captura de datos de los indicadores de rendimiento para cada uno de los equipos:

6.3.1. Captura de datos con R1 emulado en el Equipo 1

6.3.1.1. Latencia

Para la medición se realizó 20 muestras sucesivas de 100 ping desde el R3 hacia el R2 considerando un tamaño de trama de 64, 512 y 1518 bytes tal como se especifica en el RFC 2544 (20).

En el **Gráfico V. 69** se muestra la prueba realizada mediante el comando ping al servidor con una longitud del paquete de 1518.

```
[root@localhost ~]# ping -s 1518 -c 10 10.0.0.1
```

Gráfico VI. 69 Comando utilizado para medir la Latencia

En la **Tabla VI. XIII** se detalla los valores promedio de la Latencia obtenidos una vez realizadas todas las muestras.

Tabla VI. XIII Datos obtenidos de la Latencia

Longitud de la trama(bytes)	64	512	1518
Tiempo Mínimo (ms)	19,15	22,67	21,51
Tiempo Máximo (ms)	55,77	66,59	99,79
Tiempo Promedio (ms)	33,56	41,31	44,77

Para una mejor comprensión de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en base a la latencia como se muestra en el **Gráfico VI. 70**.

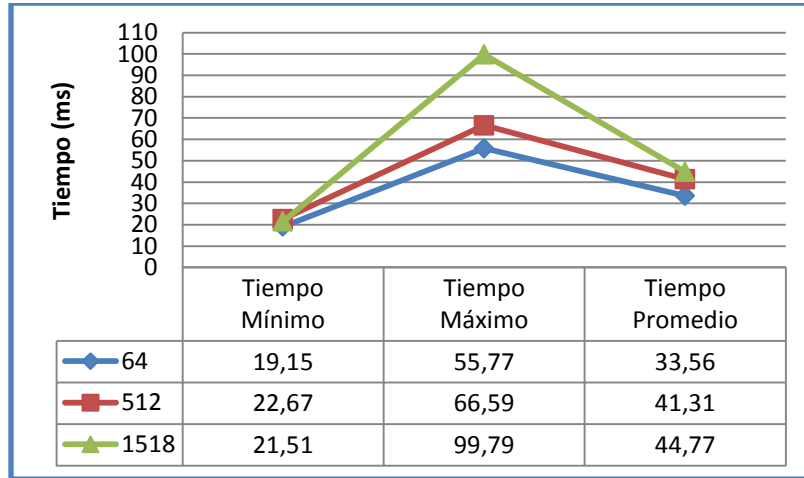


Gráfico VI. 70 Latencia de la red al emular R1 en Equipo 1

De acuerdo a la infografía del **Gráfico VI. 70**, en el cual se le ha asignado los colores: azul para la trama de 64 bytes, rojo para la trama de 512 bytes y verde para la trama de 1518 bytes, se puede observar claramente que los valores mínimo, máximo y promedio de la latencia de la red se incrementan conforme se envía una trama de longitud mayor, como es el caso de la trama de 1518 bytes con una latencia promedio de 44, 77 ms a diferencia de una trama de 64 bytes con 33,56 ms.

6.3.1.2. Throughput

Para la medición se envió una cantidad de tramas a velocidades diferentes durante 60 segundos con 5 conexiones simultáneas hasta encontrar la máxima cantidad de tramas recibidas sin que se produzcan pérdidas de las mismas en el R2. Como se utilizó Jperf el cliente será el encargado de enviar los paquetes y el servidor los recibirá, indicando

la cantidad de paquetes que llegaron correctamente considerando un tamaño del paquete UDP de 750, 1125, 1500 bytes tal como se especifica en el RFC 768 (21).

En el **Gráfico VI. 71**, se muestra la configuración realizada en la herramienta Jperf para el monitoreo de la red y así medir el Throughput presente en la misma.

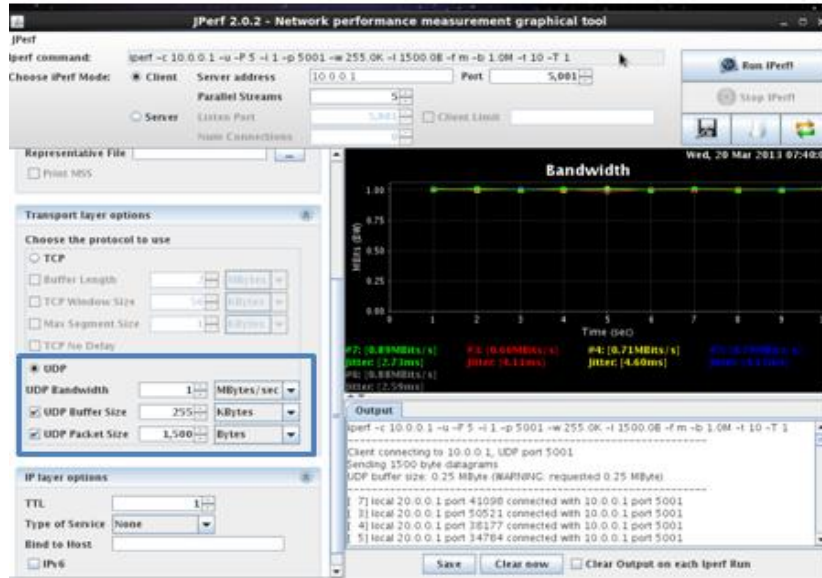


Gráfico VI. 71 Configuración de Jperf para medir Throughput

En la **Tabla VI. XIV** se detalla los valores del Throughput obtenidos una vez realizada todas las muestras.

Tabla VI. XIV Datos obtenidos del Throughput

Tamaño de Paquete UDP(bytes)	750	1125	1500
Ancho de Banda (Mbps)	4,99	4,99	4,99
Tramas Transmitidas (MB)	5,96	4,80	4,70
Tramas Recibidas (MB)	5,96	4,80	4,70
PPS (KB)	99.33	80	78,33

Para una mejor comprensión de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en lo que se refiere al throughput presente en la misma como se muestra en el **Gráfico VI. 72**.

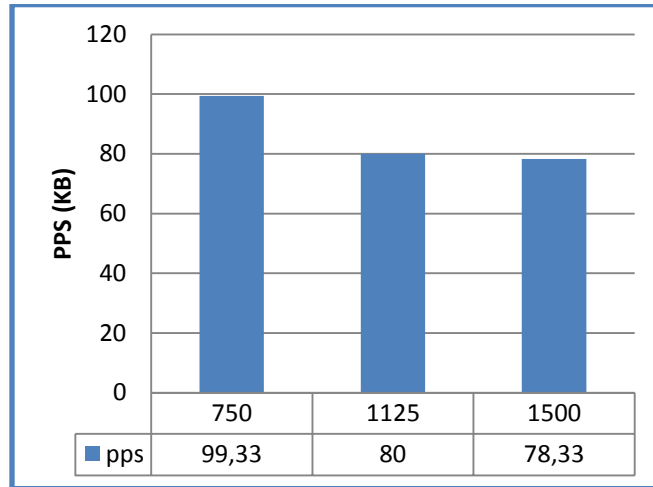


Gráfico VI. 72 PPS de la red al emular R1 en Equipo 1

En el **Gráfico VI. 72**, se representa la cantidad de paquetes enviados en un segundo al enviar tramas de 750 bytes, 1125 bytes y 1500 bytes los cuales han utilizado un ancho de banda constante de 4,99 Mbps, en la gráfica se puede observar claramente que al enviar una trama de 750 bytes se envía 99.33 pps, con una trama de 1125 se envía 80 pps y con una trama de 1500 se envía 78,33 pps.

6.3.1.3. Jitter

Para la medición se envió datos UDP de longitud variable a la velocidad máxima de Throughput obtenida en anteriormente durante 60 segundos con 5 conexiones simultánea. Como se utilizó Jperf el cliente será el encargado de enviar los datos y el servidor los recibirá, indicando los valores de Jitter obtenidos durante la transmisión de los datos.

En el **Gráfico VI. 73**, se muestra la configuración realizada en la herramienta Jperf para el monitoreo de la red en la medición del Jitter presente en la misma.



Gráfico VI. 73 Configuración de Jperf para medir Jitter

En la **Tabla VI. XV**, se detalla los valores del Jitter obtenidos una vez realizada todas las muestras.

Tabla VI. XV Datos obtenidos del Jitter

Tamaño de Paquete UDP(bytes)	750	1125	1500
Ancho de Banda (Mbps)	4,99	4,99	4,99
Tramas Transmitidas (MB)	5,96	4,80	4,70
Tramas Perdidas (MB)	0	0	0
Datagramas (bytes)	1666	1112	834
Jitter (ms)	9,59	6,20	3,64

Para una mejor comprensión de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en lo que se refiere al Jitter presente en la misma como se muestra en el **Gráfico VI. 74**.

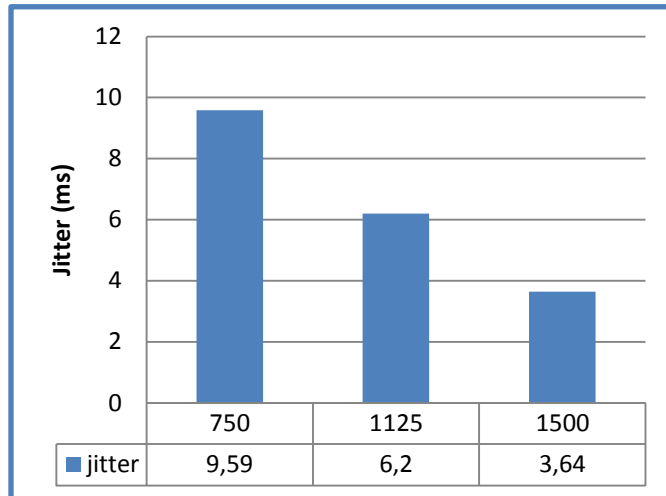


Gráfico VI. 74 Jitter de la red al emular R1 en Equipo 1

En el **Gráfico VI. 74**, se observa los valores del Jitter obtenidos al enviar diferentes tamaños de paquete UDP como 750, 1125 y 1500 bytes utilizando un ancho de banda de 4,99 Mbps, se puede observar claramente que con una trama de 750 bytes se tiene un Jitter de 9,59 ms a diferencia de la trama de 1500 bytes en la cual se tiene un Jitter de 3.64 bytes.

6.3.2. Captura de datos con R1 emulado en el Equipo 2

6.3.2.1. Latencia

Para la medición se realizó 20 muestras sucesivas de 100 ping desde el R3 hacia el R2 considerando un tamaño de trama de 64,512 y 1518 bytes tal como se especifica en el RFC 2544 (20).

En el **Gráfico V. 75** se muestra la prueba realizada mediante el comando ping al servidor con una longitud del paquete de 1518.

```
[root@localhost ~]# ping -s 1518 -c 10 10.0.0.1
```

Gráfico VI. 75 Comando utilizado para medir la Latencia

En la **Tabla VI. XVI**, se detalla los valores promedio de la Latencia obtenidos una vez realizadas todas las muestras.

Tabla VI. XVI Datos obtenidos de la Latencia

Longitud de la trama(bytes)	64	512	1518
Tiempo Mínimo (ms)	15,44	16,73	17,43
Tiempo Máximo (ms)	33,56	34,71	35,50
Tiempo Promedio (ms)	24,38	25,62	26,17

Para una mejor comprensión de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en base a la latencia como se muestra en el **Gráfico VI. 76**.

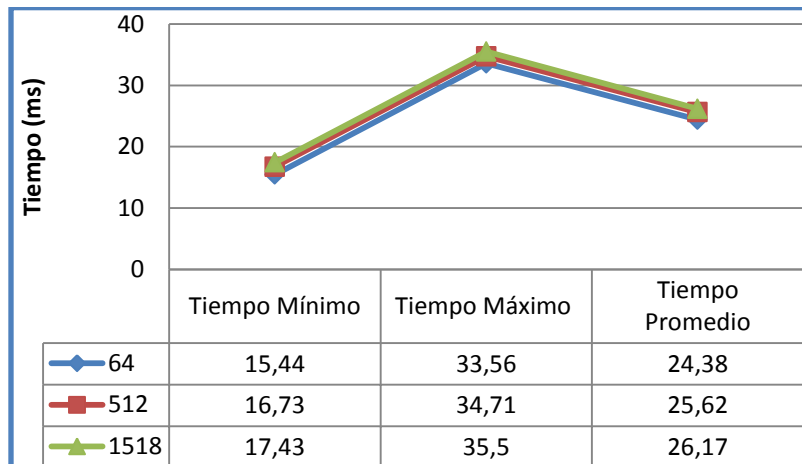


Gráfico VI. 76 Latencia de la red al emular R1 en Equipo 2

De acuerdo a la infografía del **Gráfico VI. 76**, en el cual se le ha asignado los colores: azul para la trama de 64 bytes, rojo para la trama de 512 bytes y verde para la trama de 1518 bytes, se puede observar claramente que los valores mínimo, máximo y promedio de la latencia de la red se incrementan conforme se envía una trama de longitud mayor a pesar que la diferencia no sea relativa, en este caso con la trama de 1518 bytes se obtiene una latencia promedio de 26,17 ms a diferencia de una trama de 64 bytes con 24,38 ms.

6.3.2.2. Throughput

Para la medición se envió una cantidad de tramas a velocidades diferentes durante 60 segundos con 5 conexiones simultáneas hasta encontrar la máxima cantidad de tramas recibidas sin que se produzcan pérdidas de las mismas en el R2. Como se utilizó Jperf el cliente será el encargado de enviar los paquetes y el servidor los recibirá, indicando la cantidad de paquetes que llegaron correctamente considerando un tamaño del paquete UDP de 750, 1125, 1500 bytes tal como se especifica en el RFC 768 (21).

En el **Gráfico VI. 77**, se muestra la configuración realizada en la herramienta Jperf para el monitoreo de la red en la medición del throughput de la misma.

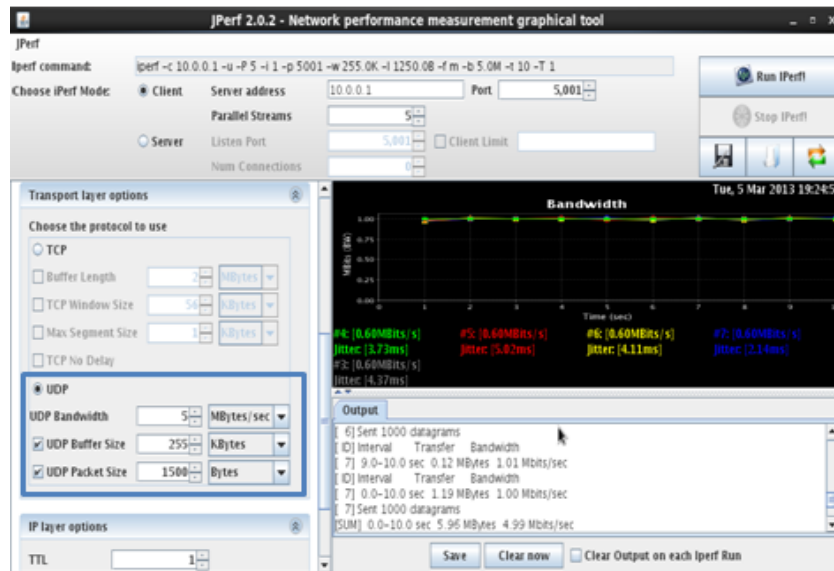


Gráfico VI. 77 Configuración de Jperf para medir Throughput

En la **Tabla VI. XVII**, se detalla los valores del Throughput obtenidos una vez realizada todas las muestras.

Tabla VI. XVII Datos obtenidos del Throughput

Tamaño de Paquete UDP(bytes)	750	1125	1500
Ancho de Banda (Mbps)	4,99	4,99	4,99
Tramas Transmitidas (MB)	5,96	5,82	5,71
Tramas Recibidas (MB)	5,96	5,82	5,71
PPS (KB)	99,33	97	95,17

Para una mejor comprensión de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en lo que se refiere al throughput, es decir a la cantidad de paquetes enviados por segundo como se muestra en el **Gráfico VI. 78**.

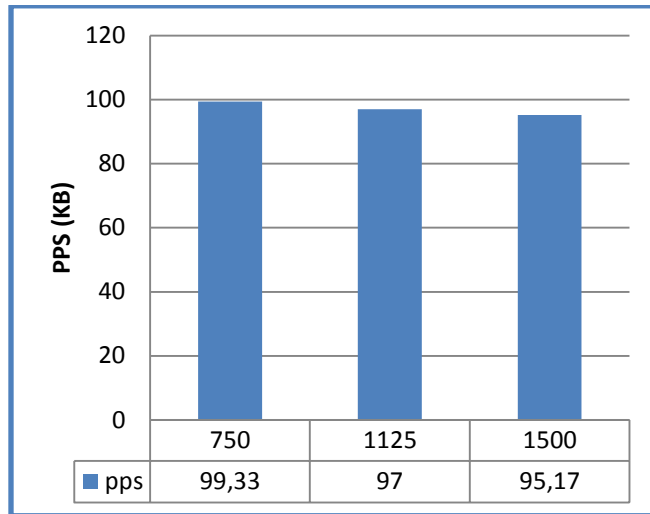


Gráfico VI. 78 PPS de la red al emular R1 en Equipo 2

En el **Gráfico VI. 78**, se representa la cantidad de paquetes enviados en un segundo al enviar tramas de 750 bytes, 1125 bytes y 1500 bytes los cuales han utilizado un ancho de banda constante de 4,99 Mbps, en la gráfica se puede observar claramente que al enviar una trama de 750 bytes se envía 99.33 pps, con una trama de 1125 se envía 97 pps y con una trama de 1500 se envía 95,17 pps.

6.3.2.3. Jitter

Para la medición se envió datos UDP de longitud variable a la velocidad máxima de Throughput obtenida en el anteriormente durante 60 segundos con 5 conexiones simultánea. Como se utilizó Jperf el cliente será el encargado de enviar los datos y el servidor los recibirá, indicando los valores de Jitter obtenidos durante la transmisión de los datos.

En el **Gráfico VI. 79**, se muestra la configuración realizada en la herramienta Jperf para el monitoreo de la red y medir el Jitter en la misma.



Gráfico VI. 79 Configuración de Jperf para medir Jitter

En la **Tabla IV. XVIII** se detalla los valores del Jitter obtenidos una vez realizada todas las muestras.

Tabla VI. XVIII Datos obtenidos del Jitter

Tamaño de Paquete UDP(bytes)	750	1125	1500
Ancho de Banda (Mbps)	4,99	4,99	4,99
Tramas Transmitidas (MB)	5,96	5,82	5,71
Tramas Perdidas (MB)	0	0	0
Datagramas (bytes)	1667	959	831
Jitter (ms)	4,65	3,41	2,83

Para una mejor comprensión de los datos es necesario representarlos gráficamente, a fin que se puede tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en lo que se refiere al Jitter presente en la misma como se muestra en el **Gráfico VI. 80**.

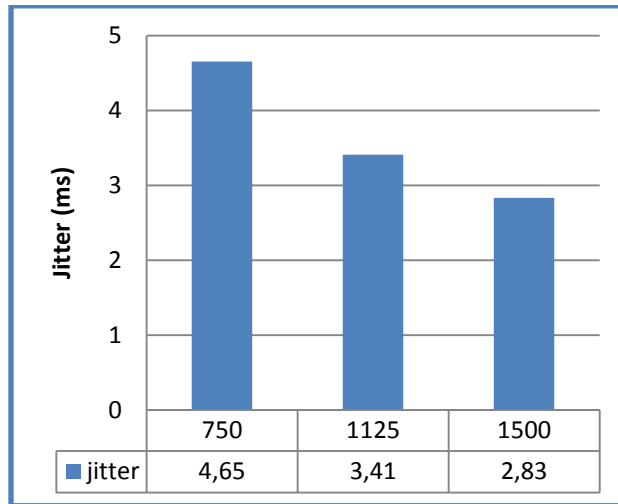


Gráfico VI. 80 Jitter de la red al emular R1 en Equipo 2

En el **Gráfico VI. 80**, se observa los valores del Jitter obtenidos al enviar diferentes tamaños de paquete UDP como 750, 1125 y 1500 bytes utilizando un ancho de banda de 4,99 Mbps, se puede observar claramente que con una trama de 750 bytes se tiene un Jitter de 4,65 ms a diferencia de la trama de 1500 bytes en la cual se tiene un Jitter de 2,83 bytes.

Una vez realizada la captura de datos en emular el router R1 en GNS3 en los diferentes equipos se puede observar que al mejorar las características hardware como Procesador y Memoria RAM de los mismos se obtiene mejores resultados, optimizando así el rendimiento de la red, por este motivo los valores de la latencia, throughput y Jitter de este capítulo serán utilizados posteriormente para realizar el respectivo análisis de rendimiento de la red.

CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Uno de los aspectos más importantes que se deben contemplar en el desarrollo de un proyecto de tesis es el análisis de resultados, los mismos que permiten emitir conclusiones que son muy importantes para la comprobación de la hipótesis.

En este capítulo se analiza los resultados de los escenarios propuestos en los capítulos anteriores, con el fin de establecer diferencias y poder emitir conclusiones sobre el comportamiento de la red de los diferentes escenarios.

7.1. Evaluación de Indicadores

La evaluación de cada uno de los indicadores para ver el rendimiento de la red se realizará en base a la captura de los datos obtenidos en los apartados Captura de Datos de cada uno de los escenarios configurados en los **Capítulos IV, V y VI**.

7.1.1. Latencia

Para el análisis de la latencia se considera el tiempo promedio en (ms) obtenido al enviar una longitud de trama de 1518 bytes en cada uno de los escenarios, debido a que se quiere ver el comportamiento de la red con el tamaño máximo de la trama según el RFC 2544 (20), los valores obtenidos se especifican en la **Tabla VII. XIX**.

Tabla VII. XIX Latencia de la red en los escenarios propuestos

	GNS3	Físico	Interconectividad
Tiempo Promedio (ms)	61	5,33	26,17

El **ITU-T G.114** (22), especifica que el valor recomendado de la Latencia en una red es de 150 ms para que la comunicación sea correcta y por ende el rendimiento de la red sea aceptable; como se puede observar en la **Tabla VII. XIX**, el tiempo promedio de la latencia en los 3 escenarios propuestos en los capítulos anteriores no sobre pasa el límite aceptable de la latencia.

Para una mejor comprensión de los datos, es necesario representarlos gráficamente, con el fin que se pueda tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en lo que se refiere a la latencia presente en la misma como se puede ver en el **Gráfico VII.81**.

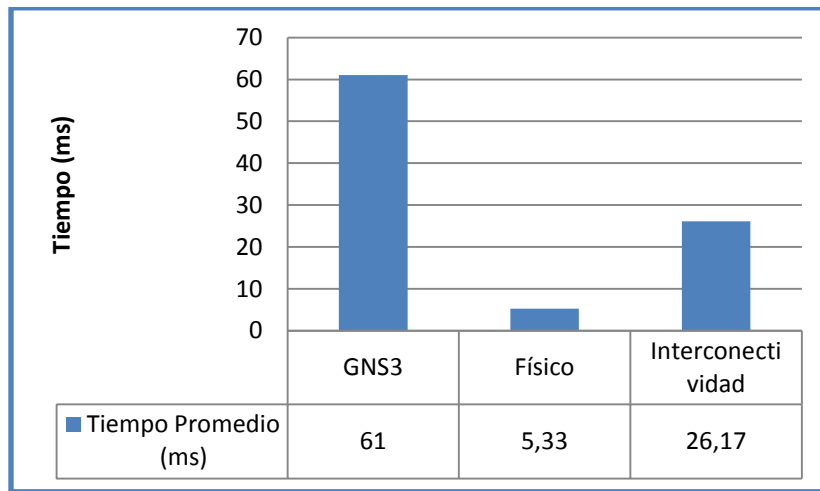


Gráfico VII. 81 Latencia de la red en los escenarios propuestos

En el **Gráfico VII. 81**, se puede visualizar la diferencia de los tiempos promedio de latencia, en la cual se obtiene 61 ms en el escenario emulado en GNS3, 5,33 ms en el escenario emulado con routers físicos y 26,17 ms en el escenario de la interconectividad de routers emulados en GNS3 con routers emulados físicos. Los tres escenarios propuestos se encuentran por debajo del valor máximo de la latencia permitida por la ITU (150 ms).

Para tener una referencia más clara de los valores, es necesario representarlo en porcentajes, como en el ITU-T G.114 el valor máximo de la latencia es 150 ms se le asigna el 100 %, a partir de este valor se obtiene los porcentajes para cada uno de los escenarios planteados, como se describe en la **Tabla VII. XX**.

Tabla VII. XX Porcentaje de Latencia en los escenarios propuestos

	GNS3	Físico	Interconectividad
Latencia (%)	40,67	3,55	17,45

En el **Gráfico VII. 82.** se puede visualizar la diferencia en porcentajes de la latencia obtenida en cada uno de los escenarios propuestos.

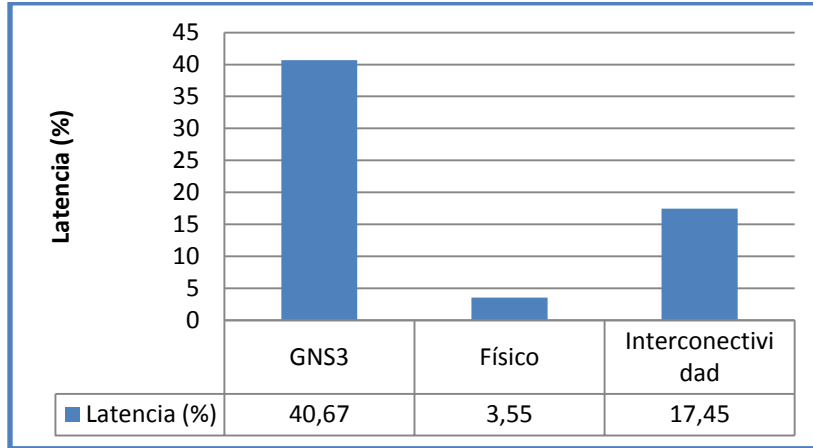


Gráfico VII. 82 Porcentaje de Latencia en los escenarios propuestos

Según la Gráfica y los datos obtenidos se considera que mientras menor sea el valor del porcentaje de la latencia se tiene un mejor comportamiento de la red, tal es el caso del escenario físico con un valor de 3,55%, y del escenario de interconectividad con un valor de 17,45%.

7.1.2. Throughput

Para el análisis del throughput se considera el número de tramas enviadas en un segundo (PPS) en KB obtenidos al enviar un tamaño de paquete UDP de 1500 bytes en cada uno de los escenarios, debido a que se quiere ver el comportamiento de la red con el tamaño máximo del paquete según el RFC 768 (21), los valores que se han obtenido se especifican en la **Tabla VII. XXI.**

Tabla VII. XXI PPS de la red en los escenarios propuestos

	GNS3	Físico	Interconectividad
PPS (KB)	91,33	95,83	95,17

Para una mejor comprensión de los datos obtenidos en los escenarios propuestos es necesario representarlos gráficamente, con el fin que se pueda tener un mejor entendimiento del comportamiento de la red en lo que se refiere al Throughput presente en la misma como se muestra en el **Gráfico VII. 83**.

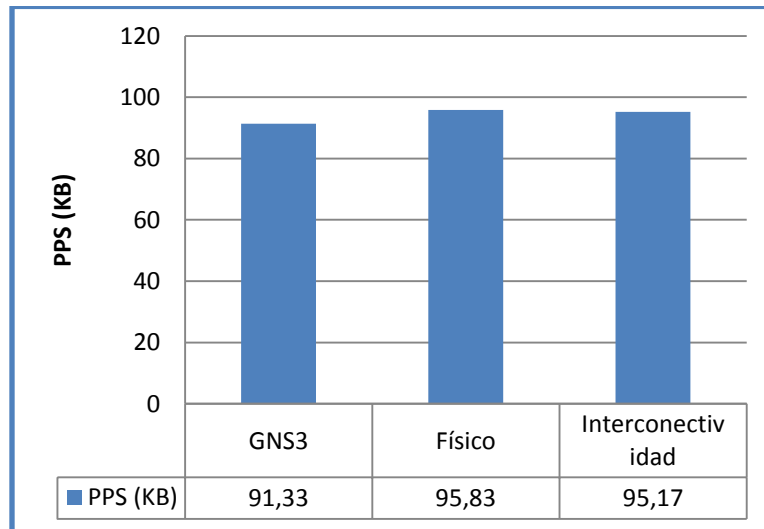


Gráfico VII. 83 PPS de la red en los escenarios propuestos

En el **Gráfico VII. 3**, se puede visualizar el throughput de la red en los tres escenarios propuestos, en los cuales los valores no tienen una diferencia considerable ya que en el escenario en GNS3 se tiene un valor de 91,33, en el escenario con router emulado físicos 95,83 y en el escenario de la Interconectividad de routers en GNS3 con routers emulados físicos se tiene un valor de 95.17

De igual manera para tener una referencia clara sobre los valores obtenidos en cada escenario es necesario representarlos en porcentajes, para lo cual se estimó el valor máximo del throughput obtenido en el escenario físico (escenario de referencia) asignándole un valor de 100 %, a partir de este valor se obtiene los porcentajes para cada uno de los escenarios planteados, como se describe en la **Tabla VII. XXII**.

Tabla VII. XXII Porcentaje de Throughput en los escenarios propuestos

	GNS3	Físico	Interconectividad
Throughput (%)	95,30	100	99,31

En el **Gráfico VII. 84**. se puede visualizar la diferencia en porcentajes del throughput obtenido en cada uno de los escenarios propuestos.

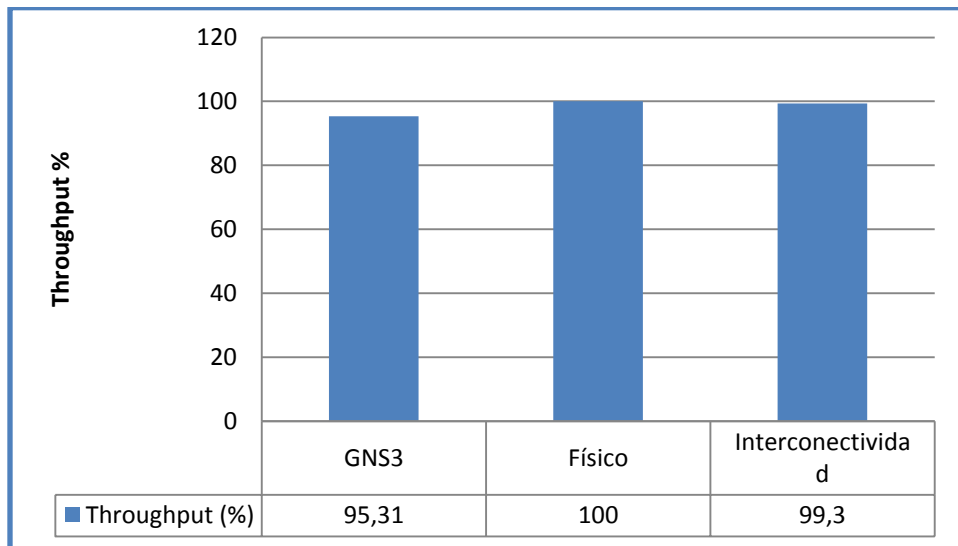


Gráfico VII. 84 Porcentaje de Throughput en los escenarios propuestos

De los resultados obtenidos en el **Gráfico VII. 84**, se considera que mientras mayor sea el número de paquetes enviados en un segundo sin que haya pérdida de los mismos,

se tiene un mejor comportamiento de la red, tal es el caso del escenario físico con un porcentaje de 100 %, y del escenario de interconectividad con un porcentaje de 99,31%.

7.1.3. Jitter

Para este análisis se considerará el valor del Jitter en (ms) obtenidos al enviar un tamaño de paquete UDP de 1500 bytes en cada uno de los escenarios, debido a que se quiere ver el comportamiento de la red con el tamaño máximo del paquete según el RFC 768 (21), los valores obtenidos se especifican en la **Tabla VII. XXIII**.

Tabla VII. XXIII Jitter de la red en los escenarios propuestos

	GNS3	Físico	Interconectividad
Jitter (ms)	3,58	1,08	2,83

El valor recomendado del Jitter en una red es de 20 ms para que la comunicación sea correcta y por ende el rendimiento de la red sea aceptable; como se puede observar en la **Tabla VII. XXIII** el tiempo del Jitter en los 3 escenarios propuestos en los capítulos anteriores no sobre pasa el límite aceptable del Jitter en una red (18).

Para una mejor comprensión de los datos obtenidos en los tres escenarios, es necesario representarlos gráficamente para de esta forma tener un mejor entendimiento sobre el comportamiento de la red en lo que se refiere al Jitter presente en la misma como se muestra en el **Gráfico VII. 85**.

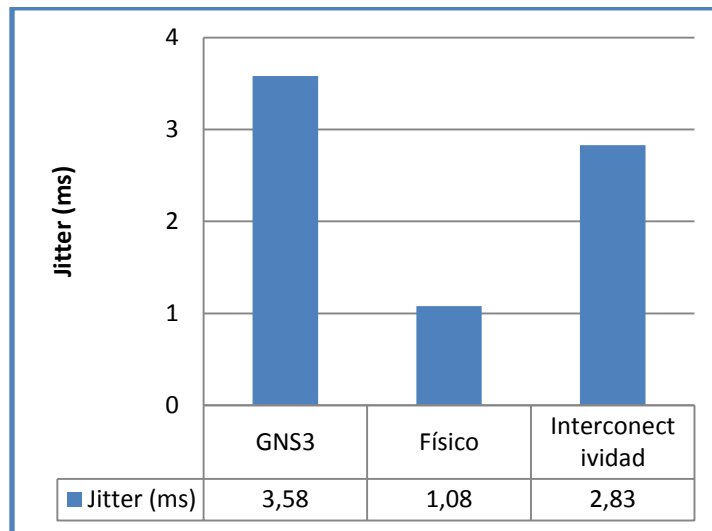


Gráfico VII. 85 Jitter de la red en los escenarios propuestos

En la **Gráfico VII. 85**, se puede visualizar la diferencia de los valores del Jitter obtenidos en cada uno de los escenarios propuestos, los mismos que claramente no tienen una diferencia relevante; es decir en el escenario en GNS3 se tiene un valor de 3,58 ms, en el escenario con routers emulados físicos se tiene un valor de 1,08 ms y en el escenario de la interconectividad de routers emulados en GNS3 con routers emulados físicos se tiene un valor de 2,83 ms.

Para tener una referencia más clara de los valores, es necesario representarlo en porcentaje, como se mencionó anteriormente para un valor aceptable del Jitter se recomienda que no exceda los 20 ms por tal motivo a este valor se le ha asignándole el 100 %, a partir de este valor se obtiene los porcentajes para cada uno de los escenarios planteados, como se describe en la **Tabla VII. XXIV**.

Tabla VII. XXIV Porcentaje de Jitter en los escenarios propuestos

	GNS3	Físico	Interconectividad
Jitter (%)	17,9	5,4	14,15

En el **Gráfico VII. 86**, se puede visualizar la diferencia en porcentajes de los valores del Jitter obtenidos en cada uno de los escenarios propuestos.

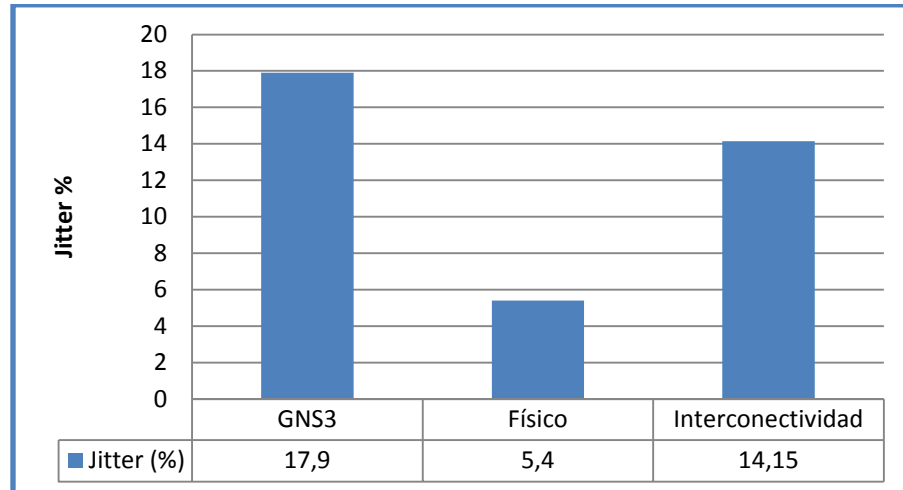


Gráfico VII. 86 Porcentaje de Jitter en los escenarios propuestos

De acuerdo al **Gráfico VII. 86**, se considera que mientras menor sea el valor del porcentaje del Jitter se tiene un mejor comportamiento de la red, tal es el caso del escenario físico con un valor de 5,4%, y del escenario de interconectividad con un valor de 14,15%.

En la **Tabla VII. XXV**, se recopila cada uno de los porcentajes obtenidos del análisis individual de los indicadores de rendimiento de los escenarios propuestos.

Tabla VII. XXV Porcentaje de los indicadores de rendimiento en los escenarios propuestos

	GNS3	Físico	Interconectividad
Latencia (%)	40,67	3,55	17,45
Throughput (%)	95,31	100	99,30
Jitter (%)	17,9	5,4	14,15

Para una mejor comprensión de los datos obtenidos en la **Tabla VII. XXV**, es necesario representarlos gráficamente para de esta forma comprender mejor el comportamiento de la red en base a los indicadores propuestos; considerando que en los indicadores: Latencia y Jitter a menor valor mejor rendimiento de la red, y en el indicador throughput a mayor valor aproximándose al 100% se tendrá un mejor rendimiento como se muestra en el **Gráfico VII. 87**.

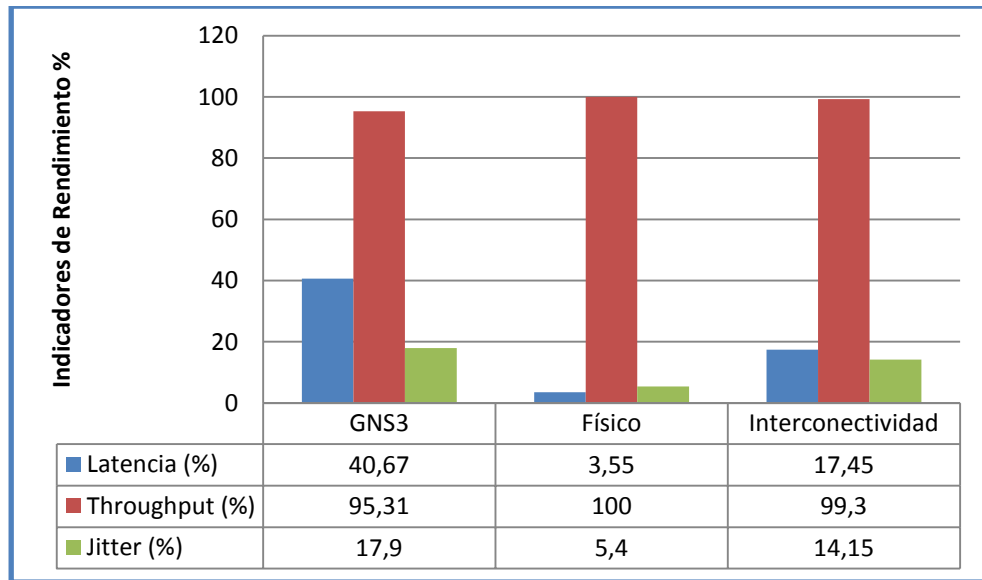


Gráfico VII. 87 Medición de los indicadores de rendimiento en los escenarios propuestos

En el **Gráfico VII. 87**, se presenta los resultados obtenidos en porcentaje del rendimiento de la red de cada uno de los escenarios propuestos, según la infografía presentada se asignado tres colores diferentes para diferenciar cada indicador de rendimiento como son: azul para la Latencia, rojo para el Throughput y verde para el Jitter.

Según los colores establecidos para la representación gráfica de los datos se puede observar claramente el rendimiento de la red en cada escenario, en el cual el escenario físico tiene

mejor rendimiento que el escenario emulado en GNS3; ya que la diferencia entre los valores obtenidos son relativamente significantes.

La diferencia de los valores obtenidos en los escenarios mencionados se debe a que en el primer escenario se está usando un software de emulación por lo que su rendimiento dependerá de los recursos del equipo en el que se está ejecutando, por tal motivo disminuye el rendimiento de la red en cada uno de los indicadores propuestos; a diferencia del segundo escenario que por ser routers emulados físicos se ejecuta a nivel de capa tres del modelo TCP/IP y por tal motivo se tiene mejor rendimiento de la red.

Después de haber llevado a cabo el análisis de los resultados de los dos primeros escenarios, se realiza el análisis del tercer escenario que consta de la Interconectividad de routers emulados en GNS3 con routers emulados físicos, con el objetivo de ver cómo se comporta la red y que rendimiento tiene la misma. En la gráfica se puede observar que al interconectar routers emulados físicos al router emulado en GNS3 que pertenece al tercer escenario (Interconectividad), los valores se aproximan a los obtenidos en el escenario físico.

Cabe mencionar que a pesar que exista diferencia entre los valores obtenidos de los diferentes ambientes de pruebas ninguno de ellos superó los valores máximos de latencia y Jitter; al igual que en el caso del throughput los valores del escenario en GNS3 e interconectividad se aproximan al valor obtenido en el escenario físico tomado como referencia para la medición de este indicador.

7.2. Comprobación de la Hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se ha considerado la diferencia de puntajes obtenidos en cada uno de los escenarios, de acuerdo a los valores especificados en el **ITU-T G.114** como valores máximos para que la red funcione en condiciones aceptables.

En lo que se refiere a la primera prueba realizada: Latencia, según el **ITU-T G.114** para que una red esté en buenas condiciones no debe superar los 150 ms; con el estudio realizado sobre el comportamiento de la red de los escenarios planteados ninguno de ellos superó este valor, sin embargo se pudo comprobar que en el escenario con equipos físicos se obtuvo un porcentaje de 3,55% que es mucho menor al obtenido en el escenario con la interconectividad de routers emulados en GNS3 con routers emulados físicos cuyo porcentaje es de 17,45% teniendo una diferencia de 13,9%, por lo que este indicador de rendimiento de la red se acepta.

Con la ayuda de la herramienta Jperf se toma como referencia el valor de throughput del escenario con routers emulados físicos al cual se le asigna el 100%, mientras que en el escenario con la interconectividad de routers emulados mediante GNS3 con routers emulados físicos es 99,30%, teniendo una diferencia de 0,70% que es un valor no tan considerable por lo que este indicador de rendimiento de la red se acepta.

En lo que se refiere a la prueba del Jitter para que una red esté en buenas condiciones no debe superar los 20 ms; con el estudio realizado sobre el comportamiento de la red de los escenarios planteados ninguno de ellos superó el valor máximo, ya que a un valor más bajo de Jitter se tiene un menor riesgo de cortes en transmisiones de audio o video. Con la ayuda de la herramienta Jperf se demuestra que el porcentaje de Jitter en el escenario con routers emulados físicos es 5,4% mientras que en el escenario con la interconectividad de routers emulados en GNS3 con routers emulados físicos es de 14,15%, teniendo una diferencia de 8,75% por lo que este indicador de rendimiento de la red se acepta.

Por consecuencia al realizar la interconectividad de routers emulados mediante GNS3 con routers emulados físicos, los valores de los indicadores de rendimiento no superan los valores máximos establecidos para una red aceptable, además cumple satisfactoriamente con los Latencia, Jitter y Throughput planteados para la medición del rendimiento de la red, por tal

motivo se puede considerar a la hipótesis como cierta, lo que quiere decir que *“La interconectividad de routers emulados mediante GNS3 con routers emulados físicos ofrecen similar rendimiento a routers emulados físicos y pueden formar parte de una red física”*.

CONCLUSIONES

- GNS3 al ser un software que permite la emulación de routers cisco, característica que no poseen los simuladores como packet tracer, se pudo llevar a cabo la interconexión de routers emulados en GNS3 con routers emulados físicos.
- Con la investigación sobre las características, arquitectura y ventajas que posee el emulador se puede concluir que GNS3 es un programa de código abierto, gratuito para su uso, es muy fácil de instalar y usar; utiliza los IOS de los routers lo que permite interactuar con los equipos y de esta forma configurarlos agregando todas las funcionalidades y potencialidades de router real, sin tener problemas de comandos no reconocidos o no funcionales.
- GNS3, tiene 3 componentes muy importantes como son Dynamips, Dinagen y Qemu los mismo que hacen realidad la emulación de equipos; a pesar que todo el proceso de emulación requiere del consumo de muchos recursos del equipo en el cual se esté ejecutando la aplicación, GNS3 tiene la opción "Idle Pc" el mismo que permite optimizar el consumo del CPU, a pesar de todas las ventajas que posee el emulador, tiene ciertas limitaciones como no poder emular todas las plataformas CISCO que se encuentran en el mercado, pero como es un software que se actualiza constantemente es probable que las limitaciones que se encuentran hoy sean solucionadas.
- Al diseñar e implementar la red formada por routers emulados físicos y analizar el rendimiento de la misma enviando paquetes de diferente tamaño, se pudo observar que los valores de los indicadores propuestos tienen el mejor rendimiento a diferencia del escenario con routers emulados en GNS3 y el escenario que resulta de la interconexión de los emulados en GNS3 con los emulados Físicos.

- Al diseñar e implementar la red formada por routers emulados en GNS3 y analizar el rendimiento de la misma enviando paquetes de diferente tamaño, se pudo observar que los valores de los indicadores Latencia y Jitter son superiores a los valores obtenidos en el escenario de routers emulados Físicos y el escenario que resulta de la interconexión de los emulados en GNS3 con los emulados Físicos; en lo que se refiere al indicador Throughput el valor se aproxima al tomado como referencia, es decir al del escenario físico.
- Al diseñar e implementar la red formada por la interconexión entre routers emulados físicos con routers emulados en GNS3 y analizar el rendimiento de la misma enviando paquetes de diferente tamaño, se pudo observar que los valores de los indicadores propuestos mejoran y se aproximan a los valores obtenidos en el escenario formado con routers emulados físicos; además la interconexión entre los routers emulados con físicos es transparente.
- De las pruebas realizadas se puede concluir que a pesar de las diferencias en los valores de los indicadores de rendimiento entre los tres escenarios propuestos, ninguno de ellos sobre pasa los límites recomendados para que una red sea aceptable según el **UIT-T G.114**, (Latencia 150 ms y Jitter 20 ms). Además el valor del indicador throughput de los tres escenarios no son relativamente diferentes. De igual manera se concluye que con mejores características del equipo en el cual se ejecuta la aplicación GNS3, se tiene mejores resultados de rendimiento.
- El emulador GNS3 puede ser de gran utilidad tanto a nivel empresarial, ya que su uso permite la disminución de equipos, espacio físico y por ende reducción de costos en la implementación de redes; como a nivel académico, debido a que emula equipos ciscos verdaderos de tal forma que permite al estudiante interactuar de manera más real y evitando posibles inconvenientes en las configuraciones por no tener comando disponibles.

RECOMENDACIONES

- Para evitar el consumo excesivo de recursos del equipo en el que se ejecuta GNS3, es necesario prestar atención en habilitar todas las herramientas de optimización de uso de recursos como son: Ghostios, Sparemen y el valor recomendado del Idle-PC de cada uno de los IOS de los routers.
- Para un mejor rendimiento del emulador y por ende de la red emulada es necesario que el software se ejecute en un equipo con buenas características; de ser posible, que sean superiores a las de los equipos con los que se realizó los ambientes de prueba en esta investigación. A nivel empresarial, se aconseja que se use servidores a fin que se pueda tener un mejor rendimiento.
- Crear topologías más complejas que las realizadas en esta investigación, en la cual se incorporen todos los dispositivos que emula GNS3, a fin que se pueda determinar con mayor precisión los recursos necesarios para llevar a cabo la emulación con un buen rendimiento tanto en la red creada como en el equipo que se ejecuta.

RESUMEN

La finalidad de esta tesis es realizar la interconectividad de routers emulados mediante GNS3 con routers emulados físicos, así como su respectivo análisis de rendimiento tomando en consideración indicadores como latencia, throughput y jitter; puesto que se busca una alternativa para la disminución de costos y espacio que ocupan los equipos de enrutamiento dentro de las empresas.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se utiliza el método experimental el cual permite desarrollar ambientes de pruebas para realizar el análisis de rendimiento, para lo cual se emplea herramientas de software como: GNS3 (Graphical Network Simulator), Quagga y Jper siendo este último un generador de tráfico que permite medir cada uno de los indicadores planteados.

La investigación demuestra que los valores de latencia (26,17ms), throughput (95,17 KB) y jitter (2,83ms) en la interconectividad de routers emulados mediante GNS3 con routers emulados físicos se encuentran por debajo de los valores recomendados (150ms, 95,83 KB y 20ms respectivamente) y se aproximan a los valores obtenidos en los routers emulados físicos (5.3ms, 95,83 KB y 1,08ms); habiendo así demostrado que estos routers ofrecen similar rendimiento y pueden ser parte de una red física.

Al utilizar el emulador GNS3, se logró establecer que el comportamiento de la red es más óptimo en un equipo con mejores características hardware, además este emulador puede ser de gran utilidad a nivel empresarial, ya que su uso permite la disminución de equipos, espacio físico y por ende reducción de costos en la implementación de redes.

Se recomienda que para evitar el consumo excesivo de recursos del equipo en el que se ejecuta GNS3, es necesario habilitar el valor recomendado de Idle-PC en los routers.

SUMMARY

The purpose of this thesis is interconnectivity of routers emulated by GNS3 with physical emulated routers, as well their respective performance analysis taking into account indicators such as latency, throughput and jitter, since it seeks an alternative for cost reduction and space the routing equipment within companies.

To meet the research objectives the experimental method it is used which allows to develop test environments which would help us perform a performance analysis, for which we use software tools like: GNS3 (Graphical Network Simulator), Quagga and Jperf been this last one a traffic generator which allow us to measure each of the indicators proposed.

The research shows that the values of latency (26.17 ms), throughput (95.17 KB) and jitter (2.83 ms) in the interconnectivity with routers emulated by GNS3 with physical emulated routers are below the recommended values (150ms, 95.83 KB and 20ms respectively) and are close to the values obtained in the physical emulated routers (5.3ms, 95.83 KB and 1.08ms), having shown that these routers offer same performance and can be part of a physical network.

When using the GNS3 emulator, it was proved that the behavior of the network is more optimal on a computer with better hardware features, also this emulator can also be very useful both entrepreneurial, because its use allows decreasing of equipment, physical space and therefore cost reduction in the implementation of networks.

It is recommended to avoid excessive resource consumption of the computer on which you run GNS3; you must enable the recommended value of Idle-PC on the routers.

GLOSARIO

Buffer	Un buffer (o búfer) es un espacio de memoria, en el que se almacenan datos para evitar que el programa o recurso que los requiere, ya sea hardware o software, se quede sin datos durante una transferencia.
Emulador	Un emulador es un programa destinado a recrear internamente el funcionamiento de una arquitectura diferente a aquella en que se ejecuta. El emulador no es más que un programa sin partes hardware que utilizando los recursos de la máquina donde se ejecuta, simula el comportamiento de un equipo real.
Ethernet	Ethernet es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda CSMA/CD. CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones.
Fast Ethernet	Fast Ethernet o Ethernet de alta velocidad es el nombre de una serie de estándares de IEEE de redes Ethernet de 100 Mbps (megabits por segundo).
GNS3	GNS3 es un emulador gráfico de la red que permite la emulación de redes complejas.
Hardware	Hardware se refiere a todas las partes tangibles de un sistema informático; sus componentes son: eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos. ¹ Son cables, gabinetes o cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico involucrado.

ICMP	ICMP (Protocolo de mensajes de control de Internet) es un protocolo que permite administrar información relacionada con errores de los equipos en red.
Interconexión	La interconexión constituye una técnica que responde a la necesidad de hacer interactuar las distintas infraestructuras (redes) con tecnologías y diseños diferentes, con la finalidad que los usuarios conectados perciban el servicio como si se tratara de una sola red.
Iperf	Iperf es una herramienta que se utiliza para hacer pruebas en redes informáticas. El funcionamiento habitual es crear flujos de datos TCP y UDP y medir el rendimiento de la red
Iptables	Iptables es una herramienta de cortafuegos que permite no solamente filtrar paquetes, sino también realizar traducción de direcciones de red (NAT) para IPv4 o mantener registros de log.
LAN	Una red de área local, red local o LAN (del inglés Local Área Network) es la interconexión de varias computadoras y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros.
NVRAM	Consiste en una memoria alimentada por una batería o pila de litio que almacena información indexada a partir de parámetros de esta manera se puede acceder rápidamente a la información de configuración al arrancar el equipo. En los routers se utiliza, para almacenar un archivo de configuración de respaldo/inicio
Ping	Ping es un comando que comprueba el estado de la conexión del host local con uno o varios equipos remotos de una red TCP/IP por medio del envío de paquetes ICMP de solicitud y de respuesta

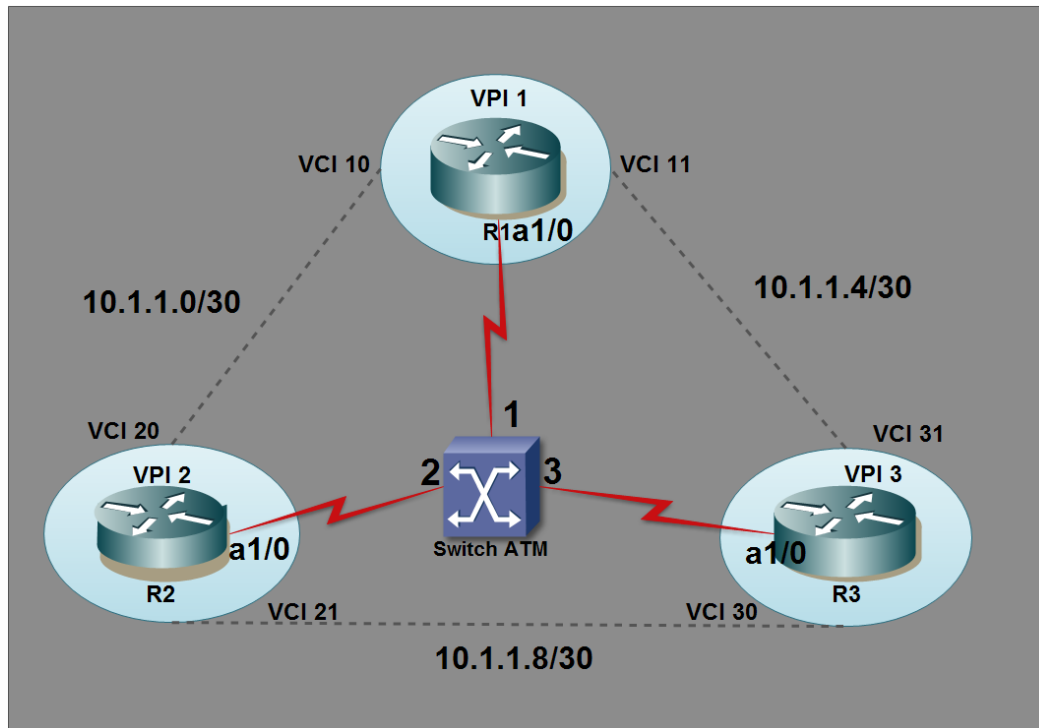
Router	Un Router es un dispositivo hardware o software para la interconexión de redes de computadoras que opera en la capa tres (nivel de red) del modelo OSI. Toma decisiones (basado en diversos parámetros) con respecto a la mejor ruta para el envío de datos a través de una red interconectada.
RTP	RTP (Protocolo de Transporte de Tiempo real), es utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y vídeo en una videoconferencia.
Simulación	La simulación es una técnica que imita el funcionamiento de un sistema del mundo real para entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias.
Software	Software es un equipamiento lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas.
Telnet	Telnet es un protocolo de red que se utiliza para acceder a una computadora y manejarla de forma remota. El término también permite nombrar al programa informático que implementa el cliente.
Topología	La topología de una red es el arreglo físico o lógico en el cual los dispositivos o nodos de una red (e.g. computadoras, impresoras, servidores, hubs, switches, enrutadores, etc.) se interconectan entre sí sobre un medio de comunicación.
WAN	Una red WAN, es un tipo de red de computadoras capaz de cubrir distancias desde unos 100 hasta unos 1000 km, proveyendo de servicio a un país o un continente o cualquier red en la cual no estén en un mismo edificio todos sus miembros.

ANEXOS

CONFIGURACIÓN DE ATM

DISEÑO DEL ESCENARIO

Para implementar ATM se utilizará el siguiente escenario:



DIRECCIONAMIENTO IP

A continuación se detalla el direccionamiento IP de cada uno de los equipos descritos en el diseño del escenario.

Router Origen	Router Destino	IP Origen	IP Destino	Puerto	VPI Origen	VPI Destino	VCI Origen	VCI Destino
R1	R2	10.1.1.1	10.1.1.2	1	1	2	10	20
R1	R3	10.1.1.5	10.1.1.6	1	1	3	11	31
R2	R1	10.1.1.2	10.1.1.1	2	2	1	20	10
R2	R3	10.1.1.9	10.1.1.10	2	2	3	21	30
R3	R1	10.1.1.6	10.1.1.5	3	3	1	31	11
R3	R2	10.1.1.10	10.1.1.9	3	3	2	30	21

CONFIGURACIÓN DE ATM

En el switch ATM se debe agregar tanto el VCI, VPI origen y destino así como el puerto que se encuentra especificado en la tabla de direccionamiento:

Puerto:VPI:VCI	Puerto:VPI:VCI
1:1:10	1:2:20
1:1:11	1:3:31
2:2:20	2:1:10
2:2:21	2:3:30
3:3:30	3:2:21
3:3:31	3:1:11

Router R1

```
R1#configure terminal
```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

```
R1(config)#interface atm1/0
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

```
R1(config-if)#
```

```
*May 3 12:54:05.935: %LINK-3-UPDOWN: Interface ATM1/0, changed state to up
```

```
*May 3 12:54:06.935: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface ATM1/0, changed state to up
```

```
R1(config-if)#exit
```

```
R1(config)#interface atm1/0.10 point-to-point
R1(config-subif)#ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
R1(config-subif)#pvc 1/10
R1(config-if-atm-vc)#protocol ip 10.1.1.2 broadcast
R1(config-if-atm-vc)#encapsulation aal5snap
R1(config-if-atm-vc)#exit
R1(config)#interface atm1/0.11 point-to-point
R1(config-subif)#ip address 10.1.1.5 255.255.255.252
R1(config-subif)#pvc 1/11
R1(config-if-atm-vc)#protocol ip 10.1.1.6 broadcast
R1(config-if-atm-vc)#encapsulation aal5snap
R1(config-if-atm-vc)#exit
R1(config-subif)#exit
R1(config)#
```

Router 2

```
R2#configure terminal
```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

```
R2(config)#interface atm1/0
```

```
R2(config-if)#no shutdown
```

```
R2(config-if)#
```

```
*May 3 12:54:05.935: %LINK-3-UPDOWN: Interface ATM1/0, changed state to up
```

```
*May 3 12:54:06.935: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface ATM1/0, changed
state to up
```

```
R2(config-if)#exit
```

```
R2(config)#interface atm1/0.20 point-to-point
```

```
R2(config-subif)#ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
```

```
R2(config-subif)#pvc 2/20
R2(config-if-atm-vc)#protocol ip 10.1.1.1 broadcast
R2(config-if-atm-vc)#encapsulation aal5snap
R2(config-if-atm-vc)#exit
R2(config-subif)#exit
R2(config)#
R2(config)#interface atm1/0.21 point-to-point
R2(config-subif)#ip address 10.1.1.9 255.255.255.252
R2(config-subif)#pvc 2/21
R2(config-if-atm-vc)#protocol ip 10.1.1.10 broadcast
R2(config-if-atm-vc)#encapsulation aal5snap
R2(config-if-atm-vc)#exit
R2(config-subif)#exit
R2(config)#
```

Router R3

```
R3#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#interface atm1/0
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#
*May 3 12:54:05.935: %LINK-3-UPDOWN: Interface ATM1/0, changed state to up
*May 3 12:54:06.935: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface ATM1/0, changed
state to up
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface atm1/0.30 point-to-point
R3(config-subif)#ip address 10.1.1.10 255.255.255.252
```

```

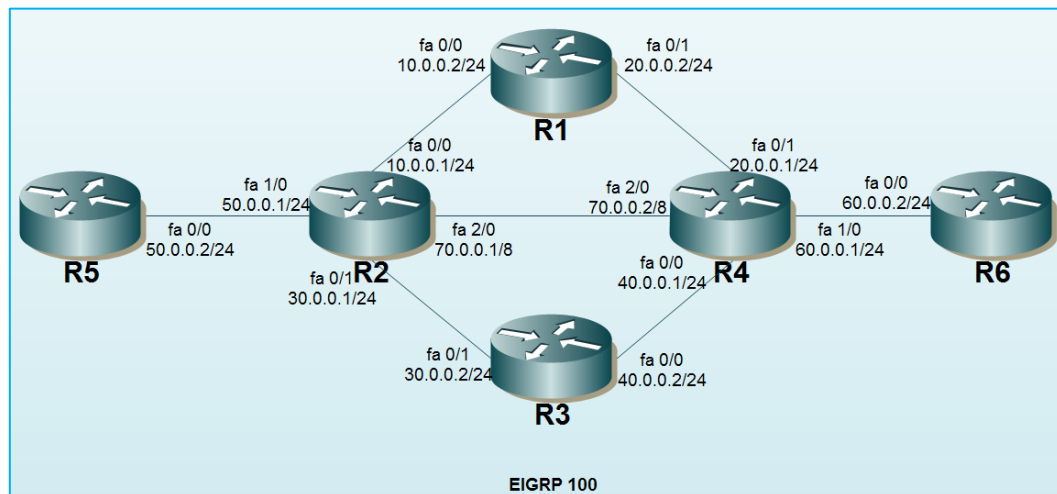
R3(config-subif)#pvc 3/30
R3(config-if-atm-vc)#protocol ip 10.1.1.9 broadcast
R3(config-if-atm-vc)#encapsulation aal5snap
R3(config-if-atm-vc)#exit
R3(config-subif)#exit
R3(config)#
R3(config)#interface atm1/0.31 point-to-point
R3(config-subif)#ip address 10.1.1.6 255.255.255.252
R3(config-subif)#pvc 3/31
R3(config-if-atm-vc)#protocol ip 10.1.1.5 broadcast
R3(config-if-atm-vc)#encapsulation aal5snap
R3(config-if-atm-vc)#exit
R3(config-subif)#exit
R3(config)#

```

CONFIGURACIÓN DE MPLS

DISEÑO DEL ESCENARIO

Para implementar MPLS se utilizará el siguiente escenario:



DIRECCIONAMIENTO IP

A continuación se detalla el direccionamiento IP de cada uno de los equipos descritos en el diseño del escenario.

DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	DIRECCIÓN IP/CIDR
R1	f0/0	10.0.0.2/24
	f0/1	20.0.0.2/24
R2	f0/0	10.0.0.1/24
	f0/1	30.0.0.1/24
	f1/0	50.0.0.1/24
	f2/0	70.0.0.1/24
R3	f0/0	40.0.0.2/24
	f0/1	30.0.0.2/24
R4	f0/0	40.0.0.1/24
	f0/1	20.0.0.1/24
	f1/0	60.0.0.1/24
	f2/0	70.0.0.2/24
R5	f0/0	50.0.0.2/24
R6	f0/0	60.0.0.2/24

CONFIGURACIÓN DE MPLS

Para realizar la configuración de MPLS en los routers es necesario tener la imagen IOS: **c3660-jk9o3s-mz.124-17.bin**

A continuación se detalla la configuración de las interfaces e EIGRP en cada uno de los routers:

R1:

```
R1#configure terminal
```

```
R1(config)#interface f0/0
```

```
R1(config-if)#ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```



```
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface f0/1
R1(config-if)#ip address 20.0.0.2 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#router eigrp 100
R1(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.255
R1(config-router)#network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

R2:

```
R2#configure terminal
R2(config)#interface f0/0
R2(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface f0/1
R2(config-if)#ip address 30.0.0.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface f1/0
R2(config-if)#ip address 50.0.0.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface f2/0
R2(config-if)#ip address 70.0.0.1 255.255.255.0
```

```
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit
R2(config)#router eigrp 100
R2(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.255
R2(config-router)#network 30.0.0.0 0.0.0.255
R2(config-router)#network 50.0.0.0 0.0.0.255
R2(config-router)#network 70.0.0.0 0.0.0.255
```

R3:

```
R3#configure terminal
R3(config)#interface f0/0
R3(config-if)#ip address 40.0.0.2 255.255.255.0
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface f0/1
R3(config-if)#ip address 30.0.0.2 255.255.255.0
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#exit
R3(config)#router eigrp 100
R3(config-router)#network 30.0.0.0 0.0.0.255
R3(config-router)#network 40.0.0.0 0.0.0.255
```

R4:

```
R4#configure terminal
R4(config)#interface f0/0
R4(config-if)#ip address 40.0.0.1 255.255.255.0
```

```
R4(config-if)#no shutdown
R4(config-if)#exit
R4(config)#interface f0/1
R4(config-if)#ip address 20.0.0.1 255.255.255.0
R4(config-if)#no shutdown
R4(config-if)#exit
R4(config)#interface f1/0
R4(config-if)#ip address 60.0.0.1 255.255.255.0
R4(config-if)#no shutdown
R4(config-if)#exit
R4(config)#interface f2/0
R4(config-if)#ip address 70.0.0.2 255.255.255.0
R4(config-if)#no shutdown
R4(config-if)#exit
R4(config)#router eigrp 100
R4(config-router)#network 20.0.0.0 0.0.0.255
R4(config-router)#network 40.0.0.0 0.0.0.255
R4(config-router)#network 60.0.0.0 0.0.0.255
R4(config-router)#network 70.0.0.0 0.0.0.255
```

R5:

```
R5#configure terminal
R5(config)#interface f0/0
R5(config-if)#ip address 50.0.0.2 255.255.255.0
R5(config-if)#no shutdown
```

```
R5(config-if)#exit
```

```
R5(config)#router eigrp 100
```

```
R5(config-router)#network 50.0.0.0 0.0.0.255
```

R6:

```
R6#configure terminal
```

```
R6(config)#interface f0/0
```

```
R6(config-if)#ip address 60.0.0.2 255.255.255.0
```

```
R6(config-if)#no shutdown
```

```
R6(config-if)#exit
```

```
R6(config)#router eigrp 100
```

```
R6(config-router)#network 60.0.0.0 0.0.0.255
```

Para verificar la configuración se debe ejecutar el comando “**show ip route**” en cada router (R1, R2, R3, R4, R5, R6). Por ejemplo en el R1 se tiene:

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

D    50.0.0.0/8 [90/30720] via 10.0.0.1, 00:06:50, FastEthernet0/0
D    70.0.0.0/8 [90/30720] via 20.0.0.1, 00:06:54, FastEthernet0/1
       [90/30720] via 10.0.0.1, 00:06:54, FastEthernet0/0
D    20.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    20.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
D    20.0.0.0/8 is a summary, 00:07:03, Null0
D    40.0.0.0/8 [90/30720] via 20.0.0.1, 00:06:54, FastEthernet0/1
D    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    10.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
D    10.0.0.0/8 is a summary, 00:07:06, Null0
D    60.0.0.0/8 [90/30720] via 20.0.0.1, 00:06:53, FastEthernet0/1
D    30.0.0.0/8 [90/30720] via 10.0.0.1, 00:06:56, FastEthernet0/0
```

Para comprobar adyacencias con vecinos generados por EIGRP se debe ejecutar el comando "show ip eigrp neighbors". Por ejemplo en el router R1 se tiene:

```
R1#show ip eigrp neighbors
IP-EIGRP neighbors for process 100
H   Address                Interface    Hold Uptime   SRTT   RTO  Q  Seq
   (sec)                  (ms)
---  ---                ---  ---  ---  ---  ---
1   20.0.0.1              Fa0/1       14 00:04:17   72   972  0  21
0   10.0.0.1              Fa0/0       13 00:04:20  105   630  0  26
```

A continuación se realiza pruebas de conectividad por ejemplo desde el R5 hasta el R6.

```
R5#ping 60.0.0.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 60.0.0.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 424/536/696 ms
```

Para correr MPLS en cada uno de los routers debe ejecutar el siguiente comando "ip cef" sobre cada router:

```
R1(config)#ip cef
```

```
R2(config)#ip cef
```

```
R3(config)#ip cef
```

```
R4(config)#ip cef
```

```
R5(config)#ip cef
```

```
R6(config)#ip cef
```

Ahora se debe habilitar MPLS sobre cada interfaz de cada router:

R1:

```
R1(config)#interface f0/0
```

```
R1(config-if)#mpls ip
```

```
R1(config-if)#exit
```

```
R1(config)#interface f0/1
```

```
R1(config-if)#mpls ip
```

R1(config-if)#exit

R2:

R2(config)#interface f0/0

R2(config-if)#mpls ip

R2(config-if)#exit

R2(config)#interface f0/1

R2(config-if)#mpls ip

R2(config-if)#exit

R2(config)#interface f1/0

R2(config-if)#mpls ip

R2(config-if)#exit

R2(config)#interface f2/0

R2(config-if)#mpls ip

R2(config-if)#exit

R3:

R3(config)#interface f0/0

R3(config-if)#mpls ip

R3(config-if)#exit

R3(config)#interface f0/1

R3(config-if)#mpls ip

R3(config-if)#exit

R4:

R4(config)#interface f0/0

R4(config-if)#mpls ip

R4(config-if)#exit

R4(config)#interface f0/1

R4(config-if)#mpls ip

R4(config-if)#exit

R4(config)#interface f1/0

R4(config-if)#mpls ip

R4(config-if)#exit

R4(config)#interface f2/0

R4(config-if)#mpls ip

R4(config-if)#exit

R5:

R5(config)#interface f0/0

R5(config-if)#mpls ip

R5(config-if)#exit

R6:

R6(config)#interface f0/0

R6(config-if)#mpls ip

R6(config-if)#exit

Para visualizar las interfaces en donde está corriendo MPLS se debe ejecutar el comando "**show mpls interfaces**". Por ejemplo en el R1 se tiene:

```
R1#show mpls interfaces
Interface          IP                Tunnel  Operational
FastEthernet0/0    Yes (ldp)         No      Yes
FastEthernet0/1    Yes (ldp)         No      Yes
```

Para comprobar las relaciones entre los vecinos de cada router se debe ejecutar el comando "show mpls ldp neighbor". Por ejemplo en el R1 se tiene:

```
R1#show mpls ldp neighbor
Peer LDP Ident: 70.0.0.1:0; Local LDP Ident 20.0.0.2:0
TCP connection: 70.0.0.1.44847 - 20.0.0.2.646
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 18/21; Downstream
Up time: 00:06:02
LDP discovery sources:
  FastEthernet0/0, Src IP addr: 10.0.0.1
Addresses bound to peer LDP Ident:
  10.0.0.1      30.0.0.1      50.0.0.1      70.0.0.1
Peer LDP Ident: 70.0.0.2:0; Local LDP Ident 20.0.0.2:0
TCP connection: 70.0.0.2.62696 - 20.0.0.2.646
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 18/20; Downstream
Up time: 00:05:58
LDP discovery sources:
  FastEthernet0/1, Src IP addr: 20.0.0.1
Addresses bound to peer LDP Ident:
  40.0.0.1      20.0.0.1      60.0.0.1      70.0.0.2
```


BIBLIOGRAFÍA

1. TUTORIAL GNS3 ESPAÑOL

http://iloo.files.wordpress.com/2009/07/gns3-0-4-1_documentation_spanish.pdf

2012-10-07

2. DYNAMIPS

<http://www.gns3.net/dynamips/>

2012-10-07

3. DYNAGEN

<http://dynagen.org/>

2012-10-18

4. QEMU

http://wiki.qemu.org/Main_Page

2012-10-18

5. USO DE CPU Y MEMORIA

<http://www.gns3.net/gns3-memory-cpu-usage/>

2012-11-05

6. APRENDIENDO A CONSTRUIR REDES INFORMÁTICAS Y A PROYECTAR APLICACIONES WEB

<http://webnetarchitect.wordpress.com/tag/gns3/>

2012-11-05

7. AÑADIR HOSTS VIRTUALES A TOPOLOGÍAS DE RED DE GNS3

<http://rm-rf.es/anadir-hosts-virtuales-a-topologias-de-red-de-gns3/>

2012-11-12

8. QEMU

<http://qemu.weilnetz.de/qemu-doc.html#QEMU-PC-System-emulator>

2012-12-14

9. AGREGAR QEMU HOST (MICROCORE) EN GNS3

<http://delfirosales.blogspot.com/2012/02/agregar-qemu-host-microcore-en-gns3.html>

2012-12-14

10. VIRTUALBOX

www.punto-libre.org/2012/11/integracion-de-virtualbox-en-gns3-para.html

2012-11-13

11. GUÍA PRÁCTICA GNS3

http://estiloasertivo.16mb.com/data/_uploaded/file/Education/Gu%C3%ADa%20Pr%C3%A1ctica%20GNS3.pdf

2012-11-15

12. DOCUMENTACIÓN SOBRE GNS3

http://iloo.files.wordpress.com/2009/07/gns3-0-4-1_documentation_spanish.pdf

2012-11-15

13. RFC 1242

<http://www.normes-internet.com/normes.php?rfc=rfc1242&lang=es>

2012-12-13

14. REDES DE COMPUTADORAS

<http://www.ie.itcr.ac.cr/faustino/Redes/Clase9/4.4EthernetConmutada.pdf>

2012-14-12

15. RTT ROUND TRIP TIME

<http://searchnetworking.techtarget.com/definition/round-trip-time>

2012-12-10

16. THROUGHPUT

<http://elticus.com/diccionario/Throughput.html>

2012-23-11

17. JITTER

http://www.voipforo.com/QoS/QoS_Jitter.php

2012-11-25

18. CALIDAD VOZ IP

http://www.ermes.com/soporte/documentacion/Todos/AQCT_32/Web/Servidor_Trafico/Calidad_Voz_Ip.htm

2013-01-22

19. IPERF

<http://openmaniak.com/es/iperf.php>

2013-01-25

20. RFC 2544

<http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>

2012-11-28

21. RFC 768

<http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>

2012-11-28

22. ITU G.114

<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.114-200305-l/es>

2013-01-10