

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CALIDAD DE SERVICIO EN REDES METRO-ETHERNET
ÓPTICAS**

ANEXOS



**SORAYA LILIANA BOLAÑOS RENGIFO
CLARA INES CHILITO CAICEDO**

Director: Ing. Esp. Alejandro Toledo Tovar

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones - GNTT
Línea de investigación: Gestión Integrada de Redes, Servicios y Arquitecturas de Telecomunicaciones
Popayán
2008**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CALIDAD DE SERVICIO EN REDES METRO-ETHERNET
ÓPTICAS**

ANEXOS

**SORAYA LILIANA BOLAÑOS RENGIFO
CLARA INES CHILITO CAICEDO**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

Director: Ing. Esp. Alejandro Toledo Tovar

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones - GNTT
Línea de investigación: Gestión Integrada de Redes, Servicios y Arquitecturas de Telecomunicaciones
Popayán
2008**

ANEXOS

ANEXO A - DEFINICIÓN DEL MODELO DE RED METRO ETHERNET ÓPTICA.....	1
ANEXO B - SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN.....	8
ANEXO C - CONFIGURACION DETALLADA DE LOS ESCENARIOS BÁSICOS DE LA SIMULACIÓN	15
ANEXO D-DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN	25
Parte 1: Gráficas correspondientes a las pruebas 3 y 4 del Escenario 1	25
Parte 2: Gráficas correspondientes a las pruebas 3, 4 y 5 del Escenario 2.	32

ANEXO A - DEFINICIÓN DEL MODELO DE RED METRO ETHERNET ÓPTICA

La definición del modelo de red Metro Ethernet se basó en la búsqueda de información de modelos de redes en los que se implementan VLANs, mecanismo aplicado para proporcionar calidad de servicio en este tipo de redes.

A continuación se describen algunas prácticas de laboratorio y un proyecto, en los que se fundamentó la definición del Modelo de Red Metro Ethernet:

1. "Práctica 3: Redes de Área Local Virtuales" [60]:

En la Figura A.1 se observa el modelo de red¹, el objetivo de este trabajo es brindar información relacionada con el funcionamiento de VLANs. La implementación de VLANs proporciona descongestión en la red y mantienen los tiempos de respuesta de las aplicaciones dentro de los límites de calidad de servicio.

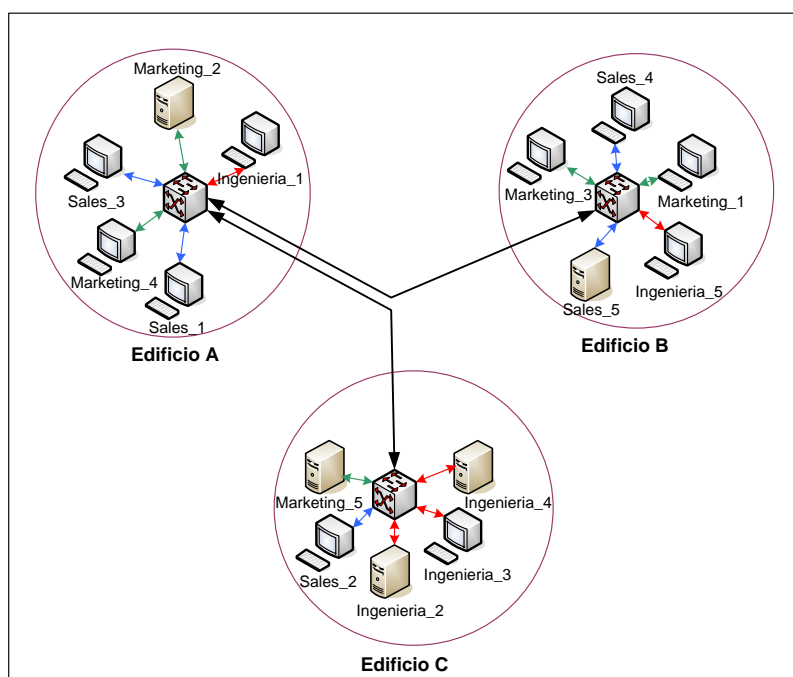


Figura A.1 Modelo de Red Práctica VLANs [60]

Este modelo de red está conformado por 3 switches Ethernet (Building_A, Building_B y Building_C, estos edificios tienen usuarios pertenecientes a diferentes divisiones como: ingeniería, marketing y ventas), estos switches están interconectados por enlaces 100 BaseT, en cada edificio hay terminales y servidores Ethernet interconectados por enlaces 10 BaseT.

¹ Este modelo de red se encuentra disponible en la herramienta de simulación OPNET IT GURU.

Los servidores tienen las siguientes aplicaciones: Base de datos, http, ftp e email. Se tiene grupos de usuarios haciendo uso de ftp e email a través de las estaciones de trabajo.

En este trabajo se desarrollan dos escenarios: uno de ellos estudia el rendimiento de los switches en la red Ethernet y el otro escenario mejora el rendimiento de los switches, mediante la configuración de las VLANs.

La cantidad de datos enviada por las estaciones en los dos escenarios es la misma, debido a que los perfiles y las aplicaciones son los mismos en los dos escenarios.

1.1 Escenario sin Configuración de VLANs

En este escenario no se configuran VLANs, en los atributos de los switches se asigna No VLAN en el parámetro de VLAN.

Se ejecuta la simulación y se analizan las estadísticas correspondientes a los tiempos de respuesta de las aplicaciones de Email y FTP tal y como son observadas desde el usuario final, así como las estadísticas del throughput de los switches, Figura A.2.

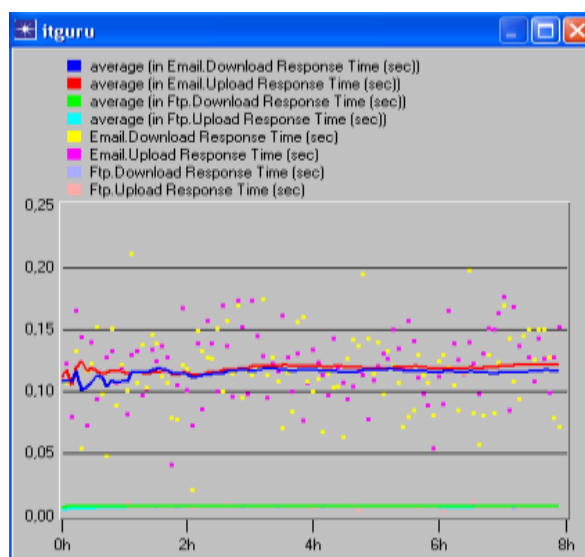


Figura A.2 Tiempo de Respuesta de las Aplicaciones.

También se observa a nivel del switch del edificio A, el Tráfico recibido y el Tráfico reenviado (forwarded) en bits/seg, Figura A.3.

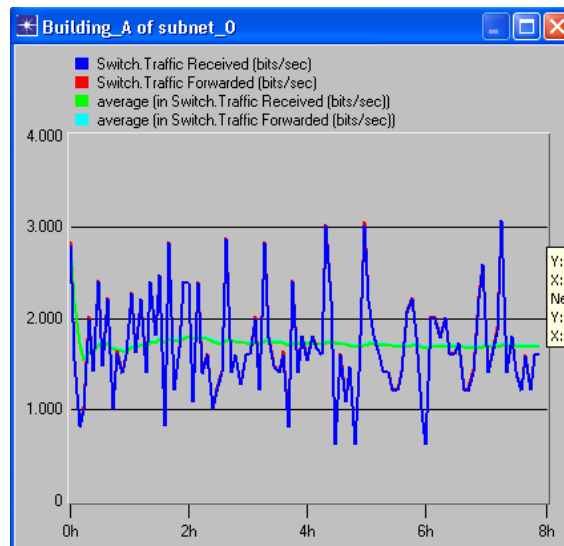


Figura A.3 Tráfico Recibido y Tráfico Reenviado.

1.2 Escenario con implementación de VLANs

Para configurar las VLANs en los switches, se asigna Port-based VLAN, específicamente en el parámetro de VLAN (atributo del switch). Se definen 3 VLANs con las aplicaciones y perfiles del escenario anterior.

Se ejecuta la simulación y se analizan las estadísticas correspondientes a los tiempos de respuesta de las aplicaciones de Email y FTP tal y como son observadas desde el usuario final, así como las estadísticas del throughput de los switches. Se comparan las estadísticas obtenidas con y sin VLANs, Figura A.4.

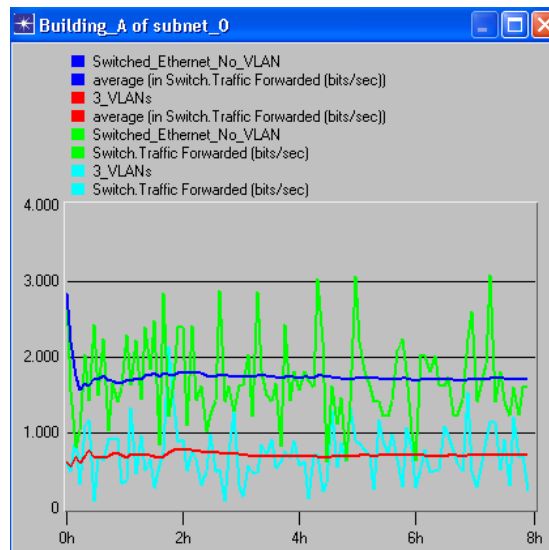


Figura A.4 Tiempo de respuesta de las Aplicaciones

De la Figura anterior se puede observar que el throughput del switch se ha reducido considerablemente debido a la configuración de VLANs.

Los tiempos de respuesta de aplicación para el Email y el FTP no han cambiado mucho a pesar de que los switches se han liberado de bastante trabajo, debido a los retardos en las colas en los enlaces (retardo de encolamiento), Figura A.5.

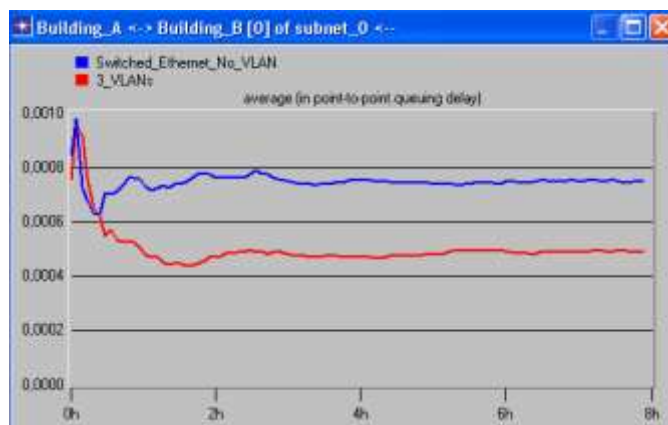


Figura A.5 Retardo de Encolamiento

De la Figura A.5 se observa que hay una gran diferencia en los valores del retardo de encolamiento con y sin VLANs.

En un perfil de aplicaciones que el tráfico cause congestión de los switches (las colas se llenan y se descartan paquetes provocando un aumento considerable de tráfico debido a retransmisiones) la configuración con VLANs habría tenido un impacto significativo sobre el tiempo de respuesta de las aplicaciones.

2. "Security Labs in OPNET IT Guru - Lab:7 VLAN" [61] :

En la Figura A.6 se observa uno de los escenarios planteados en este trabajo, aquí se muestra la implementación de VLANs mediante switches, las VLANs se utilizan para reducir el tráfico, y se manejan diferentes tipos de aplicaciones como Database Access, File Transfer, Email.

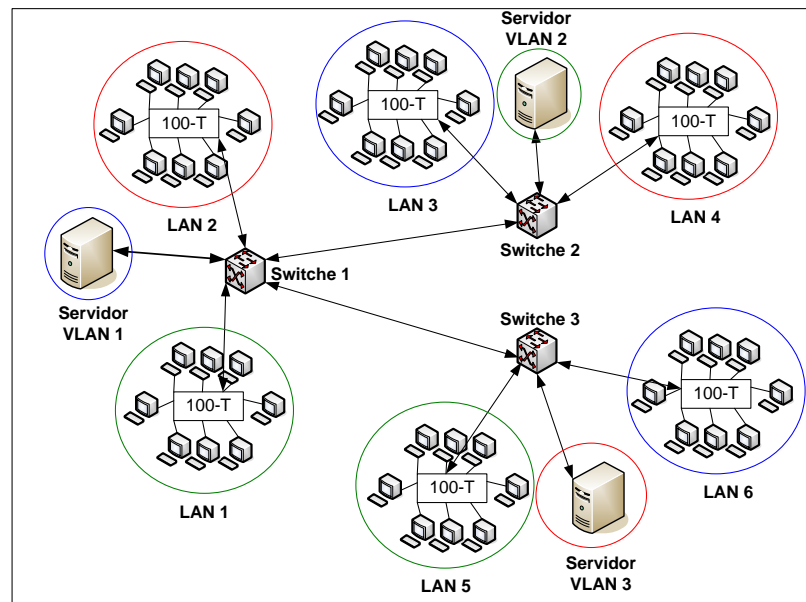


Figura A.6 Modelo de Red [61]

Este modelo de red se compone de los siguientes elementos:

- 6 LANs 100 BaseT_LAN
- 3 switches ethernet16_switch
- 1 control Application Config
- 1 control Profile Config
- 3 ethernet_server
- Enlaces 100BaseT

Se implementan 3 VLANs: colores rojo, verde y azul

- VLAN Roja: LAN 2, LAN 4 y servidor VLAN 2.
- VLAN Verde: LAN 1, LAN 5 y Servidor VLAN 3.
- VLAN Azul: LAN 3, LAN 6 y servidor VLAN 1.

Las VLANs son separadas con switches; cada una consiste de 2 LAN con 10 estaciones de trabajo .y un servidor. El throughput punto a punto entre los switches es dividido en 3, Figura A.7.

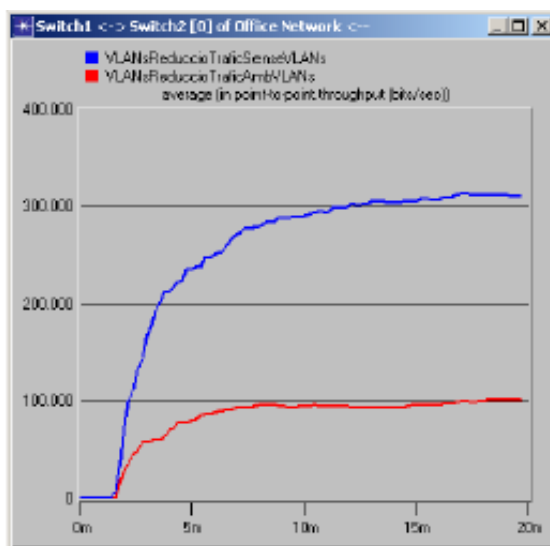


Figura A.7 Throughput

3. Proyecto "Experiencias con Redes Privadas Virtuales de Nivel 2 sobre una infraestructura óptica metropolitana de IP sobre DWDM" [62]:

El proyecto PREÁMBULO (Prototipo de red multiservicio de muy altas prestaciones basada en IPv4/IPv6 sobre multiplexación por longitud de onda) es un proyecto perteneciente al plan nacional I+D+I 2000-2003 del MCyT, que plantea la instalación, configuración y operación de una red de investigación de fibra óptica en la Comunidad de Madrid, que proporcione un servicio de transporte de datos utilizando IP directamente sobre DWDM, entre los tres nodos de la red: la Universidad Carlos III de Madrid, la Universidad Politécnica de Madrid y Telefónica I+D.

El principal objetivo de este proyecto es el de desplegar una infraestructura de red óptica y experimentar con servicios IP entre las que se encuentran:

- Tráfico Multicast.
- Calidad de Servicio (QoS).
- IP sobre WDM.
- Ingeniería de tráfico.
- Prestaciones de los GigaSwitch Routers.
- Interoperabilidad con otras infraestructuras de red avanzadas.
- MPLS.

La Figura A.8 muestra la Red de Preámbulo que proporciona servicio de redes de área local virtuales.

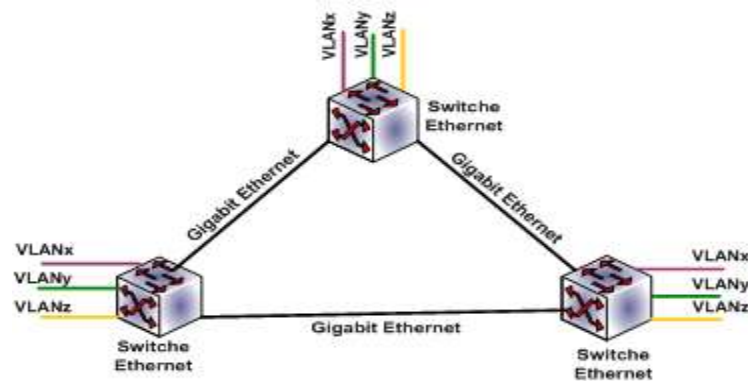


Figura A.8 Red de Preámbulo [62]

Componentes del Modelo de Red

En este modelo de red se interconectan VLANs entre los centros participantes y los distintos equipos de nivel 2 y 3 que se conectan en cada nodo para dar un servicio IP o IPv6 a los distintos proyectos de investigación de Preámbulo.

Núcleo de la red: A nivel físico o de transmisión por fibra óptica, se encuentran el nivel DWDM y el nivel de enlace.

La red está soportada por dos pares de fibras monomodo: entre los 3 nodos o switches. Sobre esta configuración se ha establecido una red DWDM con una topología en triángulo, en la que los tres centros están conectados dos a dos.

Nivel de enlace: Se proporciona un servicio de VLANs entre los tres nodos, utilizando enlaces Gigabit Ethernet.

En esta Red se implementan diferentes tipos de VLANs:

Según el número de participantes:

-VLANs tipo 1: Son los puertos que corresponden a un único conmutador y su tráfico nunca atraviesa el backbone.

-VLANs tipo 2: En estas participan los 2 centros (los puertos en los conmutadores de 2 centros y su tráfico se encamina por el enlace directo entre ellos).

-VLANs tipo 3: Son las VLANs en las que participan los 3 centros.

Según la velocidad de los puertos de 10Mbps, 100 Mbps y 1 Gbps, con puertos a diferentes velocidades.

ANEXO B - SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

Con el fin de evaluar el desempeño de la Calidad de Servicio en una Red Metro-Ethernet Óptica, es de gran importancia seleccionar una herramienta de simulación de Redes de Telecomunicaciones, que permita diseñar diferentes escenarios de red, para cumplir con los objetivos del proyecto.

A continuación se da una descripción del software de simulación orientado a redes de Telecomunicaciones disponibles actualmente y posteriormente se mostrara el software elegido para el desarrollo de este proyecto.

1. HERRAMIENTAS DISPONIBLES

1.1 Simulador de Red (NS-2 Network Simulator): Es un software orientado a simular eventos discretos, da soporte para la simulación de los protocolos de transporte, UDP y TCP, así como para enrutamiento y protocolos de tipo multicast sobre redes cableadas e inalámbricas (local y vía satélite); maneja agentes (que se definen como puntos extremos donde los paquetes se crean o se consumen a nivel de red); varias fuentes de generación de tráfico (CBR, VBR); simulación de aplicaciones (FTP, Telnet, Web), modelado de errores, diversas políticas de gestión de colas que se generan en los enrutadores, tales como: DropTail, RED, CBQ, SFQ, FQ. Es posible trabajar esta herramienta tanto sobre el Sistema Operativo Windows como Unix/Linux [63].

Este software se desarrollo con base en dos lenguajes de programación: uno de ellos es un simulador escrito en C++ y el otro es una extensión de TCL, este programa ha sido diseñado especialmente para el área de la investigación de redes telemáticas.

Características:

- Soporta gran cantidad de protocolos de las capas de aplicación y transporte, además de otros utilizados para el enrutamiento de los datos entre ellos están: HTTP, FTP, TCP, UDP, RTP, SRM entre otros, los cuales pueden ser implementados tanto en las redes cableadas, inalámbricas o vía satélite, y que son aplicables a grandes redes con topologías complejas y con un gran número de generadores de tráfico.
- Carácter libre de la herramienta, evitando problemas con su distribución.
- Facilidad de uso, si bien no posee una interfaz gráfica de fácil manejo, si es cierto que se pueden realizar simulaciones sencillas de manera simple, profundizando posteriormente hasta el nivel de complejidad deseado.
- Se utiliza tanto en entornos de investigación como en entornos educativos.
- Posee una interfaz gráfica para visualizar las simulaciones llamado Animador de Red (NAM: Network Animator).

1.2 NCTUns (National Chiao Tung University, Network Simulator): Es un simulador y emulador de redes y sistemas de telecomunicaciones avanzado. NCTUns es software libre y se ejecuta sobre Linux; además utiliza una metodología de simulación que entra y modifica el Kernel de Linux, esto hace que el programa tenga ventajas únicas en comparación con otros simuladores y emuladores de redes de comunicaciones [64].

Ventajas:

- Es un software libre, con distribución de código abierto.

- Utiliza directamente el conjunto de protocolos TCP/IP de Linux, por consiguiente se generan resultados de simulación de alta fidelidad y permite que la configuración y el uso de una red simulada, sea exactamente igual a los usados en redes IP del mundo real.
- Puede simular redes fijas, inalámbricas, redes celulares, redes GPRS y redes ópticas.
- Puede simular una gran variedad de dispositivos de red, como: hubs, switches, enrutadores, estaciones móviles, puntos de acceso de WLANs, teléfonos GPRS, etc, así como obstáculos para las señales inalámbricas, además ofrece alta velocidad de simulación. Simula varios protocolos de redes como: IEEE 802.3, IEEE 802.11.

Desventajas:

- El anterior punto lleva a que sea mayor el tiempo de aprendizaje del simulador.
- El servicio de soporte proporcionado por los autores del proyecto NCTUns es deficiente y en algunas ocasiones no funciona.

2. ELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA

2.1 OPNET IT Gurú Edición Académica: Es un software ampliamente utilizado para modelar y simular sistemas de comunicaciones, permite diseñar y estudiar redes, dispositivos, protocolos, brinda escalabilidad y flexibilidad. Este software es orientado a simular objetos mediante un editor gráfico que permite diseñar topologías de red, esta herramienta permite [64]:

- Modelar redes LAN, MAN y WAN.
- Modelar el tráfico generado por una aplicación.
- Calcular los recursos necesarios dadas unas condiciones de trabajo en una red.
- Trabajar con redes satelitales y de telefonía móvil.
- Detectar cuellos de botella en las redes y calcular el ancho de banda necesario.
- Modelado analítico de colas de paquetes para el tráfico que está en la forma de flujo de datos.
- Modelado de paquetes por eventos discretos.

Características:

- Herramienta especializada en redes de comunicación y sistemas de información.
- Entorno gráfico.
- Flexibilidad y diseño detallado de redes.
- Modelos jerárquicos; donde cada nivel de jerarquía describe diferentes aspectos del modelo completo que se está simulando.
- Herramientas para el análisis de resultados.
- Análisis interactivo.
- Animación.
- Entorno de programación.

Ventajas:

- OPNET IT Gurú Versión académica gratuita se baja desde www.opnet.com.
- El programa incluye las librerías para acceder a un extenso grupo de aplicaciones y protocolos como: HTTP, TCP, IP, OSPF, BGP, EIGRP, RIP, RSVP, Frame Relay, FDDI, Ethernet, ATM, LANs 802.11 (Wireless), aplicaciones de voz, MPLS, PNNI, DOCSIS, UMTS, IP Multicast, Circuit Switch, MANET, IP Móvil; entre otras.
- Tiene interfaces para visualización del modelo en 3D.

- Los APIs de simulación permiten acceder libremente al código fuente, lo que facilita la programación de nuevos protocolos de red.
- Las librerías de modelos de red estándar, incluyen dispositivos de red comerciales y genéricos.
- Modelos de red jerárquicos.

Desventajas:

- Es un software propietario, lo cual lo hace costoso para ambientes universitarios.
- En comparación con la versión comercial presenta limitaciones en cuanto a capacidades de: importación, exportación, modelado, y análisis.
- El tiempo de aprendizaje es elevado.

2.1.1 Requerimientos de Instalación

Se requiere las siguientes especificaciones para la correcta instalación y posterior utilización de la herramienta.

- -Intel Pentium III, 4 o compatible (500 MHz o más).
- -256 MB RAM.
- -400 MB de espacio en el disco.
- -Sistema Operativo: Windows 2000 (Service Pack 1 y 2 son soportados pero no requeridos); Windows XP (Service Pack 1 es requerido).

2.1.2 Pasos para realizar una Simulación [65]

La especificación del modelo consiste en desarrollar la representación del sistema a estudiar. Una vez especificado el modelo a simular, el siguiente paso es elegir los datos a recolectar, y seguidamente se dispone a realizar el análisis para validar las especificaciones expuestas en el modelo; el último paso es ver los resultados, y en el caso de que estos resultados no sean los deseados, se tiene que hacer una re-especificación donde se modifiquen los aspectos erróneos del modelo simulado, Figura B.1.

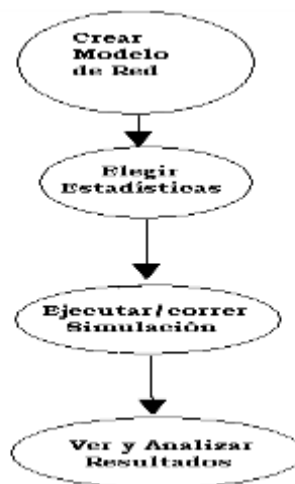


Figura B.1 Pasos para realizar una simulación [65]

2.1.3 Componentes del simulador OPNET IT GURU Edición Académica [66]

Los Editores incluidos proporcionan las herramientas necesarias para la creación de topologías de red. Cada editor se encarga de una tarea distinta. El editor principal para la creación del entorno de la simulación de la red es el de Proyectos.

2.1.3.1 Editor de Proyectos (Project Editor) [66]: El editor de proyectos es el principal escenario para crear una simulación de red. Desde este editor, se puede construir un modelo de red utilizando unos ya existentes que se encuentran en la librería estándar, luego se seleccionan las estadísticas que se desean recolectar, se ejecuta la simulación y se observan los resultados, Figura B.2 .

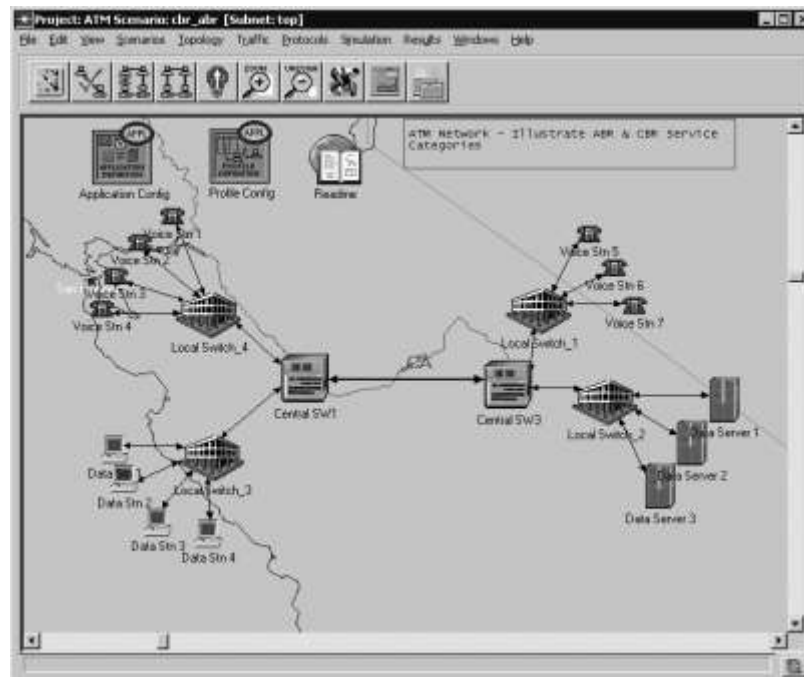


Figura B.2 Modelo de red en el Editor de Proyectos [66]

Hay varias áreas en la ventana del Editor de Proyectos que son importantes para la construcción y ejecución de un modelo:

2.1.3.1.1 La barra del menú: Esta ubicada en la parte superior de la ventana, esta barra organiza todas las operaciones que no son “sensibles al contexto” mediante una estructura típica de menús. Las operaciones “sensibles al contexto” están disponibles haciendo click con el botón derecho del ratón sobre un objeto, o sobre el fondo del espacio de trabajo.

2.1.3.1.2 Iconos de la herramienta: Algunas de las opciones más habituales del menú, también pueden ser activadas mediante los iconos de la herramienta, Figura B.3.



Figura B.3 Iconos del Editor de Proyectos [66]

1. Paleta de Objetos: Se observan los objetos disponibles por categorías, por ejemplo, en la paleta ethernet, se encuentran los nodos y enlaces más utilizados en el diseño de redes de este tipo.
2. Verifica el estado de los enlaces: Indica si los enlaces están bien ubicados.
3. Objetos no seleccionados: Se seleccionan objetos que no se desea tener en cuenta al ejecutar la simulación.
4. Recupera los objetos seleccionados: Recupera los objetos seleccionados en el ítem anterior.
5. Volver a la Subred superior (parent subnet): Al dar click en este icono se traslada al próximo nivel más alto de jerarquía.
6. Zoom: Aumenta el tamaño del modelo de red.
7. Unzoom: Regresa el modelo de red a su tamaño normal.
8. Configuración de un evento discreto de simulación: Se configura la duración de la simulación.
9. Ver Resultados de simulación: Aparecen las estadísticas correspondientes.
10. Ocultar o mostrar todas las gráficas.

2.1.3.1.3 Área de trabajo (Workspace): La región central y desplazable de la ventana del editor es el área de trabajo. En esta área aparecen los modelos de red, aquí se seleccionan y se arrastran objetos de red, además se seleccionan opciones de los menús "sensibles al contexto", dando click derecho sobre el área de trabajo.

2.1.3.1.4 Área de mensajes: Esta área se ubica justo debajo de la ventana del editor, proporciona información sobre el estado de la herramienta.

2.1.4 Resultados en el simulador OPNET

Hay varias formas de seleccionar las estadísticas que se desean recopilar, una se encuentra en el menú desplegable, dando click derecho sobre el área de trabajo y eligiendo Choose Individual Statistics, Figura B.4.

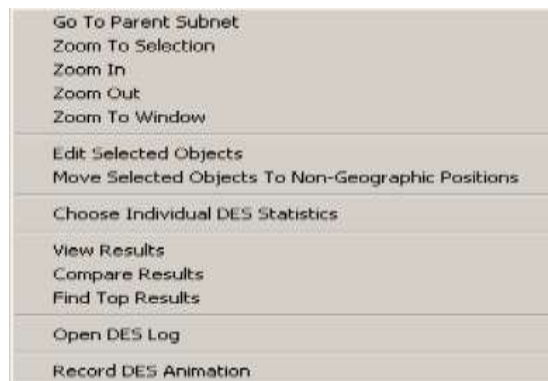


Figura B.4 Menú del área de trabajo [66]

Luego se seleccionan las estadísticas a recopilar, pueden ser estadísticas globales (Global Statistics), estadísticas a nivel de nodo u objeto (Object Statistics) ó estadísticas a nivel de enlace, Figura B.5.

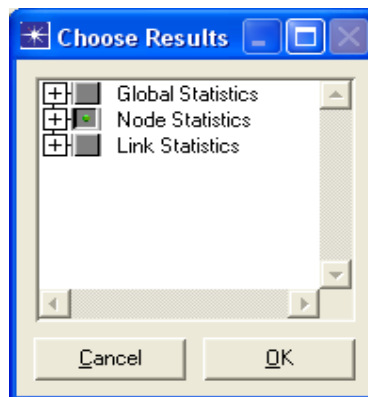


Figura B.5 Selección de estadísticas [66]

2.1.4.1 Estadísticas globales: Estas estadísticas consiguen actualizarse para todos los nodos y enlaces en la red. Entre ellas se tiene:

- Throughput de los enlaces.
- Tiempo de respuesta de las aplicaciones.
- Tráfico enviado y recibido de las aplicaciones.

2.1.4.2 Estadísticas del nodo: Entre algunas de las estadísticas que se pueden recolectar en los nodos de la red están:

- Tráfico Recibido (medido en bits/segundo o paquetes/segundo): Cantidad de tráfico recibido por una cola de una interfaz.
- Tráfico Enviado (bits/segundo o paquetes/segundo): Cantidad de tráfico enviado desde una cola a una interfaz.
- Tráfico Descartado (bits/segundo o paquetes/segundo): Cantidad de tráfico descartado de una cola a una interfaz. El tráfico puede ser descartado por el tamaño de la cola o por los mecanismos RED/WRED.
- Retardo de Encolamiento (medido en segundos): Es el retardo que experimenta un paquete, desde el tiempo en que llega a la cola hasta que es atendido.

2.1.5 Configuración y ejecución de la simulación

Primero se configura el tiempo que se requiere simular, Figura B.6, es decir el tiempo que se supone va a estar funcionando el sistema, posteriormente se ejecuta la simulación, Figura B.7.

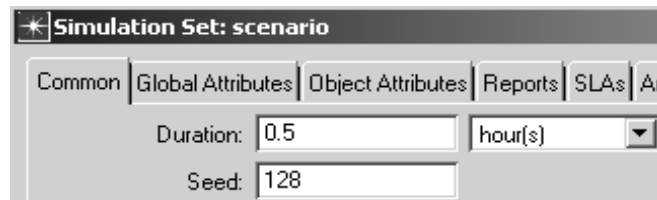


Figura B.6 Configuración de la simulación [66]

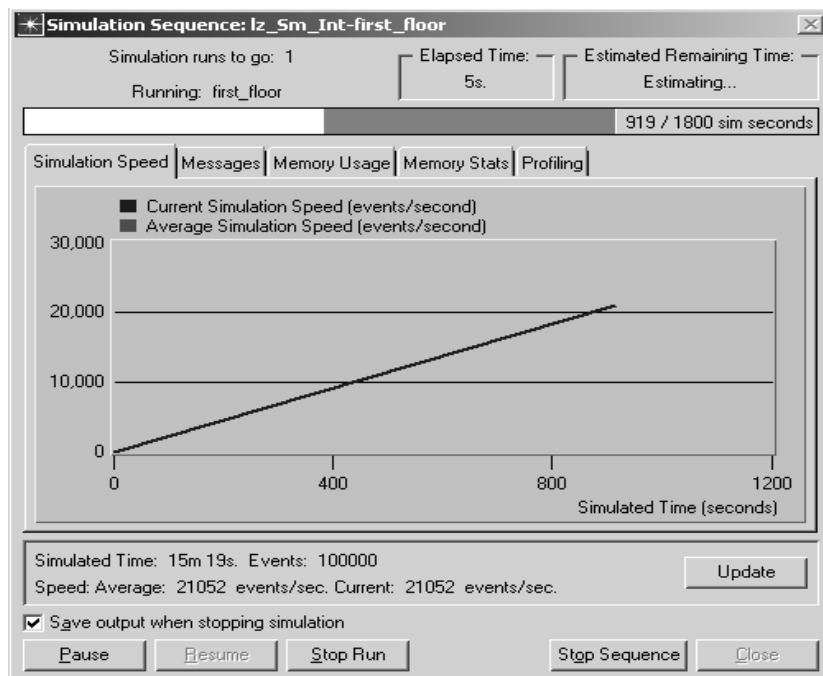


Figura B.7 Secuencia de la simulación [66]

ANEXO C - CONFIGURACION DETALLADA DE LOS ESCENARIOS BÁSICOS DE LA SIMULACIÓN

En los modelos de red de los escenarios básicos se configuran los tres tipos de servicio (VoIP, Videoconferencia y FTP) para observar el comportamiento de los parámetros de desempeño retardo, jitter y pérdida de trama.

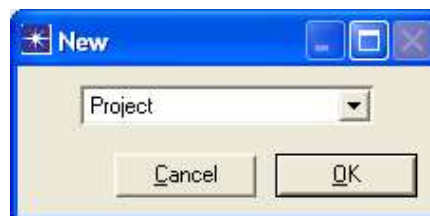
A continuación se describen todos los pasos para configurar cada uno de los nodos correspondientes a cada escenario de simulación.

1. CONFIGURACIÓN DE LA SIMULACIÓN.

1.1 Crear un Proyecto nuevo, Figura C.1:

Pasos

1. Iniciar **OPNET IT-GURU** Versión Académica, del menú principal elegir **File** y luego **New**.
2. A continuación aparece una ventana **Project** → **OK** y se asigna un nombre al proyecto y al escenario. Se pulsa **OK**.
3. Se abre una ventana llamada **Startup Wizard: Initial Topology** → **Create Empty**, luego se selecciona la escala de red **Enterprise**, se especifica el tamaño de la red y se eligen las tecnologías que se van a utilizar. Se pulsa **OK**.



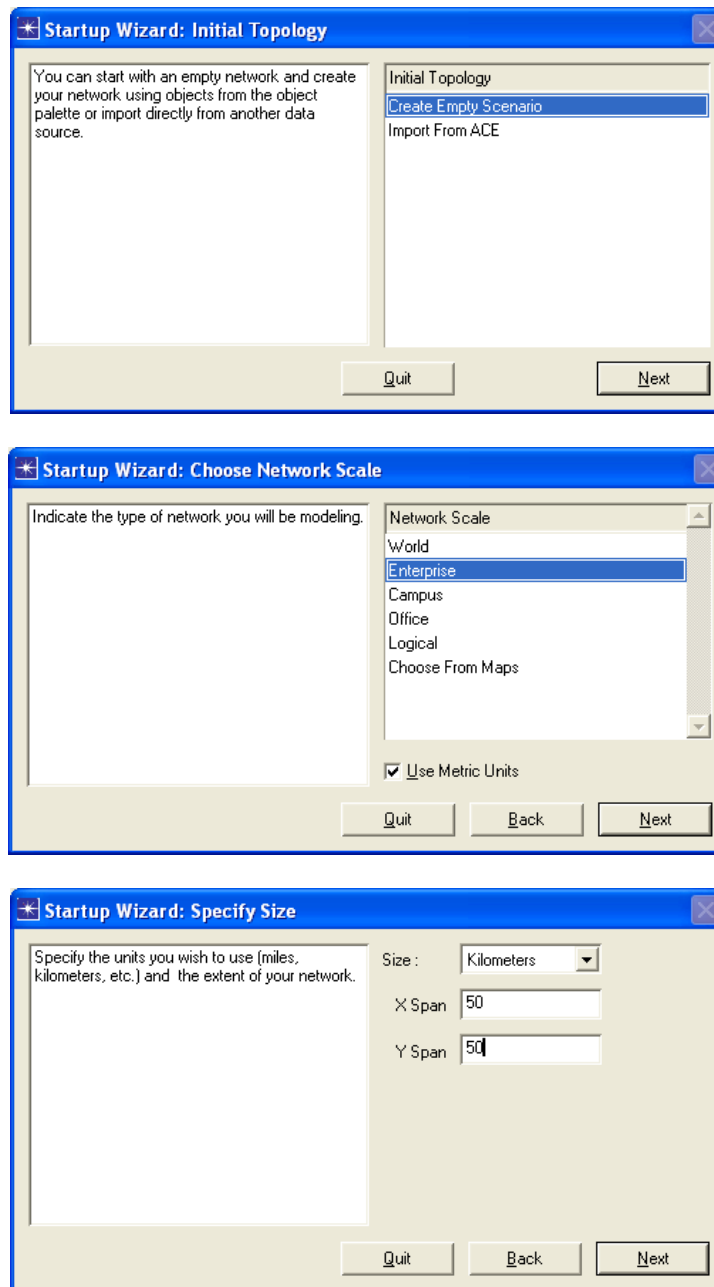



Figura C.1 Opnet y la creación del nuevo proyecto.

1.1.1 Creación y configuración la red, Figura C.2.

1.1.1.1 Configuración de la paleta de objetos:

1. Aparece una ventana **Object Palette**. De lo contrario se abre esta ventana dando click en el icono  del menú principal. Esta ventana contiene un menú de diferentes tecnologías para elegir los elementos de red que se van a

utilizar, se accede a ellos dando click sobre cada uno de ellos y se arrastran hasta el espacio de trabajo y se da click otra vez en el sitio deseado.

2. Los elementos utilizados en el espacio de trabajo son:

- Switches Ethernet.
- Enlaces bidireccionales Gigabit Ethernet y enlaces 100 BASE T.
- Estaciones de trabajo y LANs.
- Servidores de FTP Videoconferencia y VoIP.
- Nodo Aplicaciones.
- Nodo Perfiles.

3. Los objetos se renombraron como se observa en la figura y se guarda el proyecto.

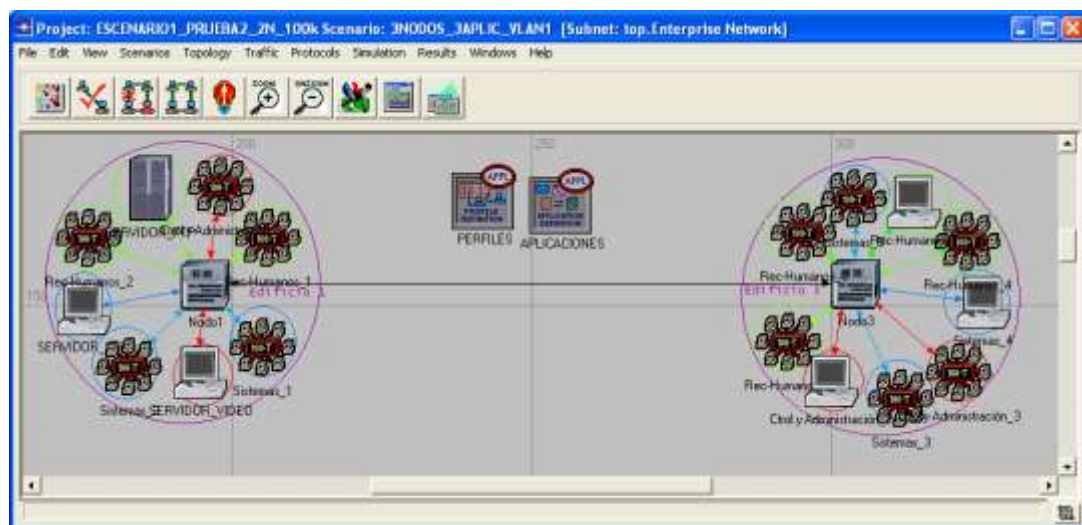


Figura C.2 Definición de los elementos componentes de la red.

1.1.1.1.1 Configuración de la Aplicación FTP

1.1.1.1.1.1 Configuración del nodo Aplicación: En este nodo se especifican las aplicaciones que se utilizarán para configurar los perfiles de usuarios, Figura C.3.

Pasos

1. Se da click derecho sobre el nodo **Aplicaciones** → **Edit Attributes**, luego se expande la jerarquía **Application Definitions**, se fija **rows** a 1 y se asigna el nombre **Aplicación FTP**.

En esta columna se expande la jerarquía **Description**, en **FTP** se asigna el valor **High Load**, luego se da click en **Edit** y se visualiza un cuadro (**FTP Table**), en **Inter-Request Time** se asigna **Constante (10)**, en **File Size** se asigna **(1.522 bytes)**, y en **Type of Service (ToS)** se asigna **Best Effort (0)**.

2. Se pulsa OK y se guarda el proyecto.

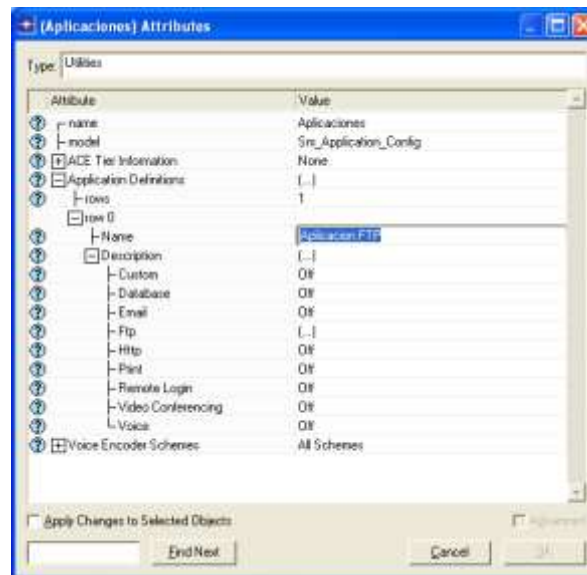
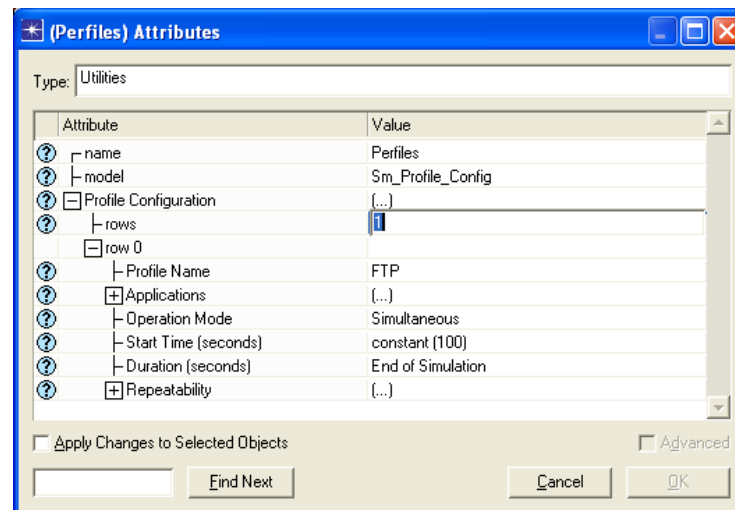


Figura C.3 Configuración del nodo Aplicación.

1.1.1.1.2 Configuración del nodo Perfiles: Describe el patrón de actividades de un usuario o grupo de usuarios en términos de las aplicaciones usadas en un periodo de tiempo, Figura C.4.

Pasos

1. Se da click derecho sobre el nodo **Profiles** → **Edit Attributes** luego se expande la jerarquía **Profile Configuration** y se fija **rows** a 1, se asigna el nombre y se fijan los atributos.
2. Se guarda el proyecto.



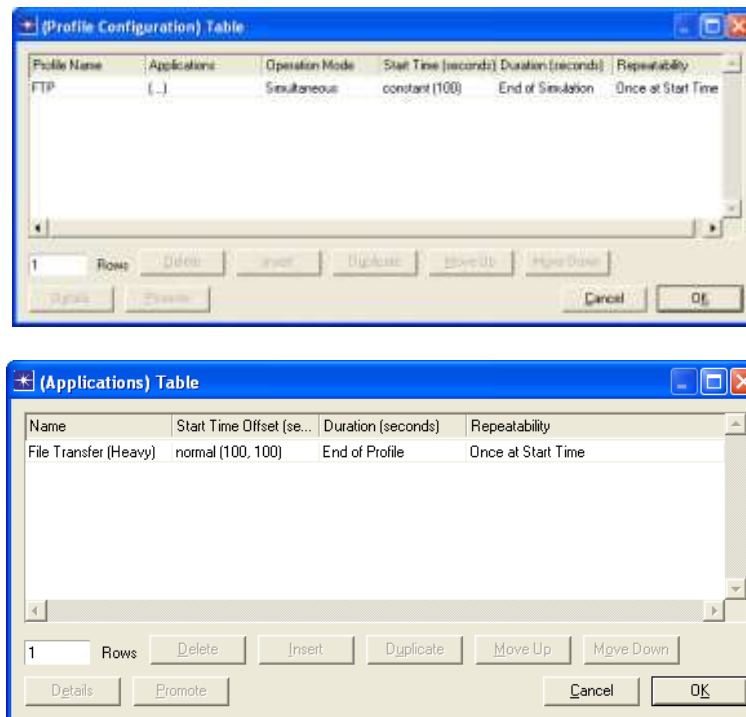


Figura C.4 Configuración del nodo Perfiles

1.1.1.1.3 Configuración de la Estación de Trabajo y el Servidor: Figura C.5 y Figura C.6.

Pasos

1. Se da click derecho sobre **Cliente FTP** → **Edit Attributes**, luego se expande la jerarquía **Application: Supported Profiles** y se fija rows a 1, en **Profile Name** se asigna **Perfil FTP**, se pulsa **OK**. Figura C.5.
2. Se da click derecho sobre el **Servidor FTP** → **Edit Attributes**, luego se expande la jerarquía **Application: Supported Services**, se fija rows a 1, En **Service Name** se asigna **Aplicación FTP**, se pulsa **OK**.
3. Se pulsa **OK** otra vez y se guarda el proyecto. Figura C.6.

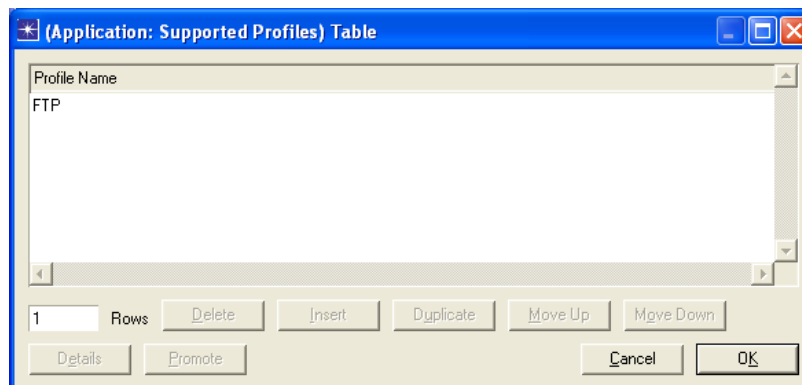
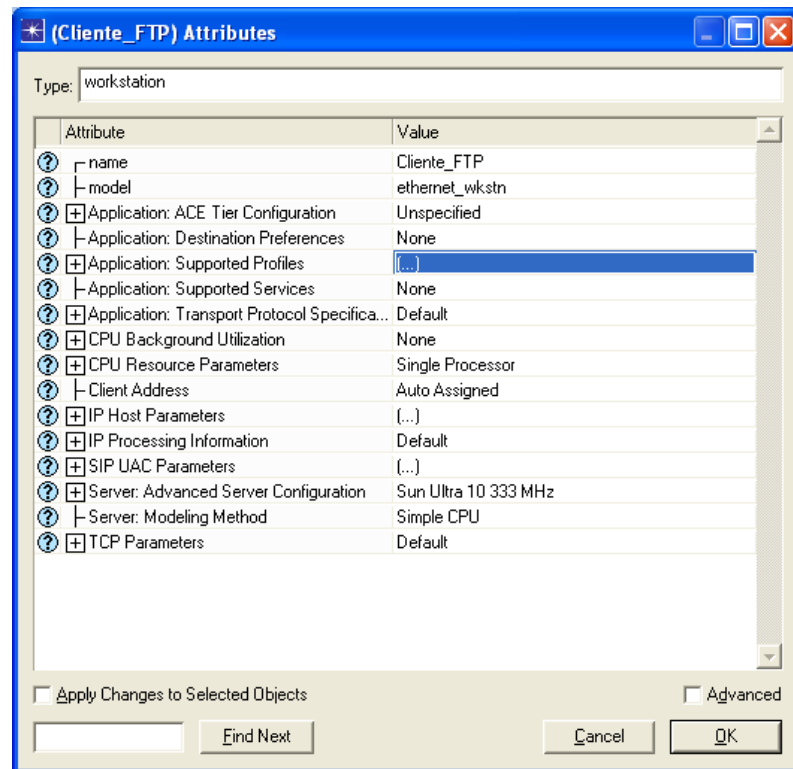


Figura C.5 Configuración de la Estación de Trabajo.

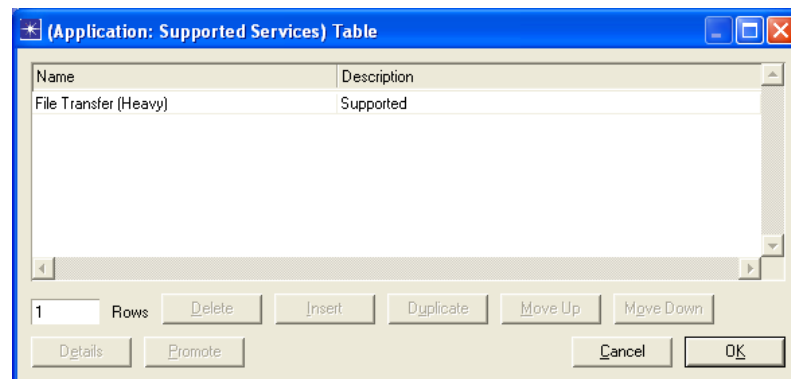
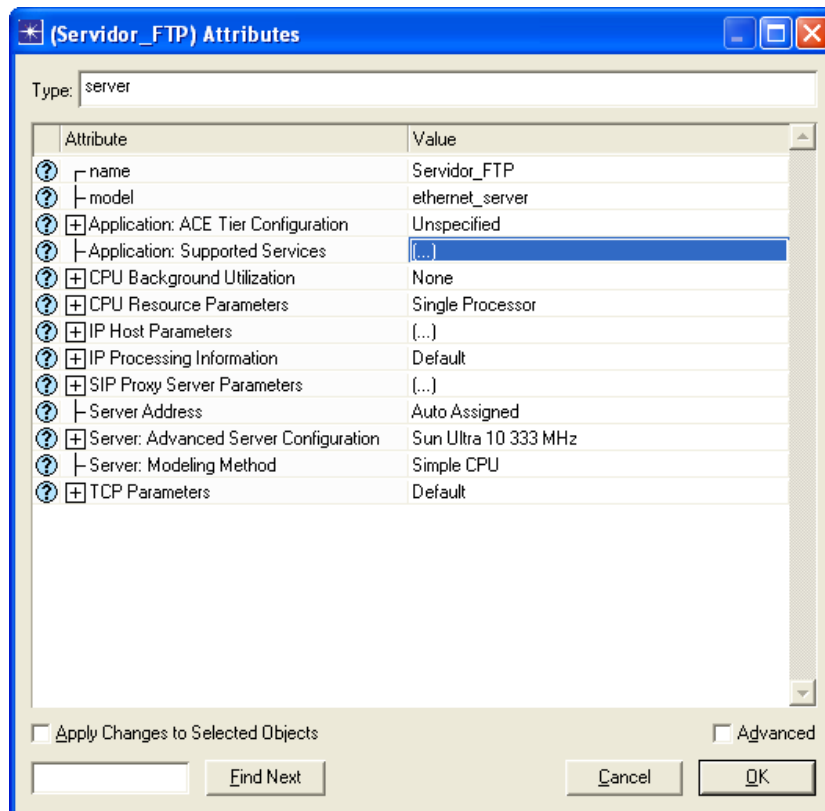


Figura C.6 Configuración de la Estación del Servidor.

1.1.1.1.4 Selección de las Estadísticas

Se da click derecho sobre cualquier lugar en el espacio de trabajo y se selecciona DES, luego se expande la jerarquía de Estadísticas Globales

1.1.1.1.2 Configuración de la Aplicación Videoconferencia.

1.1.1.1.2.1 Configuración en el nodo Aplicación.

1. Se da click derecho sobre el nodo **Aplicaciones**, se da click en **Edit Attributes** se expande la jerarquía **Application Definitions** se fija rows a 1. Se asigna el nombre **Video Aplicación**.

Se va a la columna **Video Aplicación** se expande la jerarquía **Description** y se asigna **Low Resolution Video** a **Video Conferencia** se da Click en **Low Resolution Video**, luego se elige **Edit** y en el campo **Type of Service** se asigna **Streaming Multimedia (4)**.

2. Se pulsa **OK** y se guarda el proyecto.

1.1.1.1.2.2 Configuración en el nodo Perfil.

1. Se da click derecho sobre el nodo **Profiles**→**Edit Attributes** y se expande la jerarquía **Profile Configuration** y se fija **rows** a 1. Se asigna el nombre y se fijan los atributos.

2. Se pulsa **OK** y se guarda el proyecto.

1.1.1.1.2.3 Configuración de la estación de trabajo y el servidor.

1. Click derecho sobre **Cliente Video**→**Edit Attributes** se expande la jerarquía **Application: Supported Profiles** y se fija **rows** a 1. Se asigna a **Profile Name Video Profile** y se da Click en **OK**.

2. Se da click derecho sobre **Video Server**→**Edit Attributes**, se expande la jerarquía **Application: Supported Services** y se fija **rows** a 1. Se asigna el nombre **Video Aplicación a Service Name**.

3. Se pulsa **OK** y se guarda el proyecto.

1.1.1.1.2.4 Selección de las Estadísticas

Se da click derecho sobre cualquier lugar en el espacio de trabajo y se selecciona **DES**, luego se expande la jerarquía de Estadísticas Globales.

1.1.1.1.3 Configuración de la Aplicación VoIP.

1.1.1.1.3.1 Configuración del nodo Aplicación:

1. Se da click derecho sobre el nodo **Aplicaciones**, se da click en **Edit Attributes** se expande la jerarquía **Application Definitions** se fija **rows** a 1. Se asigna el nombre **VoIP Aplicación**.

Se va a la columna **VoIP Aplicación** se expande la jerarquía **Description** y se asigna **PCM Quality Speech** a **Voice**. Click en **PCM Quality Speech** y se asegura que el ToS asignado sea **Interactive Voice (6)**.

2. Se pulsa **OK** y se guarda el proyecto.

1.1.1.1.3.2 Configuración del nodo Perfil:

1. Se da click derecho sobre el nodo **Profiles**→**Edit Attributes** y se expande la jerarquía **Profile Configuration** y se fija **rows** a 1. Se asigna el nombre y se fijan los atributos.

2. Se pulsa **OK** y se guarda el proyecto.

1.1.1.1.3.3 Configuración de la estación de trabajo y el servidor.

1. Se da click derecho sobre **Cliente VoIP**→**Edit Attributes**, se expande la jerarquía **Application: Supported Profiles** y se fija **rows** a 1. Se asigna **VoIP Profile** a **Profile Name** y se da Click en **OK**.

2. Se da click derecho sobre **VoIP Server**→**Application: Supported Services** se fija **rows** a 1. Se asigna **VoIP Aplicación a Service Name**. Se da click en **OK**.

3. Se pulsa **OK** y se guarda el proyecto.

1.1.1.1.3.4 Selección de las estadísticas.

Se da click derecho sobre cualquier lugar en el espacio de trabajo y se selecciona **DES**, luego se expande la jerarquía de Estadísticas Globales, donde se seleccionan las estadísticas, primero globales de voz y luego específicas de los nodos de Aplicación de Voz.

1.2 CONFIGURACIÓN DE LAS VLANs

Finalmente para dar soporte de Calidad de servicio en la simulación se configuran las VLAN en los escenarios de simulación, para esto se siguen los pasos descritos a continuación:

1.2.1 Establecimiento de las VLANs en la red.

Se da click derecho sobre **Nodo 1** → **Edit** → **VLANs Parameters** → **Scheme: Port-Based VLAN**. Ahora estos switches dividirán los dispositivos conectados en redes virtuales, Figura C.7.

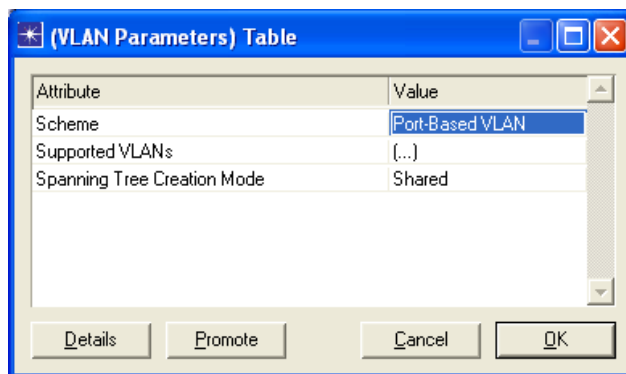


Figura C.7 Esquema de los Switches

1.2.2 Definición de cada una de las VLAN en los Switches.

Para configurar las VLANs soportadas por un Switch se da click en el campo **Supported VLANs**, se selecciona **Edit...** y en el cuadro de dialogo se agrega una columna por cada VLAN soportada por el nodo, que es identificada con un VID. Los valores de los parámetros de la izquierda permanecen por defecto, Figura C.8.

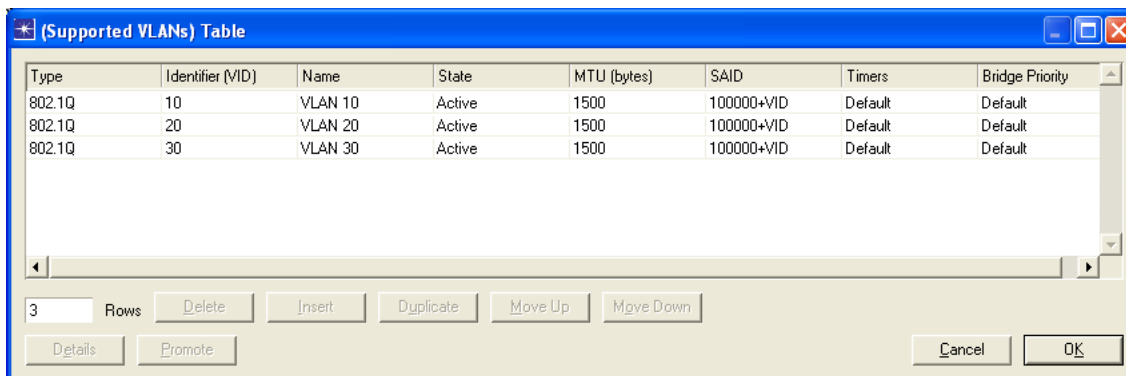


Figura C.8 Definición de las VLAN soportadas por el Switch

1.2.3 Definición de las estaciones de cada VLAN.

Se seleccionan los enlaces pertenecientes a la VLAN 10, se va al menú principal donde se elige **Protocols** → **VLAN** → **Configure VLAN for Selected Links** → **10** para establecer los terminales pertenecientes a la VLAN 10. Este procedimiento se repite para cada una de las VLAN (VLAN20 y VLAN30), Figura C.9.

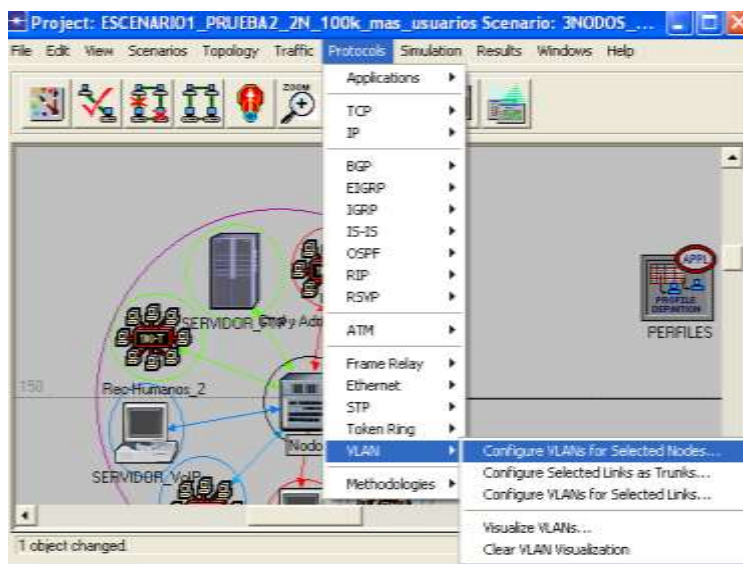


Figura C.9 Definición de los terminales de cada VLAN

1.2.4 Definición de los enlaces troncales.

Se seleccionan todos los enlaces troncales, se va al menú principal donde se elige **Protocols** → **VLAN** → **Configure Selected Links as Trunks...**

1.2.5 Configuración de las prioridades.

Se da click derecho sobre cada uno de los switches y se selecciona **Switch Port configuration**, aquí se elige el campo **Priority** y se configura la prioridad de cada uno de los puertos de acuerdo a la prioridad de cada aplicación, Figura C.10.

Name	Cost	Priority	Link Type	Fast Start Mode	VLAN Parameters	Description
P0	Link Speed Based	128	Auto Detect	Default	(...)	None
P1	Link Speed Based	150	Auto Detect	Default	(...)	None
P2	Link Speed Based	250	Auto Detect	Default	(...)	None
P3	Link Speed Based	150	Auto Detect	Default	(...)	None
P4	Link Speed Based	128	Auto Detect	Default	Default	None
P5	Link Speed Based	128	Auto Detect	Default	Default	None
P6	Link Speed Based	128	Auto Detect	Default	Default	None
P7	Link Speed Based	128	Auto Detect	Default	Default	None
P8	Link Speed Based	128	Auto Detect	Default	Default	None
P9	Link Speed Based	128	Auto Detect	Default	Default	None
P10	Link Speed Based	250	Auto Detect	Default	(...)	None
P11	Link Speed Based	128	Auto Detect	Default	Default	None
P12	Link Speed Based	250	Auto Detect	Default	(...)	None
P13	Link Speed Based	100	Auto Detect	Default	(...)	None
P14	Link Speed Based	100	Auto Detect	Default	(...)	None
P15	Link Speed Based	100	Auto Detect	Default	(...)	None

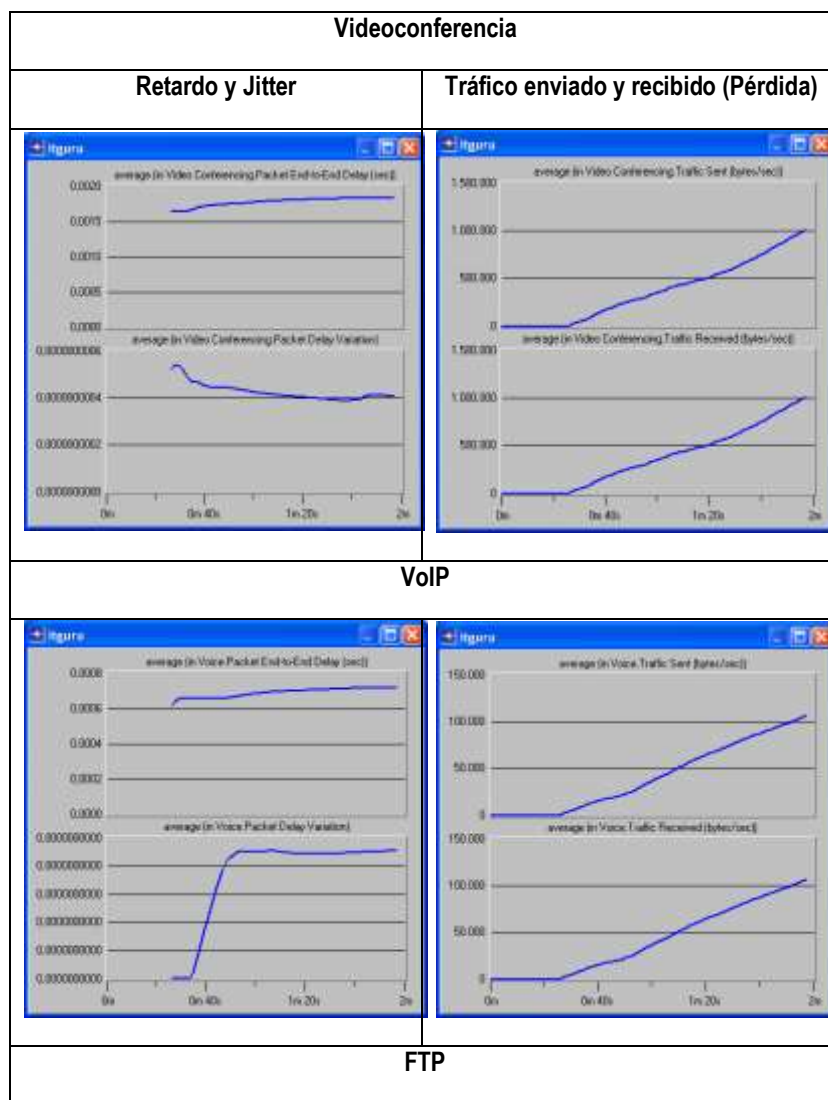
Figura C.10 Configuración de las prioridades en los puertos del switch

ANEXO D-DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

Parte 1: Gráficas correspondientes a las pruebas 3 y 4 del Escenario 1

En esta sección se presentan las gráficas relacionadas con las tablas de resultados de las pruebas 3 y 4 mostrados en el documento.

Prueba 3: Simulación del modelo de red cuando se configura Videoconferencia con la mayor prioridad.



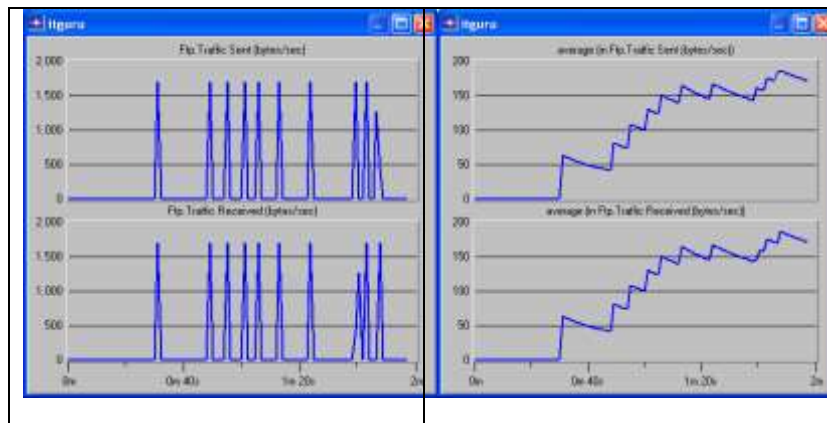
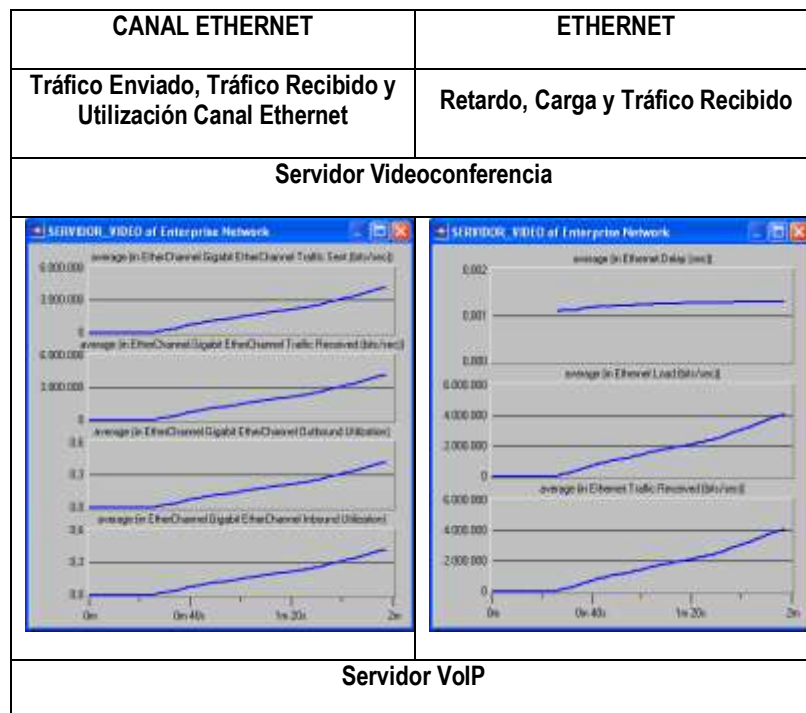


Figura D.1 Gráficas de las aplicaciones

A continuación en las Figuras D.2 se puede observar las gráficas correspondientes a las medidas de la Tecnología Ethernet.



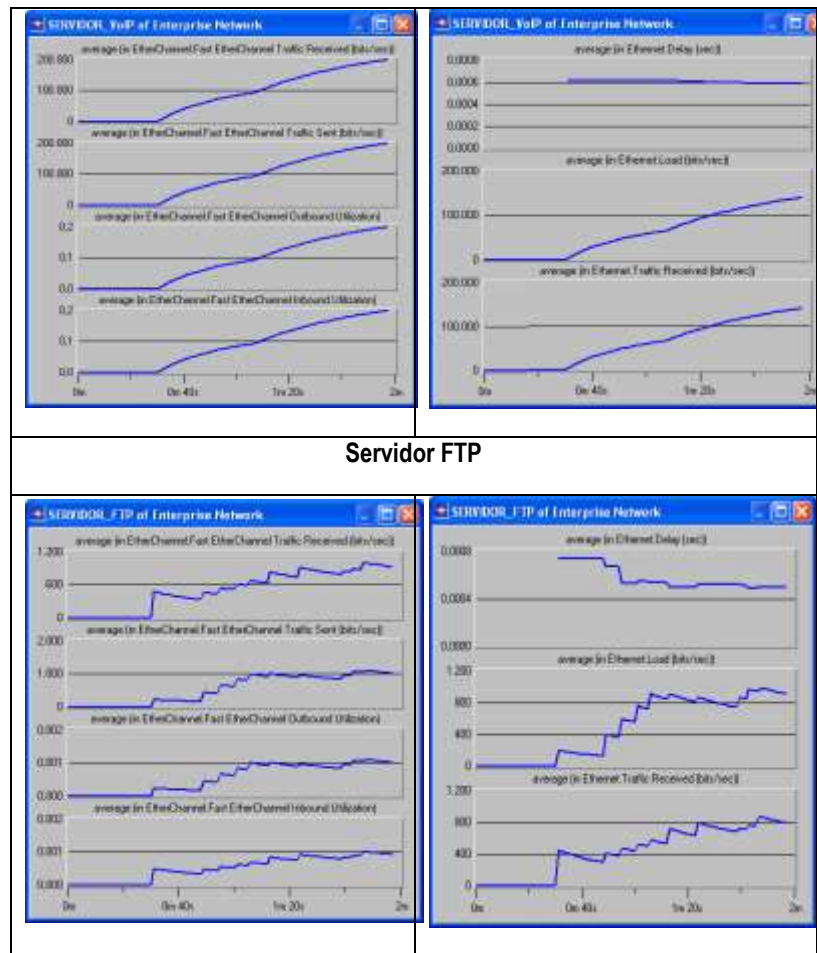


Figura D.2 Gráficas de las medidas de la Tecnología Ethernet

En la Figura D.3 se muestran las gráficas correspondientes a las medidas tomadas en las VLANs.



Figura D.3 Medidas tomadas en las VLANs

En la Figura D.4 se muestra la gráficas respectivas de las medidas tomadas en los enlaces.

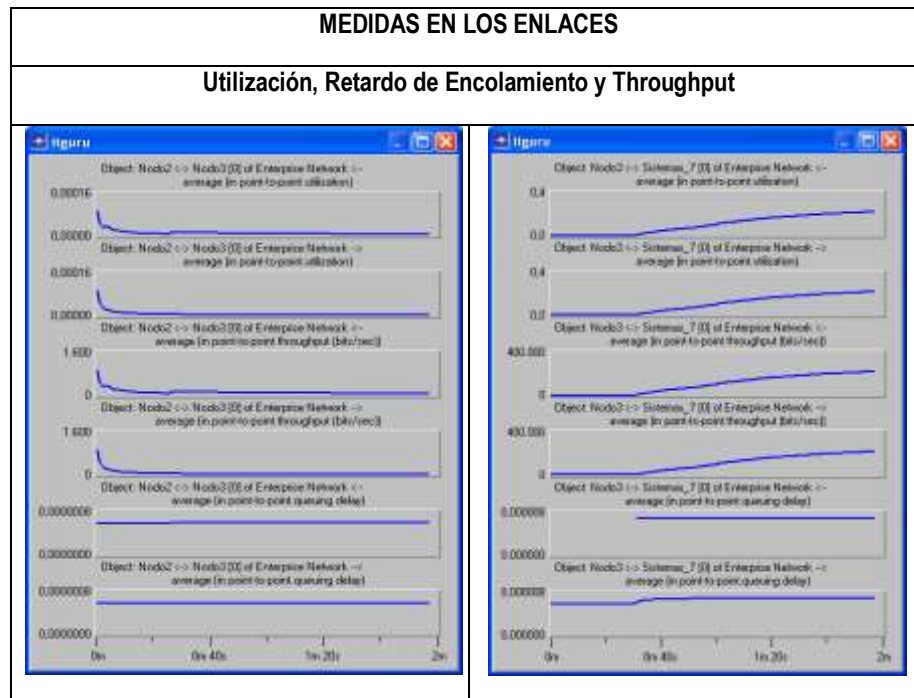
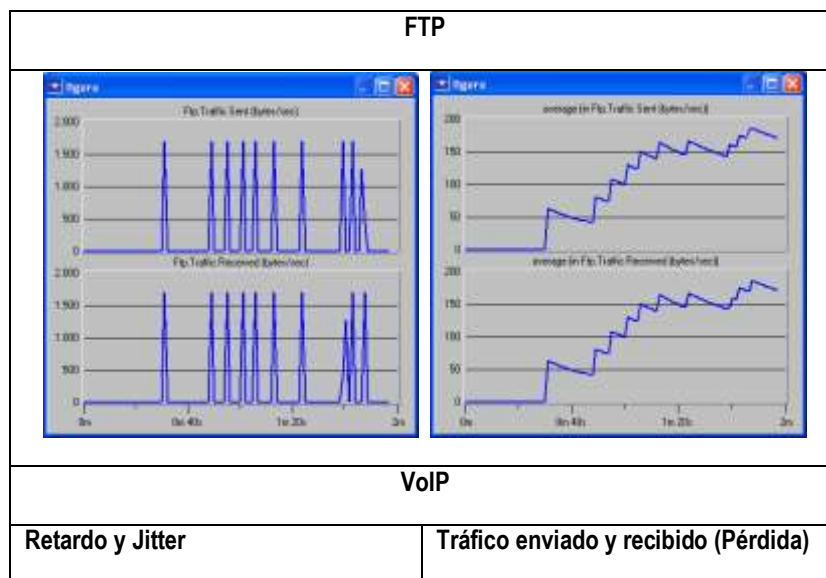


Figura D.4 Medidas en los enlaces

Prueba 4: Simulación del modelo de red cuando se configura FTP con la mayor prioridad.

En la Figura D.5 se muestran las gráficas correspondientes a los parámetros de desempeño de las aplicaciones.



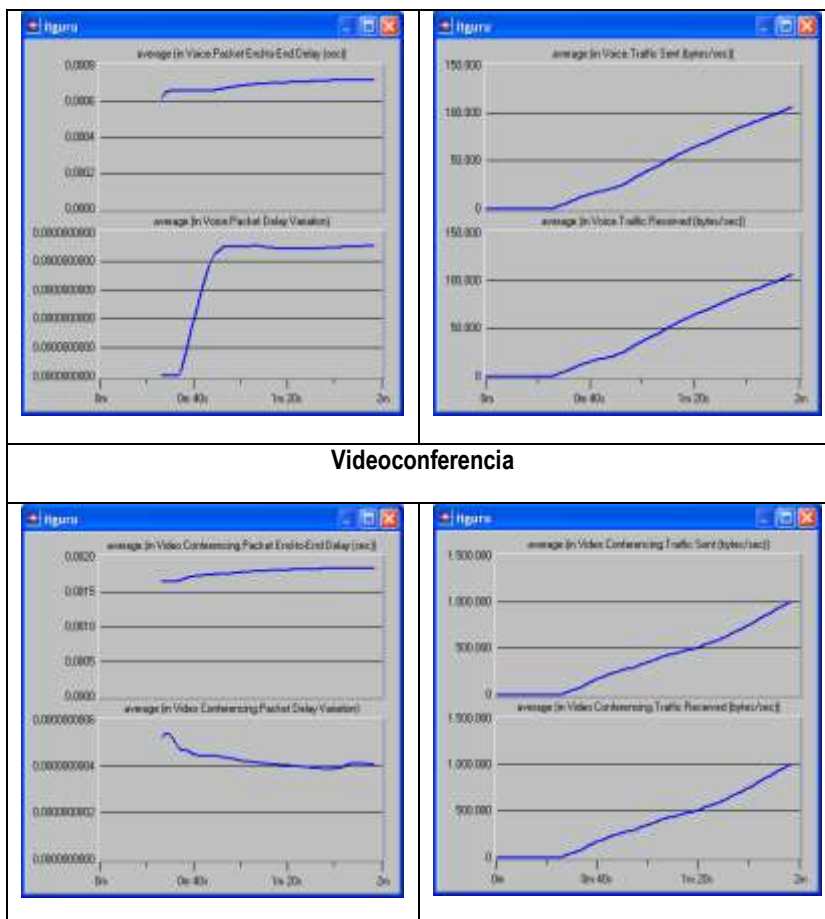


Figura D.5 Gráficas de las aplicaciones

A continuación en las Figuras D.6 se puede observar las gráficas correspondientes a las medidas de la Tecnología Ethernet.

CANAL ETHERNET	ETHERNET
Tráfico Enviado, Tráfico Recibido y Utilización Canal Ethernet	Retardo, Carga y Tráfico Recibido
Servidor FTP	

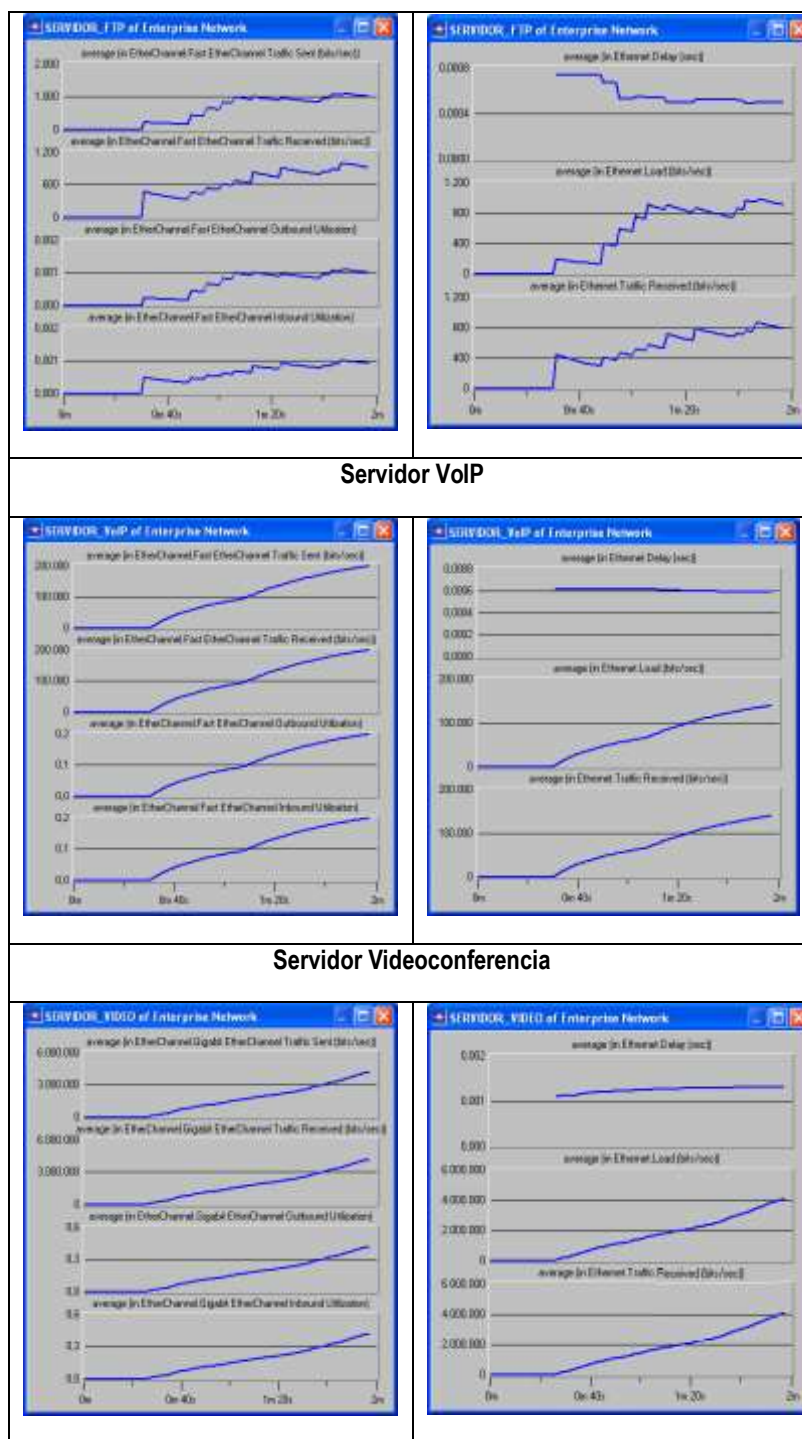


Figura D.6 Gráficas de las medidas de la Tecnología Ethernet

En la Figura D.7 se muestran las gráficas correspondientes a las medidas tomadas en las VLANs.



Figura D.7. Medidas tomadas en las VLANs

En la Figura D.8 se muestra la gráficas respectivas de las medidas tomadas en los enlaces.

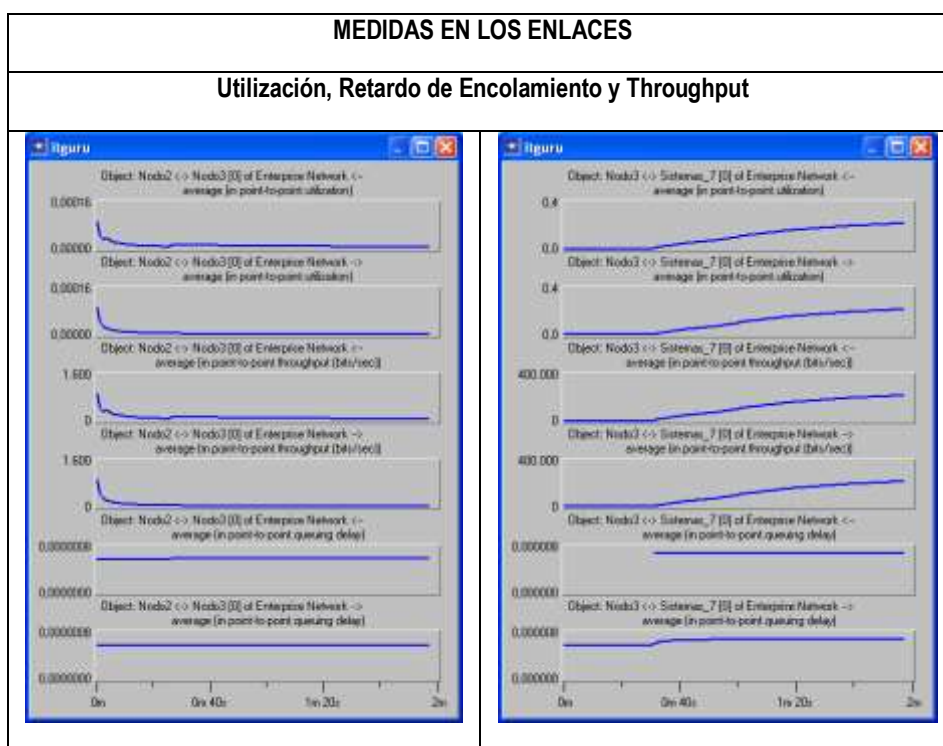


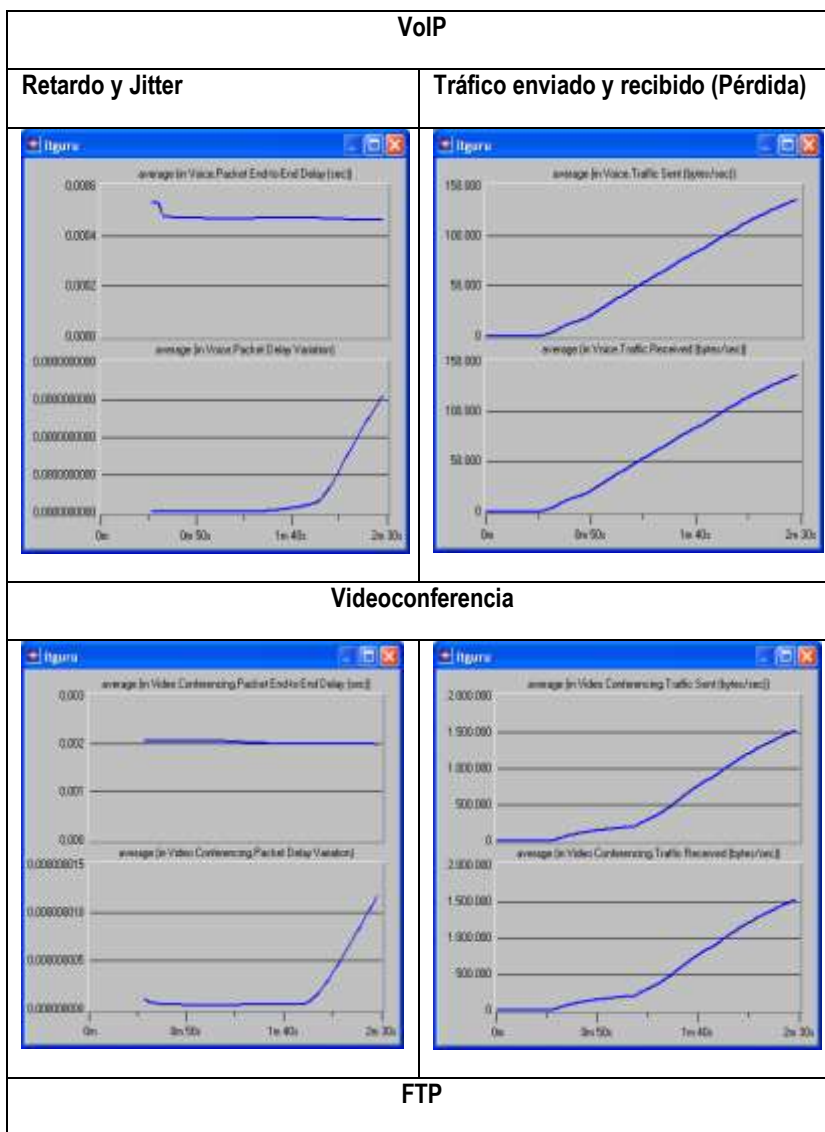
Figura D.8. Medidas en los enlaces

Parte 2: Gráficas correspondientes a las pruebas 3, 4 y 5 del Escenario 2.

En esta sección se presentan las gráficas relacionadas con las tablas de resultados de las pruebas 3, 4 y 5, mostrados en el documento.

Prueba 3: Simulación del Modelo con 2 Nodos y 345 usuarios

A continuación se muestran las gráficas correspondientes a esta prueba.



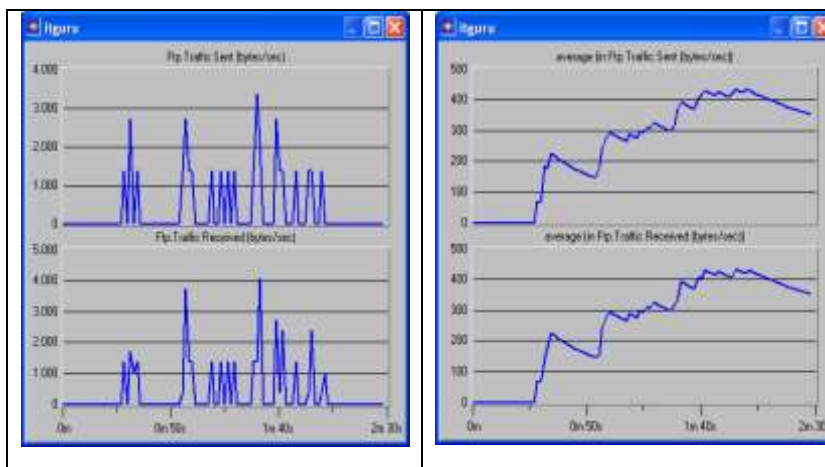


Figura D.9 Gráficas de las aplicaciones

A continuación en las Figuras D.10 se puede observar las gráficas correspondientes a las medidas de Ethernet.

CANAL ETHERNET	ETHERNET
Tráfico Enviado, Tráfico Recibido y Utilización Canal Ethernet	Retardo, Carga y Tráfico Recibido
Servidor VoIP	
Servidor Videoconferencia	

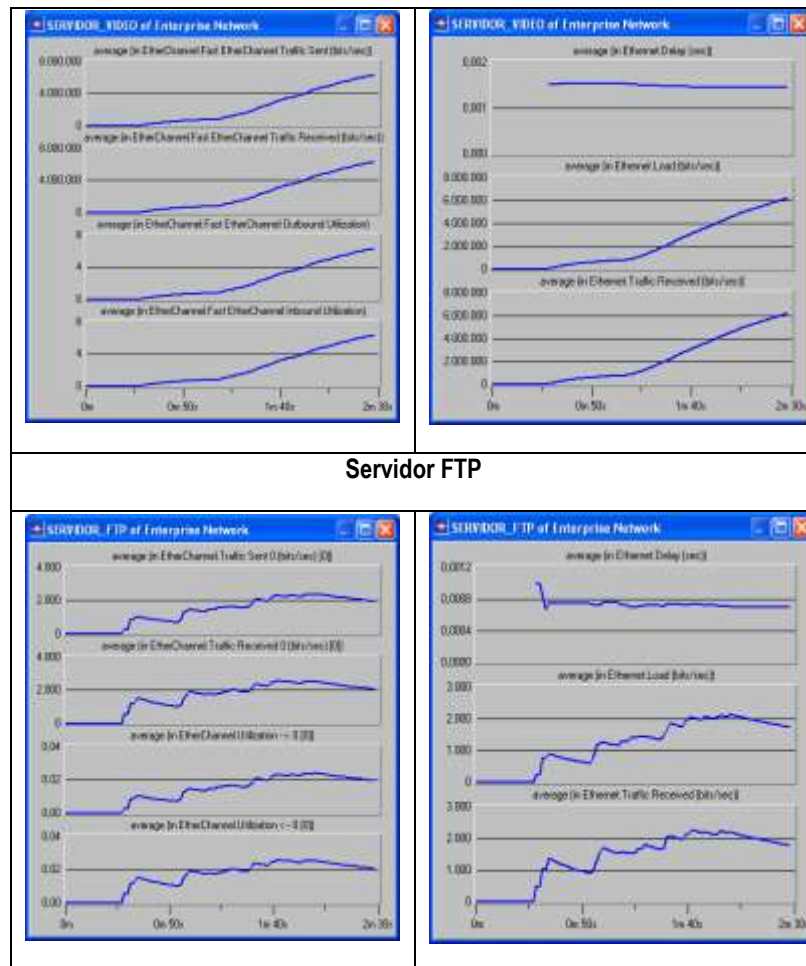


Figura D.10 Gráficas de las medidas de la Tecnología Ethernet

En la Figura D.11 se muestran las gráficas correspondientes a las medidas tomadas en las VLANs.



Figura D.11 Medidas tomadas en las VLANs

En la Figura D.12 se muestra la gráficas respectivas de las medidas tomadas en los enlaces.

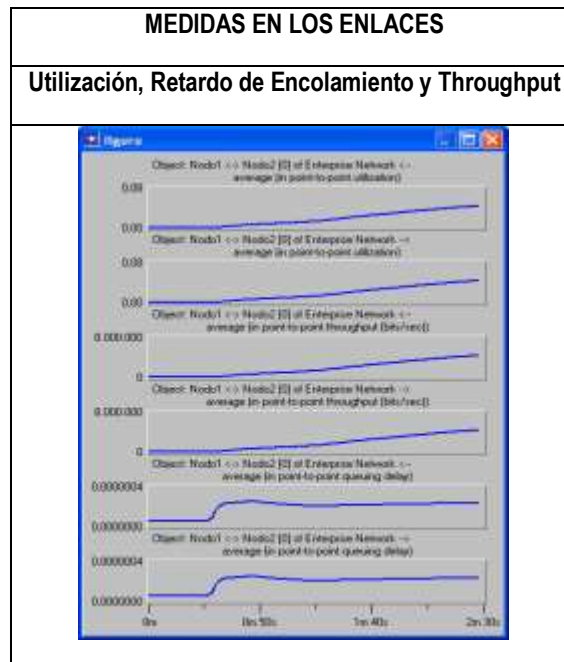
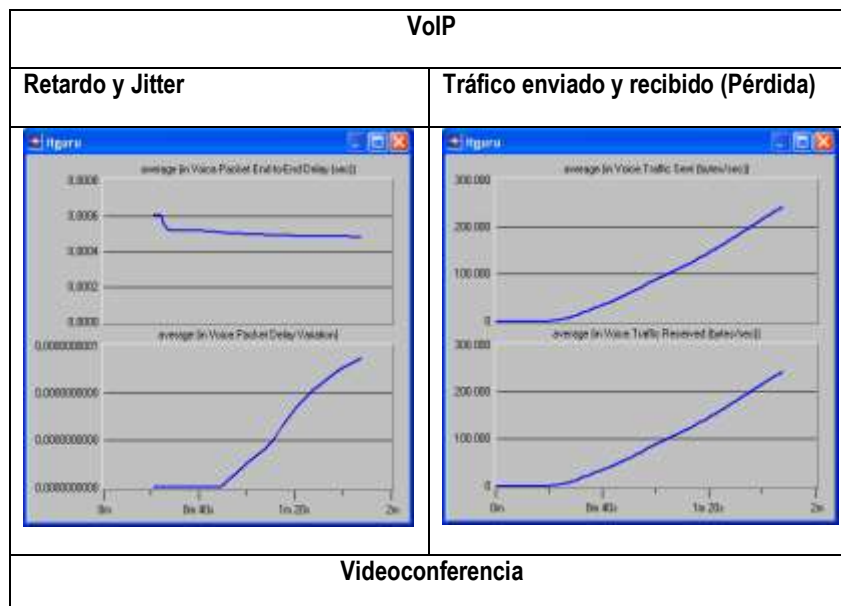
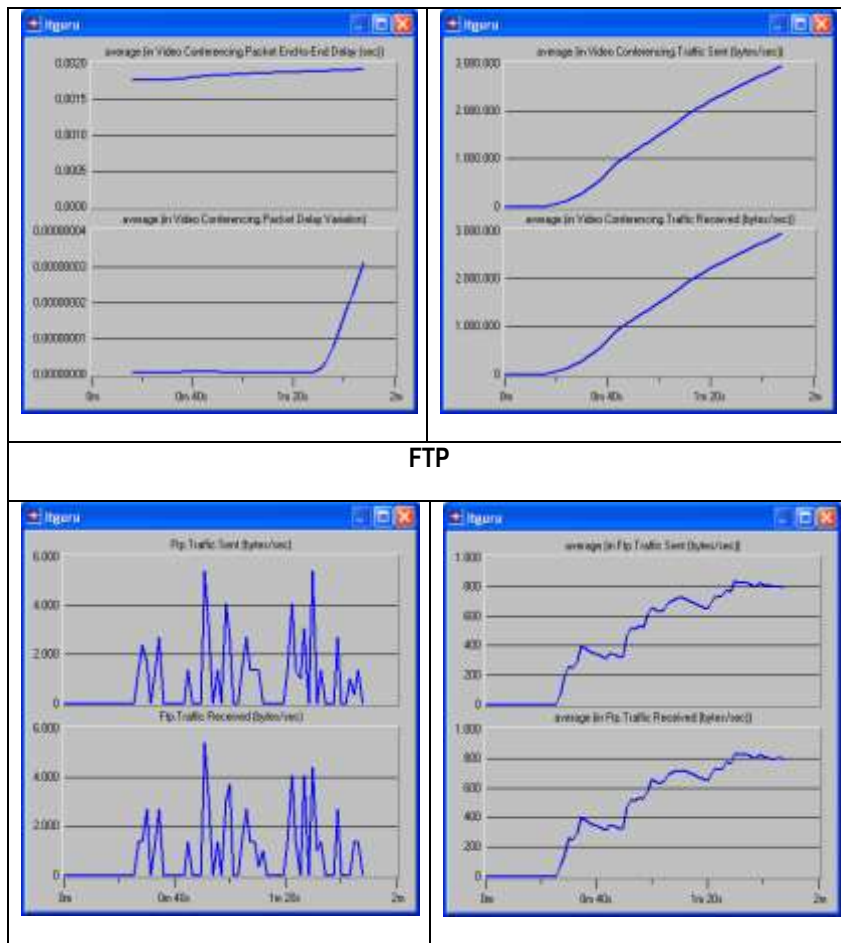


Figura D.12 Medidas en los enlaces

Prueba 4: Simulación del Modelo con 2 Nodos y 458 usuarios

En la Figura D.13 se presentan las gráficas de los parámetros de desempeño, obtenidas en las aplicaciones.





FTP

Figura D.13 Gráficas de los parámetros de desempeño, tomadas en las aplicaciones

En la Figura D.14 se observa las medidas tomadas de la Tecnología Ethernet.

CANAL ETHERNET	ETHERNET
Tráfico Enviado, Tráfico Recibido y Utilización Canal Ethernet	Retardo, Carga y Tráfico Recibido
Servidor VoIP	

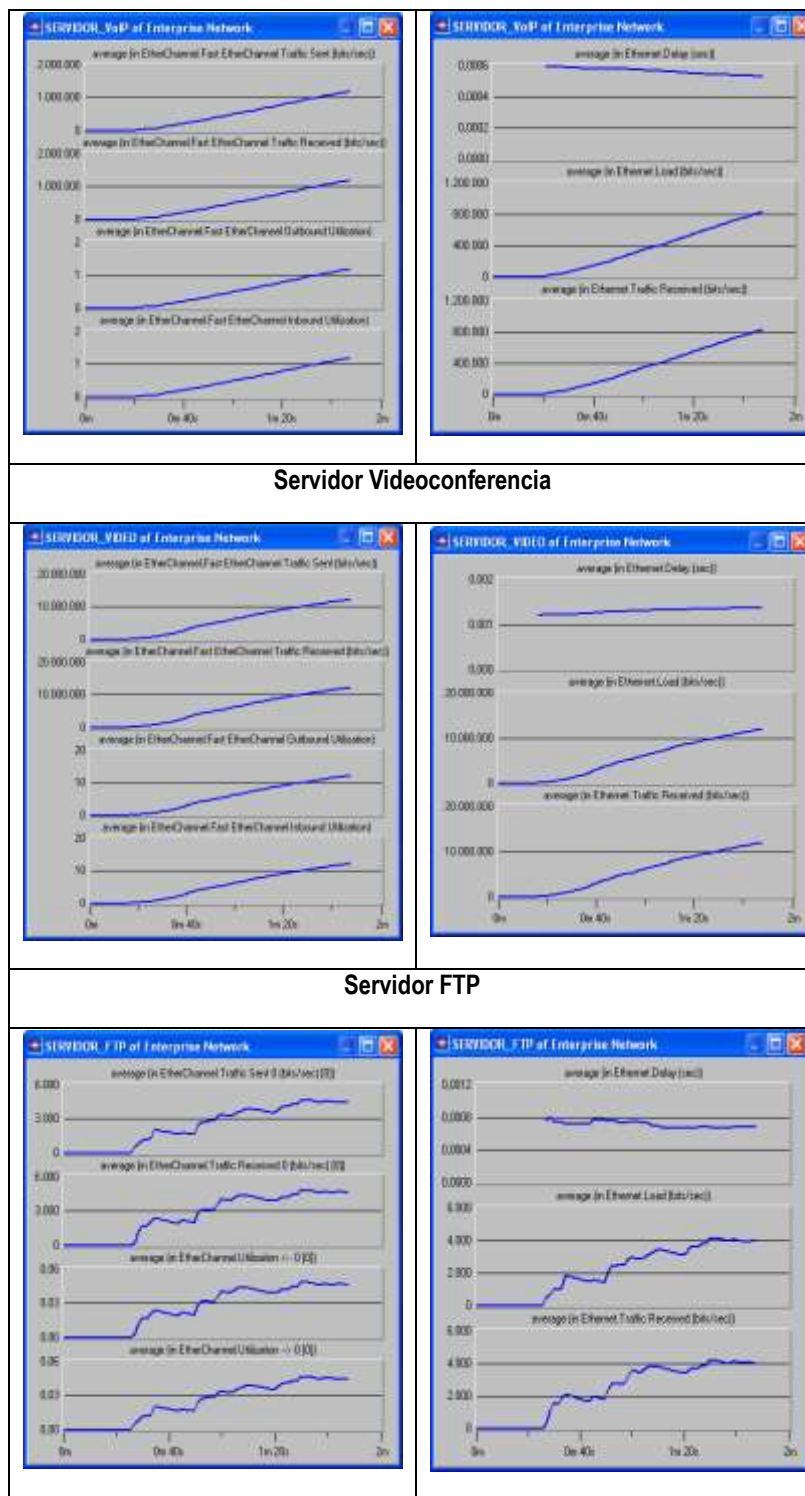


Figura D.14 Medidas de Ethernet

En las Figuras D.15 se muestran las gráficas relacionadas con las medidas tomadas en las VLANs.



Figura D.15 Medidas tomadas en las VLANs

En las Figuras D.16 se observan las gráficas de las medidas tomadas en los enlaces.



Figura D.16 Medidas tomadas en los enlaces

Prueba 5: Simulación del Modelo con 4 Nodos y 597 usuarios

En las Figuras D.17 se observan las gráficas de los parámetros de desempeño.

VoIP	
Retardo y Jitter	Tráfico enviado y recibido (Pérdida)

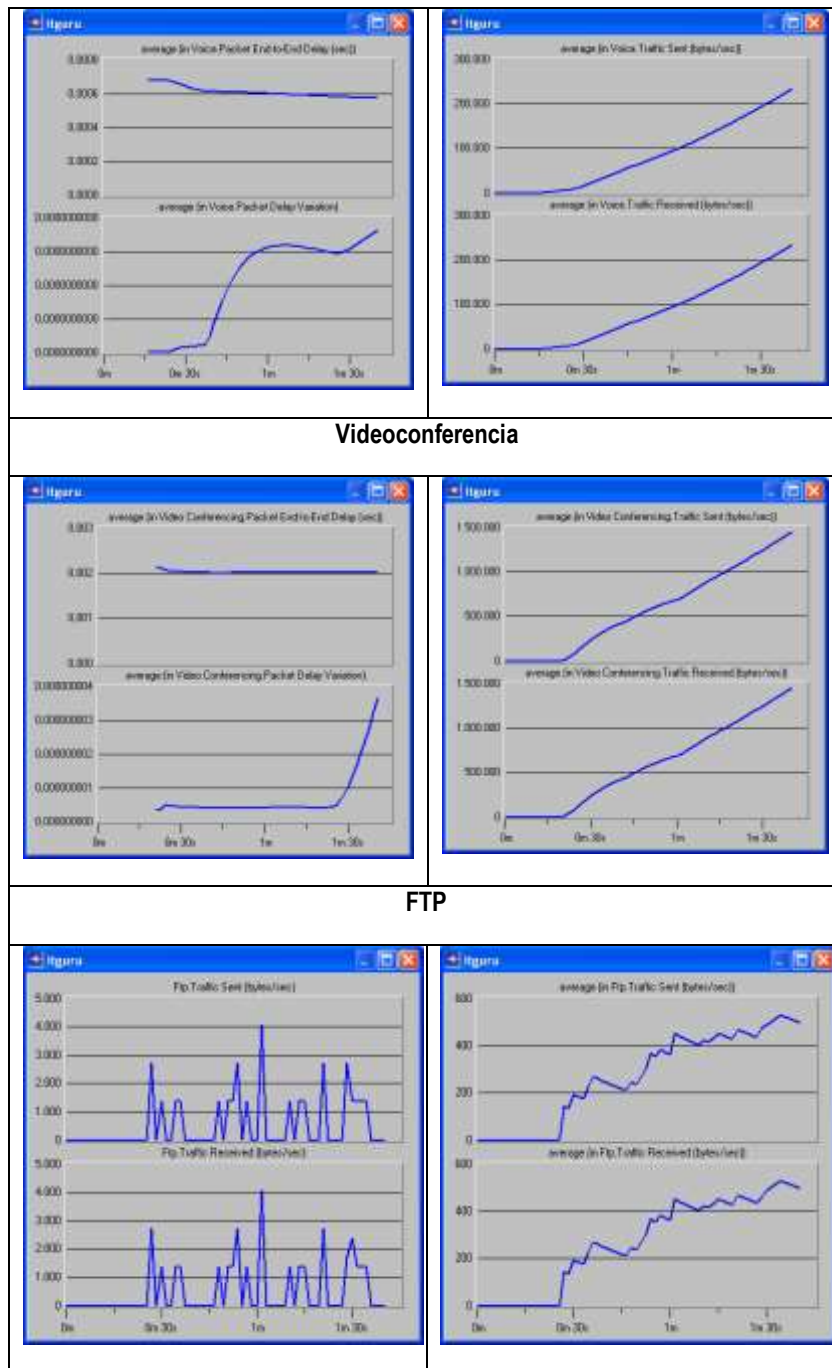


Figura D.17 Medidas de los Parámetros de desempeño

En las Figuras D.18 se muestran las gráficas de las medidas tomadas de la Tecnología Ethernet.

CANAL ETHERNET	ETHERNET
Tráfico Enviado, Tráfico Recibido y Utilización Canal Ethernet	Retardo, Carga y Tráfico Recibido

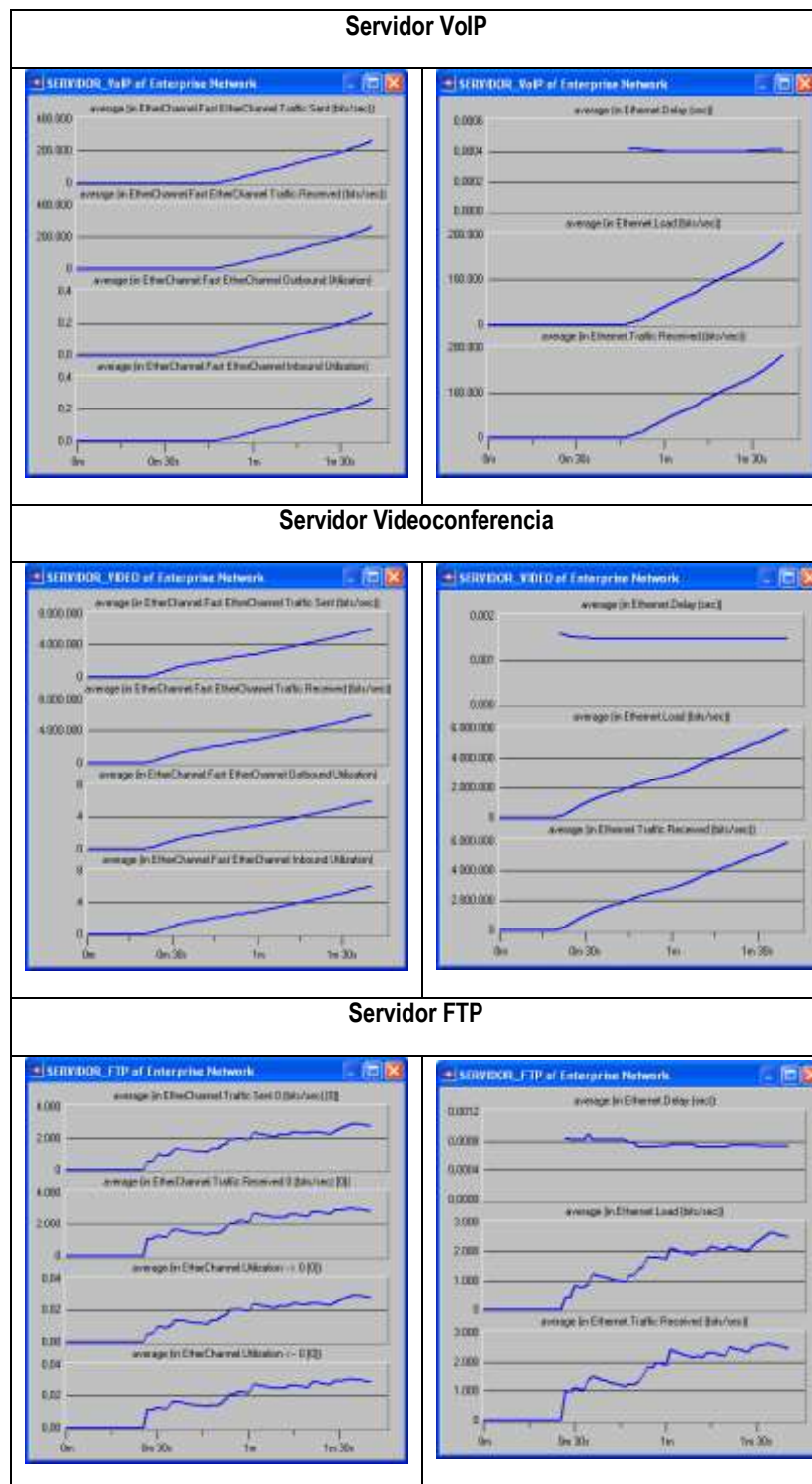


Figura D.18 Medidas de la tecnología Ethernet

En las Figuras D.19 se observan las gráficas de las medidas tomadas en las VLANs.

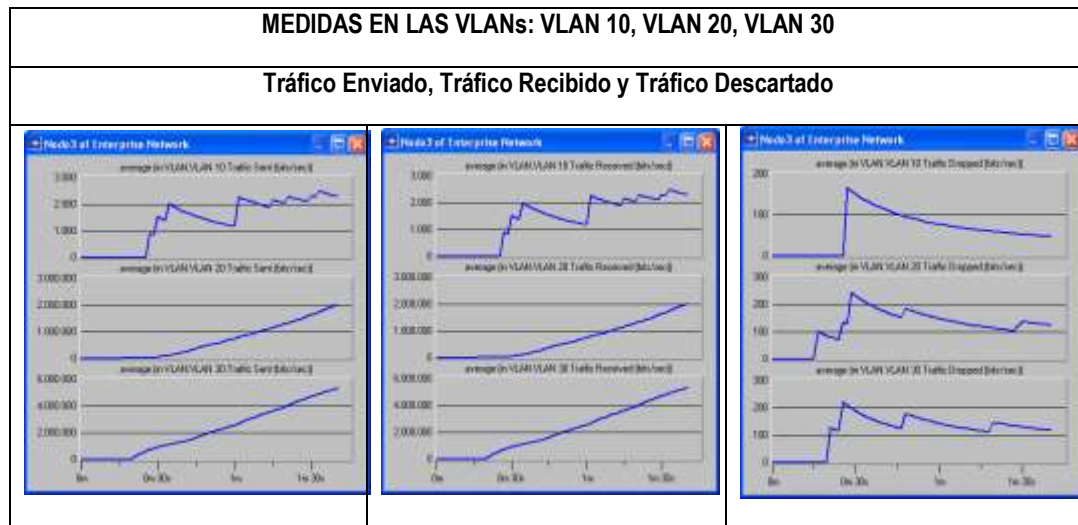


Figura D.19 Medidas en las VLANs

En las Figuras D.20 se muestran las gráficas de las Medidas tomadas en los enlaces.

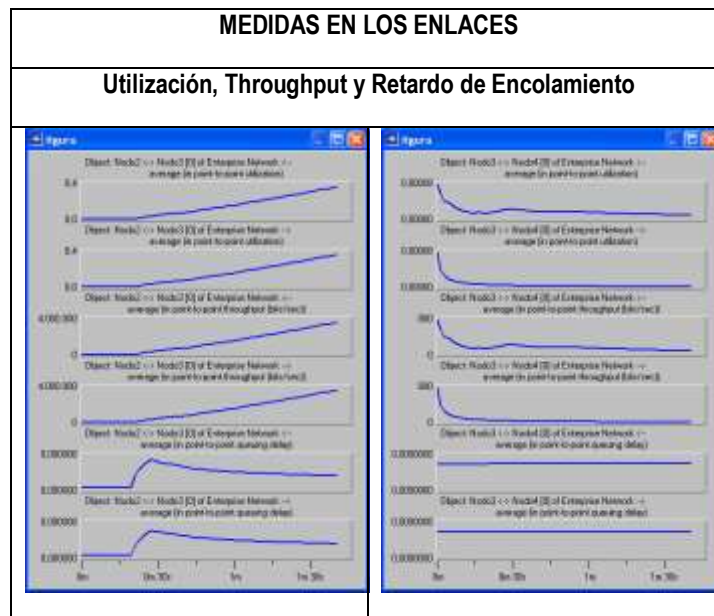


Figura D.20 Medidas tomadas en los enlaces