

4. HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DE REDES DE COMUNICACIONES

En este capítulo se hace una comparación de algunas de las herramientas software de simulación, las cuales han evolucionado permitiendo facilitar la implementación y el análisis de sistemas de comunicación cada vez más complejos.

Para la realización de este proyecto, se tomaron algunas de las principales herramientas que se utilizan actualmente para la simulación de modelos y aplicaciones de red, con el fin de evaluar sus prestaciones, ventajas y desventajas.

4.1 FLAN (F- Links And Nodes)

Es un software desarrollado con el lenguaje de programación Java y se distribuye con licencia pública GNU. Se considera que pertenece al grupo de los simuladores de propósito general, ya que por medio de Java se pueden crear y configurar nuevos dispositivos, aplicaciones o protocolos de red, aun si no están incluidos dentro de las librerías del programa, inclusive se pueden realizar modificaciones al código fuente de FLAN (F- Links And Nodes).

4.1.1 Características generales. FLAN es una herramienta de simulación que permite el diseño, la construcción, y la prueba de una red de comunicaciones en un ambiente simulado. El programa hace el análisis de las redes asociando su estructura basada en nodos y enlaces, con bloques simples, por medio de los cuales se puede entender el funcionamiento especialmente de los protocolos de enrutamiento que maneja la capa de red.

4.1.2 Requerimientos del sistema. Para instalar el simulador FLAN, es necesario tener previamente el Kit de Desarrollo de Java J2SE (Java 2 Platform Standard Edition); este kit incluye una JVM (Java Virtual Machine, Máquina Virtual de Java), una API (Application Programming Interfaces, Interface de Programación de Aplicaciones) y un compilador que se necesita para desarrollar y compilar el FLAN. Una vez, se haya instalado el kit de desarrollo, la máquina virtual de Java (JVM), permite que el programa funcione sobre cualquier sistema que la contenga.

En la tabla 10 se resumen los principales requerimientos del sistema.

Tabla 10 Requerimientos mínimos del software FLAN

Sistema Operativo	Requerimientos mínimos
Plataformas Microsoft Windows 98/2000, Linux, UNIX, Mac OS X.	<p>Es necesario instalar el kit de desarrollo Java 2 Platform Standard Edition (J2SE) el cual es necesario para compilar y ejecutar FLAN.</p> <p>Hardware: Procesador Intel Pentium 250 MHz o equivalente, 64 MB RAM, espacio disponible en D.D. 20 MB.</p>

Fuente: Autor del proyecto

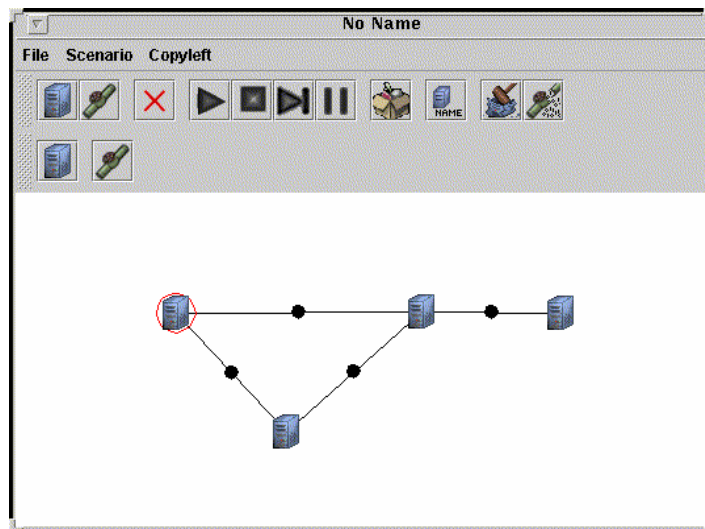
El proceso de instalación consiste en la descarga y compilación del programa, para finalmente poder acceder al modelado y posterior simulación de una red de comunicaciones.

4.1.3 Interfaz gráfica del usuario. El área de trabajo de este simulador consta de tres módulos bien identificados: en primer lugar una ventana principal, después una ventana de consola y finalmente una interfaz de salida gráfica.

Ventana principal. En éste módulo se encuentran todos los elementos necesarios para crear y manipular una topología de red. Dentro de esta ventana se incluyen la barra de menú, la barra de herramientas, y la hoja de dibujo, es decir el área de trabajo. Se puede acceder a archivos que se hayan guardado y simulado con anterioridad, utilizando las opciones de la barra de menú, además, la mayoría de los elementos necesarios para simular se encuentran disponibles en la barra de herramientas en forma de botones que se complementan con la representación gráfica de la acción o dispositivo que representan. La ventana principal de FLAN se muestra en la figura 14.

Ventana de consola. Este módulo, muestra al usuario la información de la red y proporciona información sobre las acciones que se están ejecutando durante la simulación, es decir, mediante este módulo el usuario tiene la capacidad de ver no solamente los eventos ocurridos en la hoja de dibujo, sino también analizar y seguir las acciones que esos eventos producen en la red. En la figura 15, se muestra la consola del simulador FLAN.

Figura 14. Ventana principal de FLAN



Fuente: Documentación de FLAN¹²

Figura 15. Consola de FLAN



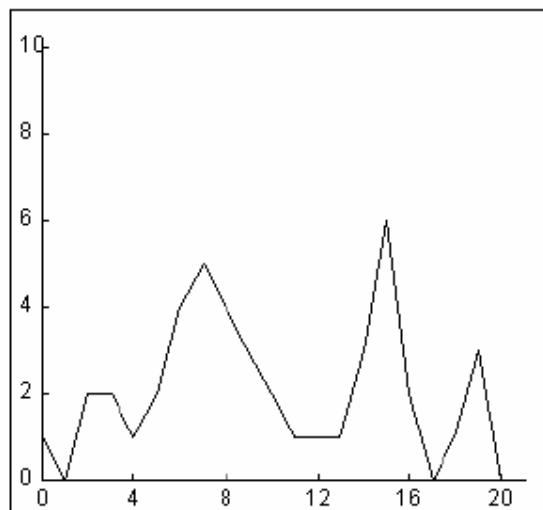
Fuente: Documentación de FLAN

Interfaz de salida gráfica. La interfaz de salida YO! permite al usuario analizar lo sucedido durante la simulación en forma gráfica, mediante un eje de coordenadas, donde las ordenadas (eje y), representan el número de paquetes y las abscisas

¹² <http://picolibre.enst-bretagne.fr/projects/flan>

(eje x), representan la escala del tiempo. En la figura 16, se muestra la ventana de interfaz gráfica YO!, donde se visualiza el comportamiento del tráfico de la red.

Figura 16. Interfaz gráfica YO!



Fuente: Documentación de FLAN¹³

4.1.4 Ventajas y desventajas del sistema. En la tabla 11 se resumen las principales ventajas que se tienen al utilizar el software de FLAN, además se incluyen algunas falencias y dificultades que se presentan con el programa.

Tabla 11. Ventajas y desventajas del software FLAN

Ventajas	Desventajas
Este es un software multiplataforma, es decir que puede ser implementado sobre cualquier sistema operativo que soporte la máquina virtual de Java.	Flan está diseñado para la prueba de protocolos en redes pequeñas, es decir, que tengan menos de 100 nodos. Aunque el usuario puede tener tantos nodos como desee, el funcionamiento se verá afectado mientras se agreguen más y más nodos.
El programa contiene además, unas herramientas llamadas manejadores, que son protocolos específicos que ayudan a determinar cómo es recibida la	El programa permite que se trabaje con

¹³ Ibid

<p>información, cómo procesarla y además cómo dirigir la simulación.</p> <p>Los manejadores podrían incluir Protocolo IP por ejemplo, que conduce la simulación hacia el mundo del IP. Esto incluiría tomar datos abstractos tales como entradas y direcciones de la tabla de encaminamiento, y el proceso de ellas según el estándar del IP. Los manejadores también incluyen paquetes de datos para distintos tipos de datos.</p>	<p>la interfaz gráfica, sin embargo es necesario tener conocimientos básicos sobre el lenguaje de programación Java, para poder hacer más configuraciones con el software y dar solución a problemas que se presenten al momento de definir características o parámetros de los dispositivos, protocolos y/o aplicaciones.</p> <p>Por otra parte, pueden presentarse problemas al compilar los instaladores de FLAN, si no se tiene la versión apropiada del JDK de JAVA.</p>
---	---

Fuente: Documentación del programa

Teniendo en cuenta las desventajas que presenta FLAN, sus desarrolladores crearon el programa GFlan. Este software sirve como complemento del simulador Flan, y permite hacer más fácil el diseño y la construcción de una red con distintos protocolos en un ambiente aun más amigable para el usuario, que el que se tiene con FLAN.

4.2 PACKET TRACER™

Es un simulador gráfico de redes desarrollado y utilizado por Cisco como herramienta de entrenamiento para obtener la certificación CCNA¹⁴. Packet Tracer es un simulador de entorno de redes de comunicaciones de fidelidad media, que permite crear topologías de red mediante la selección de los dispositivos y su respectiva ubicación en un área de trabajo¹⁵, utilizando una interfaz gráfica.

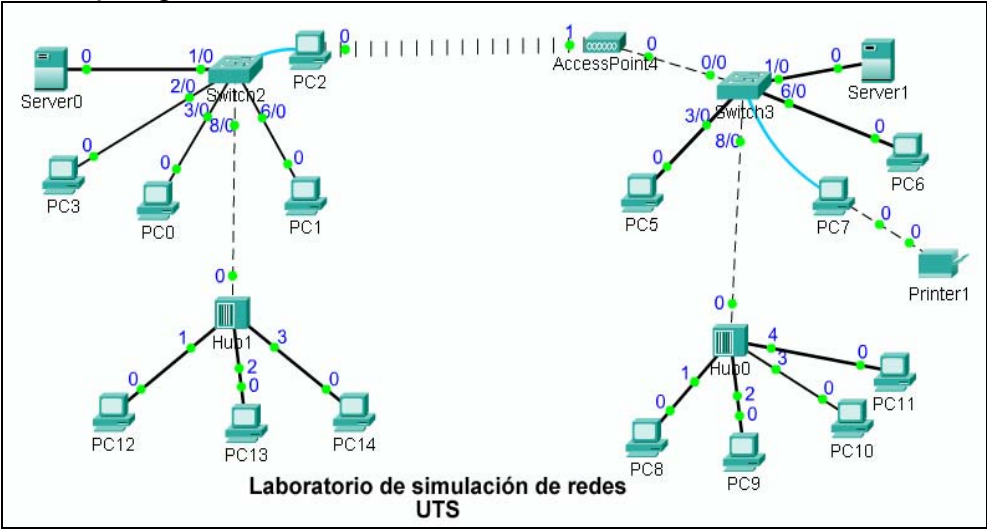
4.2.1 Características generales. Packet Tracer es un simulador que permite realizar el diseño de topologías, la configuración de dispositivos de red, así como la detección y corrección de errores en sistemas de comunicaciones. Ofrece como ventaja adicional el análisis de cada proceso que se ejecuta en el programa de acuerdo a la capa de modelo OSI que interviene en dicho proceso; razón por la cuál es una herramienta de gran ayuda en el estudio y aprendizaje del funcionamiento y configuración de redes de comunicaciones y aplicaciones

¹⁴ CCNA (Cisco Certified Network Associate)

¹⁵ Interfaz drag and drop

telemáticas. En la figura 17, se muestra una topología de red, modelada con el programa Packet Tracer V 3.2.

Figura 17. Topología de red con Packet Tracer



Fuente: Autor del proyecto

4.2.2 Requerimientos del sistema. Para una correcta instalación y posterior uso del software de PACKET TRACER, se hacen las recomendaciones de la tabla 12.

Tabla 12. Requerimientos básicos para la instalación de Packet Tracer

Sistema operativo	Requerimientos mínimos	Recomendaciones
Microsoft Windows 98, ME, 2000, or XP y Macintosh	<p>Procesador Intel Pentium 200 MHz o equivalente, 64 MB RAM, espacio disponible en D.D. 30 MB</p> <p>Macromedia Flash Player 6.0 o superior</p> <p>La versión 3.2 de Packet Tracer no soporta computadores Macintosh.</p>	Tarjeta de sonido y parlantes.

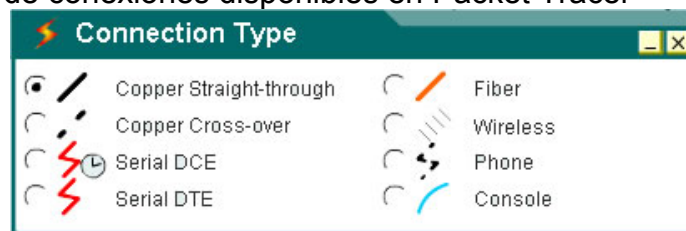
Fuente: Archivos del programa

4.2.3 Interfaz gráfica del usuario. Este software ofrece una interfaz basada en ventanas, que le ofrece al usuario facilidades para el modelado, la descripción, la configuración y la simulación de redes. Packet Tracer tiene tres modos de operación: el primero de estos es el modo topology (topología), que aparece en la ventana de inicio cuando se abre el programa, el otro es el modo simulation (simulación), al cual se accede cuando se ha creado el modelo de la red; finalmente aparece el modo realtime (tiempo real), en donde se pueden programar mensajes SNMP para detectar los dispositivos que están activos en la red y si existen algún problema de direccionamiento o tamaño de tramas entre las conexiones. A continuación se describirá brevemente cada uno de los modos de operación de Packet Tracer.

4.2.4 Modo de operación de topología. En el modo “Topology”, se realizan tres tareas principales, la primera de ellas es el diseño de la red mediante la creación y organización de los dispositivos; por consiguiente en este modo de operación se dispone de un área de trabajo y de un panel de herramientas en donde se encuentran los elementos de red disponibles en Packet Tracer. En la figura 19 se muestran los dispositivos y herramientas para construir redes, que ofrece Packet Tracer v 3.2.

En segundo lugar, en este modo de operación se realiza la interconexión de los dispositivos de red del modelo. Packet Tracer contiene un menú con gran variedad de tipos de enlaces, los cuales pueden ser seleccionados de acuerdo con el tipo de conexión que se vaya a realizar. En la figura 18 se muestran los tipos de conexiones del programa.

Figura 18. Tipos de conexiones disponibles en Packet Tracer



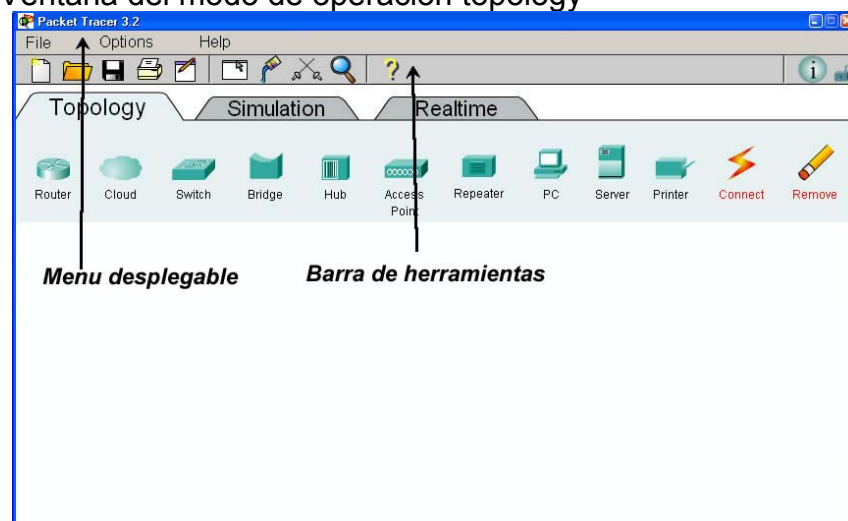
Fuente: Autor del proyecto

Finalmente, en el modo topology, se configuran los puertos de interconexión entre los dispositivos y se editan los parámetros y características de cada elemento creado en la red.

Dentro del modo de operación topology, existe una herramienta que permite hacer de forma automática, las conexiones entre los dispositivos de la red, ésta opción se activa cuando se selecciona el Simple Mode (modo simple) y esta selección hace que el programa sea el que elija tipo de enlace, de acuerdo con la conexión que se va a realizar. Cuando se desactiva el Simple Mode, el usuario debe seleccionar el enlace y los puertos de los dispositivos por los cuales se efectuará dicha conexión.

Cabe resaltar que en las primeras experiencias con el programa, se debe trabajar y configurar manualmente los dispositivos y enlaces, es decir con el Simple Mode inactivo; para sacar el máximo provecho al entrenamiento que ofrece el programa. Resumiendo, en el modo de operación Topology, se construye el modelo de la red, seleccionado, interconectando y configurando los dispositivos. En la figura 19, se muestra la ventana del modo de operación de topología de Packet Tracer.

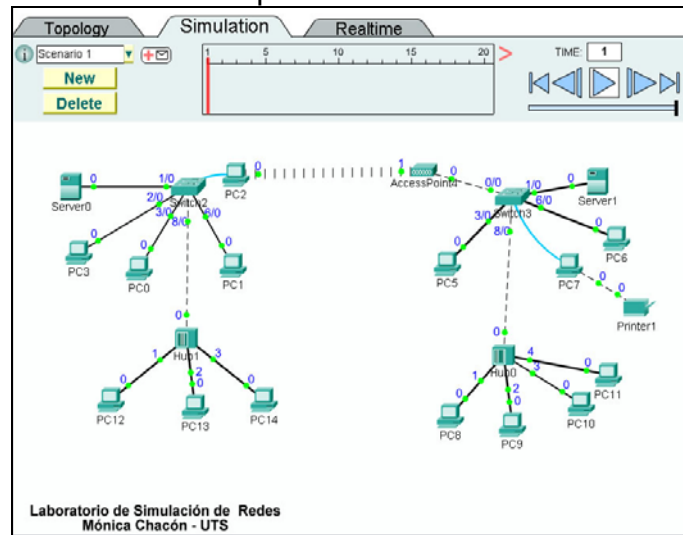
Figura 19. Ventana del modo de operación topology



Fuente: Autor del proyecto

4.2.5 Modo de operación de simulación. En el modo simulation, se crean y se programan los paquetes que se van a transmitir por la red que previamente se ha modelado. Dentro de este modo de operación se visualiza el proceso de transmisión y recepción de información haciendo uso de un panel de herramientas que contiene los controles para poner en marcha la simulación. Una de las principales características del modo de operación simulation, es que permite desplegar ventanas durante la simulación, en las cuales aparece una breve descripción del proceso de transmisión de los paquetes; en términos de las capas del modelo OSI. Ver figura 20.

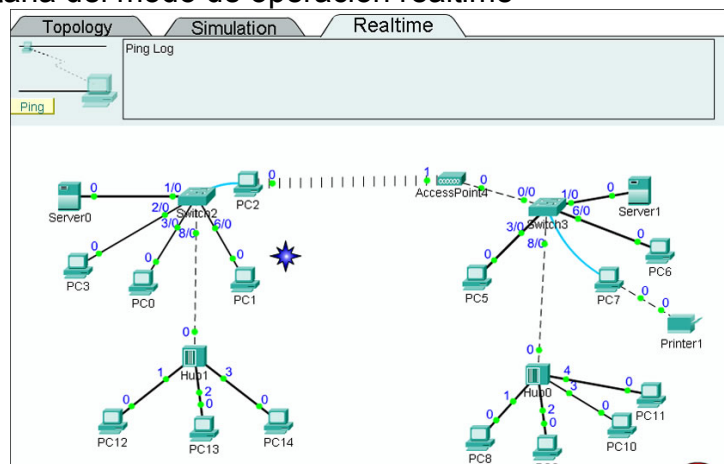
Figura 20. Ventana del modo de operación simulation



Fuente: Autor del proyecto.

4.2.6 Modo de operación en tiempo real. Este modo de operación está diseñado para enviar pings o mensajes SNMP, con el objetivo de reconocer los dispositivos de la red que están activos, y comprobar que se puedan transmitir paquetes de un hosts a otro(s) en la red. Dentro del modo Realtime, se encuentra el cuadro de registro Ping log, en donde se muestran los mensajes SNMP que han sido enviados y se detalla además el resultado de dicho proceso; con base en este resultado se puede establecer cuál o cuales de los terminales de la red están inactivos, a causa de un mal direccionamiento IP, o diferencias en el tamaño de bits de los paquetes. En la figura 21, se muestra la ventana del modo de operación realtime.

Figura 21. Ventana del modo de operación realtime



Fuente: Autor del proyecto

4.2.7 Ventajas y desventajas del sistema. En la tabla 13, se resumen las principales ventajas del programa Packet Tracer, así como algunas desventajas del sistema.

Tabla 13. Ventajas y desventajas del simulador Packet Tracer

Ventajas	Desventajas
El enfoque pedagógico de este simulador, hace que sea una herramienta muy útil como complemento de los fundamentos teóricos sobre redes de comunicaciones.	Es un software propietario, y por ende se debe pagar una licencia para instalarlo.
El programa posee una interfaz de usuario muy fácil de manejar, e incluye documentación y tutoriales sobre el manejo del mismo. Permite ver el desarrollo por capas del proceso de transmisión y recepción de paquetes de datos de acuerdo con el modelo de referencia OSI.	Solo permite modelar redes en términos de filtrado y retransmisión de paquetes. No permite crear topologías de red que involucren la implementación de tecnologías diferentes a Ethernet; es decir, que con este programa no se pueden implementar simulaciones con tecnologías de red como Frame Relay, ATM, XDSL, Satelitales, telefonía celular entre otras.
Permite la simulación del protocolo de enrutamiento RIP V2 y la ejecución del protocolo STP y el protocolo SNMP para realizar diagnósticos básicos a las conexiones entre dispositivos del modelo de la red.	Ya que su enfoque es pedagógico, el programa se considera de fidelidad media para implementarse con fines comerciales.

Fuente: Documentos del programa

4.3 KIVA

Es un simulador de redes basado en Java que permite especificar diferentes esquemas de redes de datos y simular el encaminamiento de paquetes a través de dichas redes.

4.3.1 Características generales. Kiva es una herramienta software orientada principalmente a simular el comportamiento del protocolo IP, y especialmente para el estudio del tratamiento de los datagramas y el encaminamiento de los mismos por una red. También al utilizarlo, se puede estudiar el funcionamiento de los

protocolos auxiliares ARP e ICMP y emular el funcionamiento básico de tecnologías de enlace como Ethernet. Con esta herramienta, se puede diseñar una topología de red con la interfaz gráfica, configurar el direccionamiento y las tablas de encaminamiento para los dispositivos y simular el envío de paquetes de un equipo a otro.

La principal aplicación del programa es en la enseñanza de los fundamentos sobre el funcionamiento de redes de datos; pero este entorno, también puede ser muy útil para el diseño y comprobación del encaminamiento en redes de datos a nivel comercial.

El objetivo principal de este programa, es ayudar a diseñar y comprender el funcionamiento de redes de datos y en especial el encaminamiento de paquetes en la arquitectura TCP/IP, sin necesidad de una infraestructura real y de herramientas de análisis de tráfico; éste programa, también es capaz de simular distintos tipos de errores en el funcionamiento de las redes, como la pérdida de paquetes o fallos en tablas de encaminamiento.

El programa es multiplataforma, dado que todo su entorno fue desarrollado con el programa de simulación Java, además Kiva ofrece un API que permite usar las funciones de simulación desde otras aplicaciones de Java.

4.3.2 Requerimientos del sistema. Para instalar el simulador de redes KIVA es necesario tener un sistema con las características de la tabla 14.

Tabla 14. Requerimientos básicos de Kiva

Sistema operativo		Requerimientos mínimos
Plataformas	Microsoft	Procesador Pentium de 250 MHz o equivalente 32 MB de RAM y 20 MB de espacio libre en el disco.
Windows y Linux		

Fuente: Autor del proyecto

Para la interfaz gráfica se requiere:

Los archivos ejecutables, V 1.0 con API de simulación actualizado. Este archivo, incluye el paquete JAR con el último API de simulación, también se requiere tener

instalada la biblioteca runtime de Java (J2SE JRE 1.4.2), que se puede descargar del web de Sun, para ejecutar la aplicación, primero hay que descomprimir los archivos en una carpeta, y después ejecutar el archivo ej.bat. El programa dispone de una ayuda sencilla.

A primera vista la instalación de Kiva parece muy compleja, pero en realidad se trata de un procedimiento sencillo, que será descrito a continuación.

4.3.3 Pasos para la instalación de Kiva. Para instalar correctamente las librerías y los programas que se descargan para trabajar con el simulador Kiva, se deben seguir estos pasos:

1. Descargue los archivos que aparecen en la pagina web del desarrollador.
2. Instale la biblioteca runtime J2SE JRE 1.4.2 de Java
3. Ejecute el archivo “ eje.bat ” , cada vez que desee trabajar con el simulador.

4.3.4 Interfaz gráfica de usuario. En la versión actual, la interfaz de usuario está implementada con un conjunto de clases que se deben descargar y ejecutar en el equipo del usuario, cada vez que se desee trabajar con el programa.

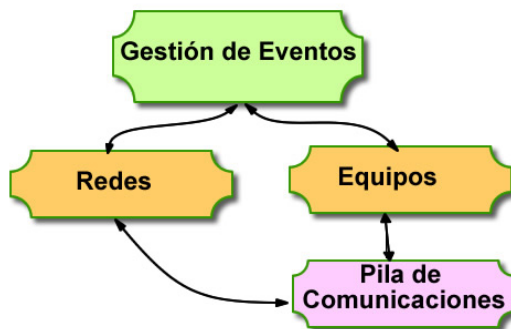
Kiva se compone de dos partes, totalmente implementadas con el lenguaje de programación Java. La primera es un API¹⁶, que ofrece un motor de simulación de redes a otras aplicaciones; este API está formado por cuatro bloques: el primero de estos es el bloque de gestión de eventos discretos, el segundo es el de los objetos que representan las redes de datos, el tercer bloque es el de los objetos que representan los equipos finales o de interconexión y finalmente, aparece un cuarto bloque con la pila de comunicaciones.

Los APIs son modulares y extensibles, de forma que se puedan ir incorporando fácilmente a éstos, nuevos tipos de redes y de equipos.

En la figura 22, se ilustra un diagrama de bloques que muestra los componentes de un API.

¹⁶ Application Programming Interface, Interface de Programación de Aplicaciones

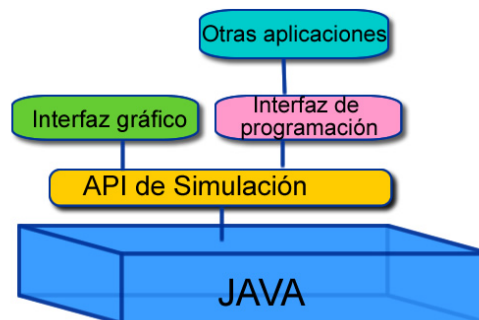
Figura 22. Componentes básicos de un API



Fuente: Ayuda Online de KIVA¹⁷

La segunda es propiamente la interfaz gráfica, la cual, también hace uso del API de simulación. En la figura 23, se muestra un diagrama de bloques sobre la estructura del programa de simulación Kiva.

Figura 23. Estructura del simulador Kiva



Fuente: Ayuda Online de KIVA¹⁸

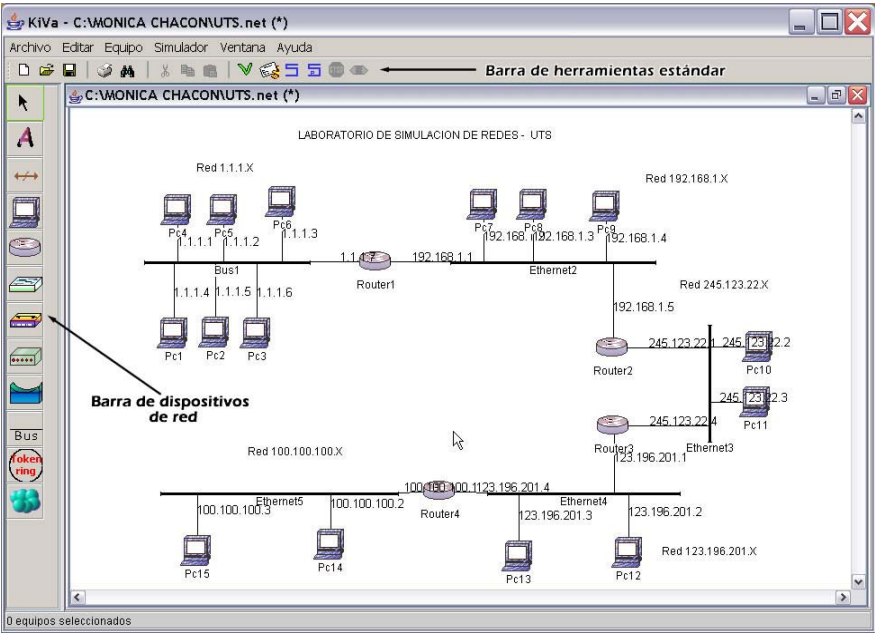
La interfaz gráfica permite especificar las topologías de las redes de datos, mediante un editor gráfico; además permite la configuración del direccionamiento de los equipos de la red, el encaminamiento de la información y el acceso a las características que ofrece el API de simulación de una forma sencilla, sin necesidad de programar.

En la figura 24, se muestra una topología de red modelada con el programa de simulación Kiva.

¹⁷ <http://disclab.ua.es/aurova>

¹⁸ Ibid

Figura 24. Interfaz gráfica de Kiva



Fuente: Autor del proyecto

4.3.5 Ventajas y desventajas del sistema. Kiva es uno de los programas más completos, para la simulación de redes de comunicaciones, sin embargo no tienen la misma orientación de la mayoría de simuladores que se desarrollaron para evaluar los parámetros de carga y rendimiento en las redes, Kiva se orienta al estudio del protocolo IP y las arquitecturas TCP/IP. En la tabla 15 , se resumen las principales ventajas y desventajas del simulador KIVA.

Tabla 15. Ventajas y desventajas del sistema

Ventajas	Desventajas
El programa se distribuye con software libre y además es multiplataforma. Permite el estudio de las redes IP y especialmente el seguimiento y análisis del funcionamiento, el envío, el tratamiento y la recepción de los datagramas a través de arquitecturas TCP/IP.	En la versión actual, la interfaz de usuario está implementada con un conjunto de clases, las cuales deben ejecutarse en el equipo del usuario, cada vez que se desee trabajar con éste programa. Se deben descargar varios archivos para poder instalar el programa;

<p>Su orientación académica, hacen que sirva de ayuda para el diseño y comprensión del funcionamiento de redes de datos.</p>	<p>además se debe tener especial cuidado en descargar las versiones que se especifican ya que otras versiones de dichos paquetes, no permitirán que se complete la instalación.</p>
<p>Sirve como complemento de los fundamentos teóricos sobre arquitecturas por niveles, protocolos de enlace y arquitecturas TCP/IP.</p>	<p>Para el diseño y comprobación del encaminamiento en redes de datos a nivel comercial o para fines de investigación y desarrollo; se debe hacer programación en Java</p>

Fuente: Archivos del programa

4.4 NS (NETWORK SIMULATOR)

El Network Simulator más conocido como NS, es un software orientado a simular eventos discretos; se desarrolló con base a dos lenguajes de programación: uno de ellos es un simulador escrito en C++ y el otro es una extensión de TCL¹⁹, orientada a objetos; este programa ha sido diseñado especialmente para el área de la investigación de redes telemáticas.

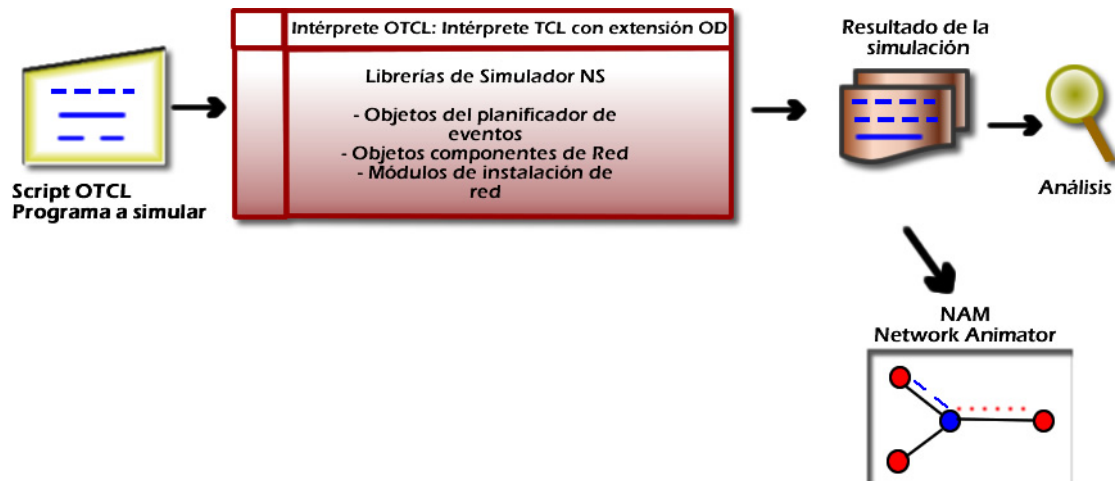
4.4.1 Características generales. NS es una herramienta con un amplio rango de uso y que continuamente sirve como base para el desarrollo de otros programas de simulación; además este software soporta una gran cantidad de protocolos de las capas de aplicación y transporte, además de otros utilizados para el enrutamiento de los datos, entre los cuales están: HTTP, FTP, CBR, TCP, UDP, RTP, SRM, entre otros; los cuales pueden ser implementados tanto en redes cableadas, como inalámbricas locales o vía satélite; y que son aplicables a grandes redes con topologías complejas y con un gran número de generadores de tráfico. Para visualizar los resultados es necesario instalar el Network Animator (NAM), el cual es una herramienta de interfaz gráfica muy sencilla de utilizar. NS depende de algunos componentes externos como: Tcl/Tk, Otcl, TclCL²⁰ que hacen parte del compilador de para Linux, además del xgraph, que es un componente opcional solo para cuando se necesite evaluar series.

¹⁹ TCL (del inglés Tool Command Language) es un lenguaje de script creado por John Ousterhout, de fácil aprendizaje y potente. Se usa principalmente en programas rápidos, aplicaciones "script", entornos gráficos y pruebas. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/TCL>

²⁰ Tcl/Tk, Otcl, TclCL son lenguajes interpretados de programación visual, que genera código 100% portable. Ha sido desarrollado por la empresa Sun Microsystems. Disponible en : <http://pisuerga.inf.ubu.es/Isi/Docencia/TFC/ITIG/icruzadn/Memoria/Glosario.htm>

Como se observa en la figura 25, NS es un intérprete de scripts del lenguaje TCL orientado a objetos, el cual tiene un planificador de eventos de simulación y librerías de objetos de componentes de red y librerías de módulos de instalación de red. Esto quiere decir que la simulación se debe programar en el lenguaje de scripts OTCL.

Figura 25. Esquema de simulación en NS



Fuente: Tutorial de NS

4.4.2 Requerimientos del sistema. NS es un paquete compuesto por un conjunto de componentes requeridos y otros tantos opcionales, este paquete contiene un script de instalación para configurar, compilar e instalar estos componentes. Para instalar este software se requiere cumplir con las especificaciones de la tabla 16.

Tabla 16. Requerimientos básicos para instalar NS

Sistema operativo	Requerimientos mínimos Hardware	Requerimientos Software
Plataformas Unix (Free BSD, Linux, SunOS, Solaris)	Procesador Pentium II de 200 MHz o equivalente, 32MB de memoria RAM y mínimo 320 MB de espacio libre en el disco	Para plataformas tipo UNIX Tcl release 8.4.5, Tk release 8.4.5, Otcl release 1.9, TclCL release 1.16, Ns release 2.28, otros componentes opcionales: Nam release 1.11, Xgraph version 12, CWeb version 3.4g, SGB version 1.0

Windows desde la versión 95		<p>En sistemas Windows es necesario MS Visual C++ 5.0 (o superior).</p> <p>Otra forma de instalarlo, es a través de un programa de emulación de Linux, tal como Cygwin.</p>
-----------------------------	--	---

Fuente: Archivos del programa

4.4.3 Interfaz de usuario. NS tiene un editor de topología por código, con el cual se diseña y se configuran las redes, los protocolos y las aplicaciones de red que se desean simular. También cuenta con una herramienta llamada Simulador de red automatizado (Automated Network Simulation), este asistente automáticamente carga las tareas que se ejecutan más frecuentemente en los dispositivos de la red.

4.4.4 Ventajas y desventajas del sistema. Ver tabla 17.

Tabla 17. Ventajas y desventajas del sistema

Ventajas	Desventajas
<p>Este programa contiene módulos que cubren un extenso grupo de aplicaciones, protocolos de ruteo, transporte, diferentes tipos de enlaces, estrategias y mecanismos de ruteo; entre otros. Algunos de estos son: http, TcpApp, telnet, CBR (Constant Bit Rate), TCP, RTP, algoritmos de ruteo, enrutamiento jerárquico y enrutamiento manual.</p> <p>Por ser uno de las más antiguas herramientas de simulación, el NS se ha convertido en un estándar de su área, esto ha llevado a que sea ampliamente utilizado y a que se encuentren en Internet un gran número de ayudas y proyectos realizados sobre NS.</p>	<p>La configuración de las simulaciones a través de código, hace que sea mayor el tiempo de desarrollo. Además también se incrementa el tiempo necesario para el aprendizaje del software.</p> <p>NS requiere varios componentes adicionales instalados para su correcto funcionamiento.</p>

Fuente: Autor del proyecto

4.5 COMNET III™

COMNET III es una herramienta comercial orientada al diseño, configuración y estudio de las redes de comunicaciones, desarrollado por CACI Products Inc; haciendo uso del lenguaje de programación MODSIM II. Por medio de este programa es posible crear topologías de redes complejas, configurar varias tecnologías, protocolos y dispositivos de red, para hacer un análisis detallado del funcionamiento y del rendimiento de redes tipo LAN, MAN y WAN, utilizando una interfaz gráfica en un ambiente de ventanas.

Como complemento a la información que se presenta en este capítulo, se anexa un caso de estudio y aplicación de COMNET, en el cual se configura y ejecuta paso a paso la simulación de una red con sus servicios telemáticos²¹.

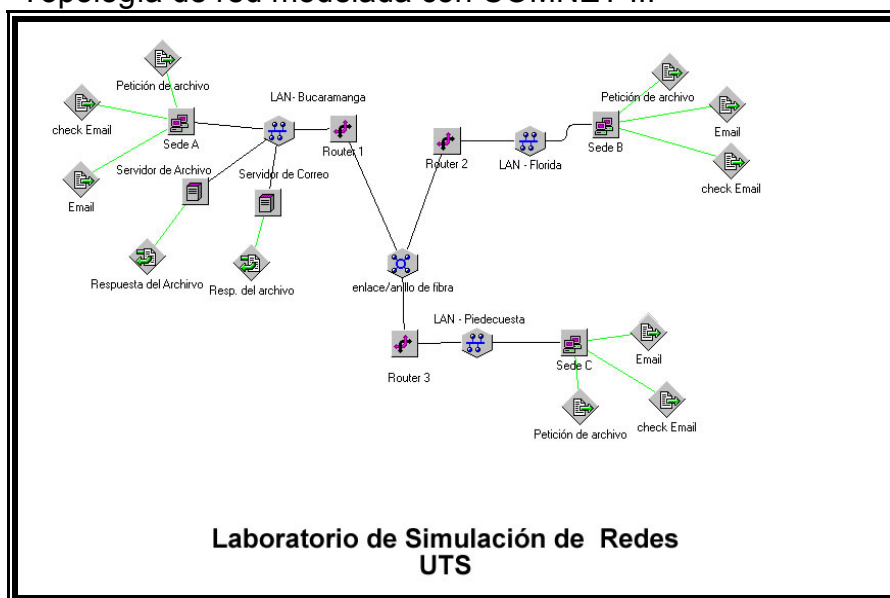
4.5.1 Características generales. Este software gráfico permite analizar y predecir el funcionamiento de redes informáticas, desde topologías básicas de interconexión hasta esquemas mucho más complejos de simulación con múltiples redes interconectadas con diversos protocolos y tecnologías como Ethernet, ATM, Satelitales, Frame Relay, X25, etc. Dentro del área de trabajo del programa, se hace la descripción gráfica del modelo de red, se asocian las fuentes generadoras de tráfico en la red, se configuran los parámetros y las características de los dispositivos de acuerdo a la aplicación que se desea implementar; luego se pone en marcha la simulación y finalmente, se analizan los resultados estadísticos sobre el desempeño de la red, los cuales son programados antes de iniciar la simulación y que se generan automáticamente cuando se concluye la simulación. Algunos de los parámetros que se pueden incluir dentro de los informes de la red esta: la ocupación de enlaces o nodos, la cantidad de mensajes generados, las colisiones, entre otros.

Este programa contiene una gran variedad de dispositivos de red como: hosts, hubs, switches, routers, access points, satélites, entre otros; los cuales pueden ser interconectados con enlaces y tecnologías como: Ethernet, FDDI, punto a punto, Frame relay, Aloha, PVC, CSMA, entre otros; a la vez que permite implementar gran variedad de protocolos; es decir COMNET III presenta características muy completas e interesantes, en cuanto a las interfaces que soporta para su uso, sin embargo cabe mencionar que el máximo desempeño de este simulador se alcanza al utilizar las librerías para los diferentes tipos de dispositivos de redes con sus diferentes parámetros. Además, esta herramienta es muy útil para fines didácticos en el área de las telecomunicaciones ya que adentra al usuario al mundo de las redes de forma amena, obligándolo a familiarizarse con los términos

²¹ Ver Anexo A.

reales de los estándares existentes en las redes de comunicaciones independientemente de cual sea la aplicación. El simulador es capaz de soportar cualquier tipo de redes de comunicaciones, aunque se necesita un panorama muy completo en cuanto a lo que existe en el mercado y la implementación de redes en la práctica. COMNET III es un software muy poderoso, sin embargo en la edición universitaria, presenta algunas limitaciones ya que no se pueden realizar las simulaciones que involucren más de 20 nodos. En la figura 26 , se muestra un modelo de red diseñada en COMNET III

Figura 26 Topología de red modelada con COMNET III



Fuente: Autor del proyecto

4.5.2 Requerimientos del sistema. El software de COMNET III, puede ser instalado sobre plataforma Windows y Unix. Los requerimientos básicos para instalar y trabajar este programa se especifican en la tabla 18 y tabla 19 respectivamente.

Tabla 18. Requerimientos de instalación para plataformas Microsoft Windows:

Sistema Operativo	Requerimientos Mínimos	Recomendaciones
Plataformas Microsoft Windows 95 en adelante. Aunque también existe una versión para Win3.1	Procesador Pentium, 32 MB RAM, 25 MB de espacio libre en el disco	Procesador Pentium de 250 MHz o equivalente, 64 MB RAM y 40 MB de espacio libre en el disco

Fuente: Archivos del programa

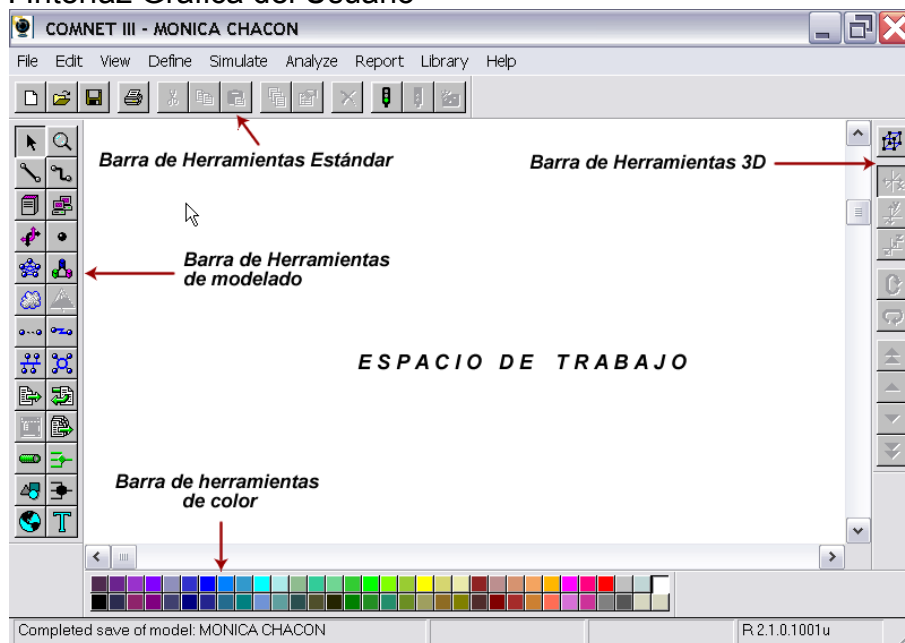
Tabla 19. Requerimientos de instalación para plataformas Unix:

Sistema Operativo	Requerimientos Mínimos	Recomendaciones
Solaris 2.5 o SunOS 5.5	Procesador Pentium w/32 MB RAM, 50MB de espacio libre en el disco	Procesador Pentium w/64 MB RAM y 50MB de espacio libre en el disco
HP- UX 10.2	Serie HP 700 w/32 MB RAM, 50 MB de espacio libre en el disco	Serie HP 700 w/64 MB RAM y 50 MB de espacio libre en el disco
SGI - IRIX 6.3	32 MB RAM, 50 MB de espacio libre en el disco	64 MB RAM y 50MB de espacio libre en el disco

Fuente: Archivos y documentos del programa

4.5.3 Interfaz gráfica de usuario. COMNET III Utiliza un ambiente gráfico de ventanas, el cual tiene una serie de menús y barras de herramientas que permiten crear el modelo de la red que se va a simular. Esta característica hace de COMNET una herramienta ideal para la academia, ya que los tiempos de aprendizaje y de implementación de una simulación son cortos, si se tiene en cuenta las tecnologías y protocolos que soporta. En la figura 27, se puede visualizar la interfaz gráfica del usuario que aparece al iniciar el programa.

Figura 27. Interfaz Gráfica del Usuario

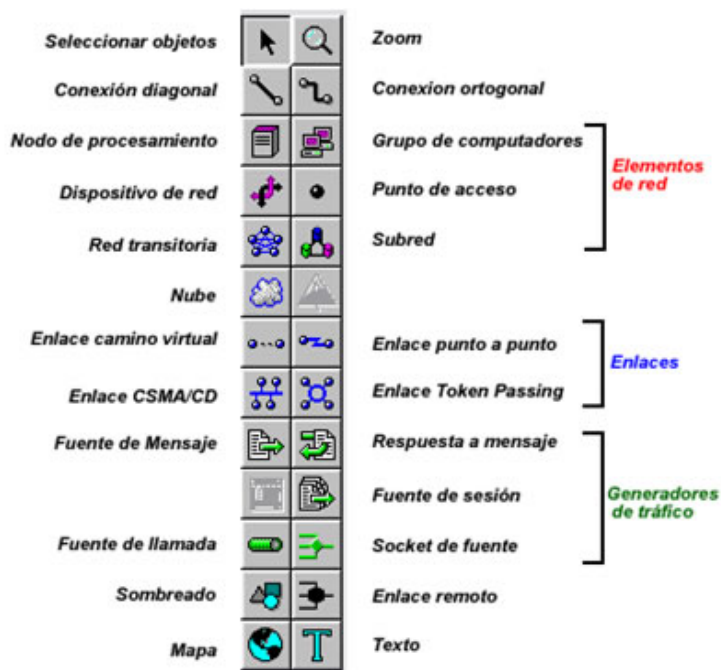


Fuente: Autor del proyecto

En la barra de herramientas, se encuentran los iconos que se utilizan en el modelado de las redes, los iconos de la barra de herramientas 3D, permiten ver la red modelada en tres dimensiones. En la parte inferior se encuentra la paleta de colores con la cual se puede variar el color de los enlaces, del texto y del fondo del área de trabajo. Por último, está la barra de estado, en la que se visualizan los comentarios de los procesos que se están ejecutando dentro de la simulación, así como los errores de diseño y/o configuración de los elementos de la red.

4.5.4 Barra de Herramientas. Se localiza el parte izquierda de la ventana de COMNET III, ésta barra contiene todas las herramientas que facilitan la creación y el diseño de la topología de la red, trae las ayudas para configurar las fuentes de tráfico de una red y además algunas herramientas para mejorar el aspecto gráfico del modelo de red. Ver figura 28.




Figura 28. Barra de Herramientas de COMNET III



Fuente: Autor del Proyecto

Cada una de las herramientas de esta tabla se identifica por un color específico que la relaciona con el grupo de aplicación al que pertenecen. En la tabla 20, se resumen los grupos en que se clasifican las herramientas de COMNET III.

Tabla 20. Clasificación de las herramientas de COMNET III

Color	Grupo	Tipo de elementos
fucsia 	Elementos de red	Nodos, hosts, grupos de computadores, switches, routers, conmutadores, access point entre otros.
azul 	Tipos de enlaces	Enlaces punto a punto, Ethernet, Token Ring, inalámbrico y nubes para interconexión WAN (ATM, Framereley, RDSI, etc)
verde 	Fuentes generadoras de tráfico	Fuentes de Mensaje, Fuentes de Respuesta, Fuentes de Sesión, Fuentes de Aplicación, Fuentes de llamado y Fuentes de Socket;

Fuente: Archivos del programa

4.5.5 Ventajas y desventajas del sistema. COMNET III es una de las herramientas más eficientes para el estudio de redes de comunicaciones, sin embargo se pueden presentar algunas dificultades a la hora de trabajar con este programa. En la tabla 21, se resumen las principales ventajas y desventajas del software COMNET III.

Tabla 21. Principales ventajas y desventajas de COMNET III

Ventajas	Desventajas
<p>El programa ofrece la posibilidad de simular una gran cantidad de protocolos y tecnologías de red, y ofrece la posibilidad de crear protocolos a medida que se van necesitando.</p> <p>Permite configurar y observar una gran cantidad de parámetros durante la simulación como: colisiones, capacidad de los buffers de entrada y salida de los dispositivos, utilización del canal, anchos de banda, etc.</p> <p>Ofrece la posibilidad de ver el intercambio de mensajes entre los nodos de la red de manera gráfica, según avanza la</p>	<p>Es un software propietario.</p> <p>Por ser una de las herramientas de simulación más completas del mercado, la programación de los parámetros de los dispositivos y enlaces de la red tiende a ser compleja.</p> <p>Además de los conocimientos sobre el manejo y el diseño de redes de comunicaciones, se requieren conocimientos en otras áreas como por ejemplo la estadística.</p>

<p>simulación.</p> <p>Permite obtener gráficos y/o archivos de texto con las estadísticas de la simulación.</p> <p>Se pueden diseñar, configurar y simular redes complejas, que incluyan planes de contingencia, seguridad e implementación de tecnologías de superposición como LAN Emulation.</p>	<p>La versión universitaria del software, solo permite la implementación de redes con un máximo de 20 nodos.</p> <p>Por ser un simulador de lenguaje específico, es un poco rígido para fines de investigación y desarrollo.</p>
---	--

Fuente: Archivos del programa

4.6 OPNET MODELER™

OPNET Modeler™ es un programa ampliamente utilizado en la industria para modelar y simular sistemas de comunicaciones; permite diseñar y estudiar redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones, brindando escalabilidad y flexibilidad, cualidades que le permiten ofrecer a sus usuarios, trabajar en procesos de investigación y desarrollo.

MODELER es un software desarrollado por OPNET; orientado a simular objetos mediante un editor gráfico que permite diseñar una topología de red, soporta un amplio rango de tecnologías tipo LAN, MAN y WAN.

4.6.1 Características generales. Originalmente fue desarrollado por MIT e introducido al mercado en 1987 como el primer simulador comercial. Esta herramienta se utiliza para el modelado y simulación; está basada en la teoría de redes de colas e incorpora las librerías para facilitar el modelado de las topologías de red. El desarrollo de los modelos se realiza mediante la conexión de diferentes tipos de nodos, utilizando diferentes tipos de enlaces. Mediante OPNET MODELER, se deben especificar tres tipos de modelos, como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Jerarquía de diseño en OPNET

MODELO DE RED	Redes y subredes
MODELO DE NODOS	Nodos y estaciones
MODELO DE PROCESOS	Especifica la funcionalidad de cada nodo.

Fuente: Área de tecnología telemática – Universidad de Oviedo

El modelo de la red, involucra la creación de nodos, los cuales internamente están constituidos por distintos tipos de módulos y conexiones; finalmente se define la función que desempeñará cada módulo o nodo durante la simulación, a través de los modelos de proceso.

4.6.2 Requerimientos del sistema. Este programa es multiplataforma y requiere las siguientes especificaciones para su correcta instalación y posterior uso. Ver tabla 23.

Tabla 23. Requerimientos básicos para la instalación de OPNET MODELER

Sistema operativo	Requerimientos mínimos del sistema
Windows NT, 2000, XP y UNIX	Procesador Intel Pentium III de 500 MHz, 64 MB en RAM y 100 MB disponibles en disco duro. Monitor SVGA, 8 MB en memoria de video y tarjeta de sonido

Fuente: Archivos del programa

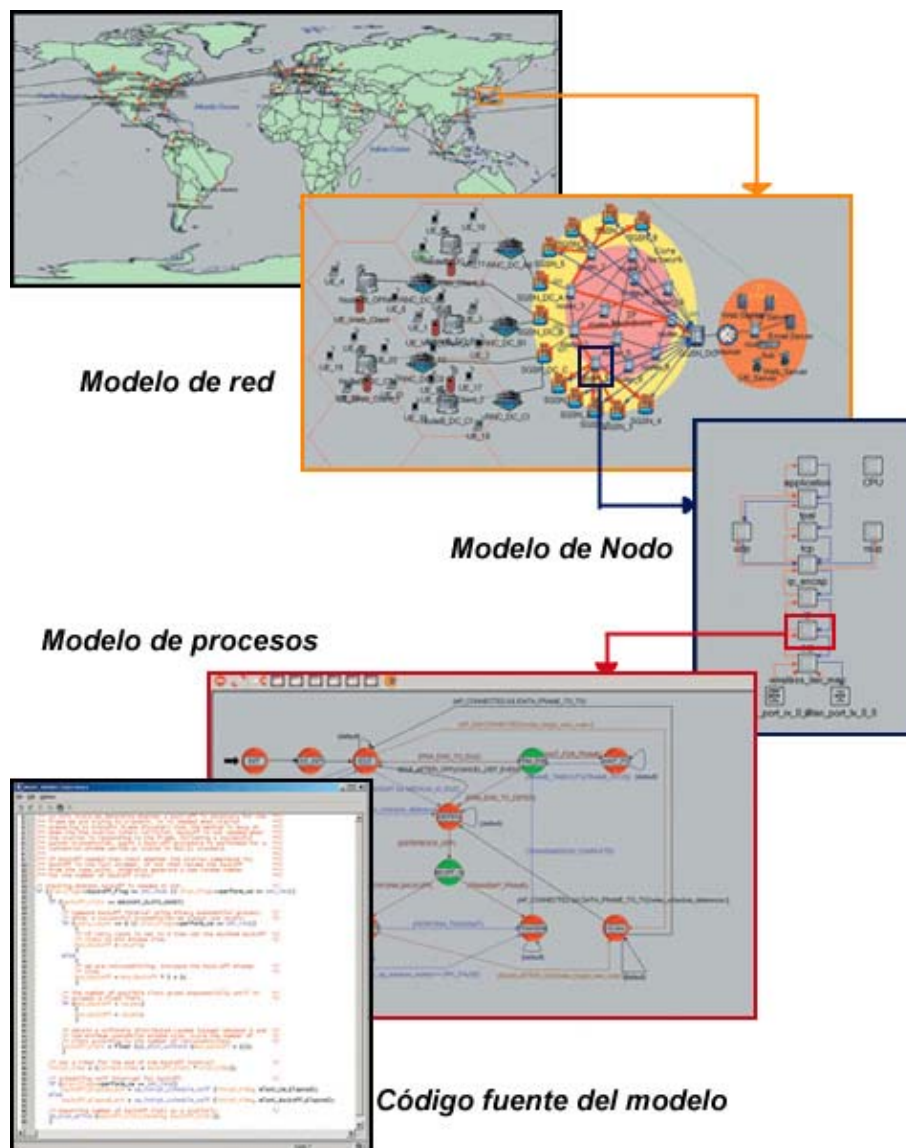
4.6.3 Interfaz gráfica de usuario. OPNET MODELER está basado en una serie de editores jerárquicamente organizados, los cuales permiten diseñar y configurar los modelos de red, de nodos y de procesos en las topologías de red que se van a simular con este programa. Los editores trabajan en forma directa y paralela la estructura real de la red, los equipos y los protocolos.

Editor de proyecto. Mediante este editor se representa gráficamente la topología de una red de comunicaciones, haciendo uso de un panel de herramientas o importándolo de las librerías de OPNET MODELER; además, esta herramienta provee un contexto geográfico configurable, un menú de configuración rápida de protocolos y especificaciones de vista, para aplicarse a la red que se va a simular.

Editor de Nodos. Este editor captura la arquitectura de una red, un dispositivo o un sistema, describiendo el flujo de los datos entre elementos funcionales, a los cuales se les conoce como “módulos”. Cada módulo, puede generar, enviar o recibir paquetes a los demás módulos de la red, de acuerdo a la función que representa dicho nodo. Generalmente, los módulos representan aplicaciones, protocolos, algoritmos o recursos como: buffers, puertos y buses, entre otros; es decir que todo nodo es asignado a un proceso o evento dentro de la simulación, y esto se logra, mediante el editor de procesos.

Editor de procesos. Dentro del editor de procesos, se encuentran unas máquinas, llamadas FSM²²; estas herramientas soportan las especificaciones, detalles, protocolos, recursos y aplicaciones que se desean configurar en la red modelada gráficamente con los editores de proyecto y de nodos respectivamente. En la figura 29 , se muestra la interfaz gráfica de MODELER, la cual se compone de los editores de proyecto o de red, de nodos y de procesos.

Figura 29. Interfaz gráfica de OPNET MODELER



Fuente: OPNET Technologies, Inc.

²² Finite State Machine, Máquina de Estado Finito.

Los estados y transiciones generadas como respuesta al desarrollo de cada evento ejecutado, contienen un código en lenguaje C/C++, y están soportados por una amplia librería de funciones designadas por la programación de los protocolos. Cada FSM puede definir sus propias variables de estado y pueden hacer llamados al código según las librerías que provea el usuario; es decir las FSMs dinámicamente se pueden generar, durante la simulación, en respuesta a un evento específico. Dentro de este editor, se puede acceder al código fuente en lenguaje C/ C++, que describe la red diseñada gráficamente.

4.6.4 Ventajas y desventajas del sistema. Mediante el uso de MODELER es posible acceder a una amplia gama de beneficios, sin embargo presenta algunas desventajas, tal y como se resume en la tabla 24.

Tabla 24. Ventajas y desventajas de OPNET MODELER

Ventajas	Desventajas
<p>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.</p> <p>Tiene interfaces para visualización del modelo en 3D.</p> <p>Los APIs de simulación permiten acceder libremente al código fuente, lo cual facilita la programación de nuevos protocolos de red.</p> <p>Las librerías de modelos de red estándar, incluyen dispositivos de red comerciales y genéricos.</p> <p>Modelos de red jerárquicos.</p> <p>Maneja topologías de red complejas con</p>	<p>Es un software propietario, lo cual lo hace costoso para ambientes universitarios.</p> <p>Es necesario obtener la licencia para poder utilizar el software, ya que no existen versiones académicas o de prueba.</p> <p>Complicada determinación de los intervalos de confianza.</p> <p>El tiempo de aprendizaje es elevado.</p>

subredes anidadas ilimitadas.	
Permite mostrar el tráfico por la red a través de una animación, durante y después de la simulación. Los resultados se exhiben mediante gráficos estadísticos.	

Fuente: Archivos del programa

4.7 OMNET ++

Es un programa orientado a simular objetos y a modular eventos discretos en redes de comunicaciones, posee una gran cantidad de herramientas y una interfaz que puede ser manejada en plataformas Windows y en distribuciones tipo Unix; haciendo uso de varios compiladores de C++. OMNET ++ es una versión libre, para fines académicos, de la versión comercial OMNEST desarrollado por Omnest Global, Inc. OMNET++, así como las interfaces y las herramientas, se pueden ejecutar perfectamente sobre sistemas operativos Windows y sobre algunas versiones de UNIX y Linux, usando varios compiladores de C++.

4.7.1 Características generales. OMNeT++ es una herramienta eficiente, enfocada al área académica y desarrollada para modelar y simular eventos discretos en redes de comunicaciones; básicamente este simulador de redes recrea dichos eventos discretos por medio de módulos orientados a objetos; puede ser utilizado para modelar el tráfico de información sobre las redes, los protocolos de red, las redes de colas, multiprocesadores y otros sistemas de hardware distribuido; además para validar arquitecturas de hardware y evaluar el rendimiento de sistemas complejos.

Este simulador, utiliza el lenguaje de programación NED, que se basa en el lenguaje C++; como herramienta para modelar topologías de red; este lenguaje facilita la descripción modular de una red, es decir, un modelo en OMNET ++ se construye con módulos jerárquicos mediante el lenguaje NED, dichos módulos pueden contener estructuras complejas de datos y tienen sus propios parámetros usados para personalizar el envío de paquetes a los destinos a través de rutas, compuertas y conexiones. Los módulos de más bajo nivel son llamados “simple modules” y son programados en C++ usando la librería de simulación. Básicamente, con el lenguaje NED se definen tres módulos: módulos simples, módulos compuestos y de redes; dentro de los cuales se encuentran los componentes y especificaciones de la descripción de una red de comunicaciones. Con el fin de facilitar el diseño de redes y la simulación de eventos sobre las

mismas, OMNET ++, permite al usuario trabajar gráficamente empleando el editor del lenguaje NED (GNED). Este editor es la interfaz gráfica que permite crear, programar, configurar y simular redes de comunicaciones, sin necesidad de hacerlo utilizando la codificación del lenguaje NED; ya que automáticamente, GNED se encarga de generar el código del lenguaje, de acuerdo al diseño y configuración que realiza el usuario en forma gráfica. Además GNED, permite acceder fácilmente a dicho código.

4.7.2 Interfaz de usuario. Las simulaciones en OMNET++ pueden utilizar varias interfaces de usuario, dependiendo del propósito. La interfaz más avanzada permite visualizar el modelo, controlar la ejecución de la simulación y cambiar variables/objetos del modelo. Esto facilita la demostración del funcionamiento de un modelo. Para la interfaz de usuario, se pueden generar dos tipos de archivos ejecutables:

Interfaz de usuario gráfico, útil para depurar y comprender, los procesos y configuraciones que se aplican a las redes. A esta interfaz gráfica se accede con el editor GNED. Este editor un amplio conjunto de dispositivos y elementos de red tal y como se muestra en el capítulo 3. GNED es la herramienta que simplifica el desarrollo de las simulaciones con OMNET ++, ya que permite trabajar sin necesidad de programar. En el capítulo 3 se muestra la interfaz gráfica de GNED, esta es la misma que se utiliza en OMNET++ para diseñar y construir el modelo de red.

Interfaz de consola, más eficaz para realizar las simulaciones por lotes. OMNET++ contiene unas clases programadas en C++, diseñadas para recoger y exhibir datos estadísticos, de los resultados de la simulación como el `cWeightedStdDev`, `cLongHistogram`, `cDoubleHistogram`, `cVarHistogram`, `cPSquare`. La más sencilla es `cStdDev`, la cual permite recoger datos estadísticos sencillos de una muestra.

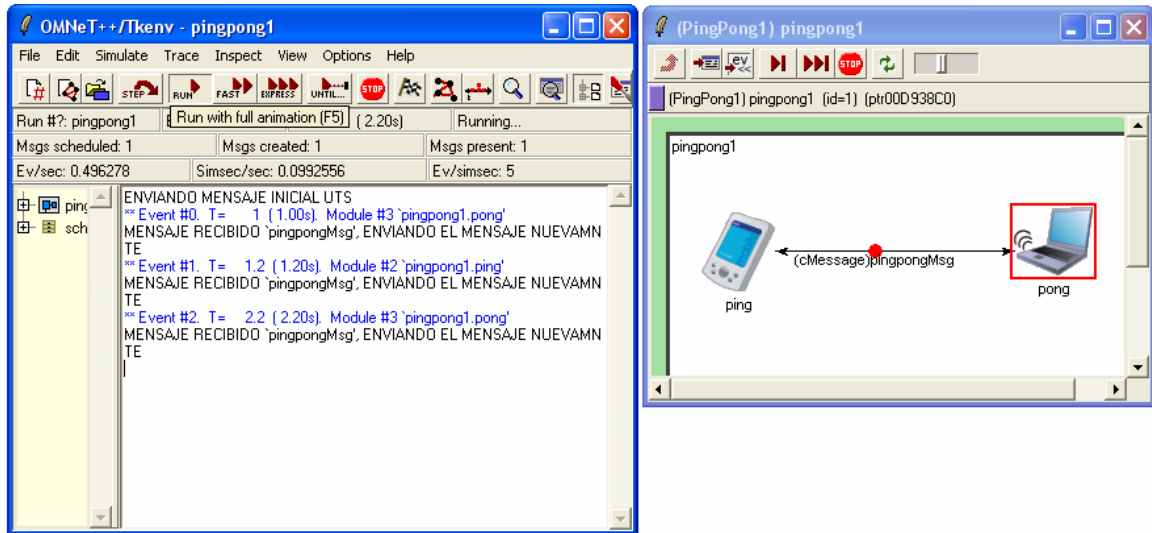
4.7.3 Pasos para realizar una simulación con OMNET++. Realizar una simulación con este software, involucra todo un proceso, a continuación se resumirán los pasos básicos para llevar a cabo una simulación:

1. Definir la estructura de la red la cual se hace mediante el Lenguaje NED en forma de código o utilizando el editor GNED, para hacerlo de forma gráfica.
2. Completar el comportamiento, es decir, configurar los parámetros y características de la red mediante el lenguaje de programación C++.

3. Configurar la simulación en el archivo .ini

La figura 30, se muestra un diagrama con los pasos para crear y ejecutar una simulación con el programa OMNET ++.

Figura 30. Ejecución de una simulación en una interfaz gráfica de Tkenv de OMNET ++



Fuente: Autor del proyecto²³

En el anexo A se expone un caso de estudio y aplicación de OMNET++ a través de la configuración y ejecución de una simulación sencilla, por medio de la cual se describe detalladamente los pasos para ejecutar un simulación.

4.7.4 Ventajas y desventajas del programa. OMNET++ provee un amplio panorama para la realización de simulaciones. En la tabla 25, se resumen a algunas de las principales ventajas y desventajas que presenta OMNET++.

Tabla 25. Ventajas y desventajas de OMNET++

Ventajas	Desventajas
OMNeT++ es gratuito solamente para	Para fines de investigación y

²³ Esta figura muestra la simulación realizada en el caso de estudio y aplicación de OMNET++, que se presenta en el Anexo A.

<p>propósitos académicos, lo que facilita su utilización en universidades y grupos de investigación.</p> <p>Es multiplataforma.</p> <p>Gracias a la programación por módulos, es posible simular procesos paralelos y distribuidos, los cuales pueden utilizar varios mecanismos para comunicarse entre si.</p>	<p>desarrollo, es necesario saber programar en lenguaje NED, ya que el trabajo con el editor gráfico, es un poco más rígido.</p> <p>Por ser un software de aplicación en áreas comerciales y para efectos de investigación y desarrollo, tiene un alto grado de complejidad en su manejo.</p>
---	---

Fuente: Archivos del programa

4.8 NCTUns

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, lo cual hace que el programa tenga ventajas únicas en comparación con otros simuladores y emuladores de redes de comunicaciones.

NCTUns ha recibido varios reconocimientos a nivel internacional, debido a las prestaciones que ofrece y al desarrollo del programa; algunos de estos reconocimientos son: MobiCom 2002 y 2003, Reporte especial en la revista de la IEEE – Julio de 2003, IEEE MASCOTS 2004, IEEE vehicular technology society, IEEE INFOCOM 2005, etc. Esto evidencia el impacto que ha causado este programa en el ambiente de la simulación de redes de comunicaciones.

Este simulador permite desarrollar, evaluar y diagnosticar el desempeño de protocolos y aplicaciones en diferentes tipos de redes (LAN, MAN, WAN). Las simulaciones hechas con esta herramienta, cuentan con características muy especiales, ya que NCTUns simula en tiempo real y con una interfaz similar a la de los sistemas reales, lo cual permite familiarizar más al usuario con el manejo del diseño, configuración e implementación de aplicaciones en redes de comunicaciones.

4.8.1 Características generales. NCTUns utiliza una sintaxis sencilla pero muy efectiva para describir la topología, los parámetros y la configuración de una simulación, esta descripción se genera a partir de la interfaz gráfica del usuario.

NCTUns fue desarrollado basado en el simulador NS, de ahí su nombre, solo que incluye una interfaz más amigable para la implementación de los modelos de red que se simulan. Este programa permite la simulación de arquitecturas de redes sencillas, sin embargo, su mayor potencial está en la simulación de redes tan complejas como las redes GPRS, satelitales y ópticas.

El NCTUns también puede ser utilizado como emulador, especialmente para redes móviles e inalámbricas; para dichas aplicaciones provee recursos para manejo y estudio de sistemas de radiofrecuencia y permite obtener mediciones para establecer niveles de calidad de servicio (QoS) de las señales irradiadas.

El hecho de que el simulador permita definir obstáculos, trayectorias de movimiento y que los terminales móviles (como celulares GPRS y portátiles) se puedan desplazar siguiendo dicha trayectoria, al mismo tiempo en que se hacen mediciones de atenuación, interferencia y de ancho de banda, dan cuenta de las sobresalientes características del NCTUns y justifican los diferentes reconocimientos que ha obtenido a nivel mundial. Adicionalmente, permite simular redes ópticas y como si fuera poco, puede usarse fácilmente como un emulador, cuando se desee desarrollar funciones de desempeño de un host real y ver cómo se comportaría bajo diferentes tipos de condiciones de red sin modificar su protocolo interno. Esto quiere decir que NCTUns tiene la posibilidad de emular un dispositivo de red del mundo real en su entorno gráfico e interconectarlo con dispositivos simulados o virtuales, para intercambiar paquetes.

También posee una característica importante, la cual, sumado a lo anteriormente expuesto, hacen de NCTUns uno de los más poderosos simuladores de redes de telecomunicaciones. La arquitectura de sistema abierto, en la cual la GUI y el motor de simulación son elementos separados que utilizan un modelo cliente servidor, permite ejecutar simulaciones remotas, paralelas, distribuidas y concurrentes, lo cual permite entre muchas otras cosas, correr simulaciones simultáneamente en diferentes nodos de una red y cuyos resultados individuales sirven para el análisis de un sistema único. Esto quiere decir, que un usuario, puede enviar su proyecto de simulación a un servidor remoto que esté ejecutando el motor de simulación, utilizando su propia GUI y además correr múltiples simulaciones concurrentes en diferentes hosts conectados a dicho servidor.

4.8.2 Requerimientos del sistema. Para instalar el programa y realizar simulaciones sin ningún contratiempo, es necesario que se cumplan con unos requerimientos mínimos a nivel software y hardware. En la tabla 26 , se resumen dichos requerimientos.

Tabla 26. Requerimientos básicos del sistema

Sistema operativo	Requerimientos mínimos	Recomendaciones
Linux Red Hat, Fedora core 2.0 y core 3.0. Otras distribuciones de Linux como Debian. ²⁴	Procesador Pentium de 1 GHz . 256 MB de memoria RAM y 200 MB de espacio libre en el disco.	Se recomienda utilizar un procesador con mayor velocidad, es decir mayor a 1GHz y en lo posible disponer de más de 200 MB de espacio en el disco.

Fuente: Manual de usuario NCTUns. National Chiao Tung University

Además, a nivel software; es importante tener instalado un compilador gcc, el sistema Xwindows Gnome o Kde, que el usuario tenga los privilegios del administrador o root para el manejo del programa y que se asigne el shell Bash /tcsh al usuario para el manejo por comandos en el modo consola.

4.8.3 Instalación. Debido a que la instalación del programa se hace en una plataforma Linux, algunos usuarios encuentran dificultades al momento de instalarlo, por tal motivo en la práctica 7, incluida en el Anexo B se describe paso a paso la instalación de NCTUns, con lo cual se pretende facilitar la configuración del sistema Linux para el correcto funcionamiento del simulador.

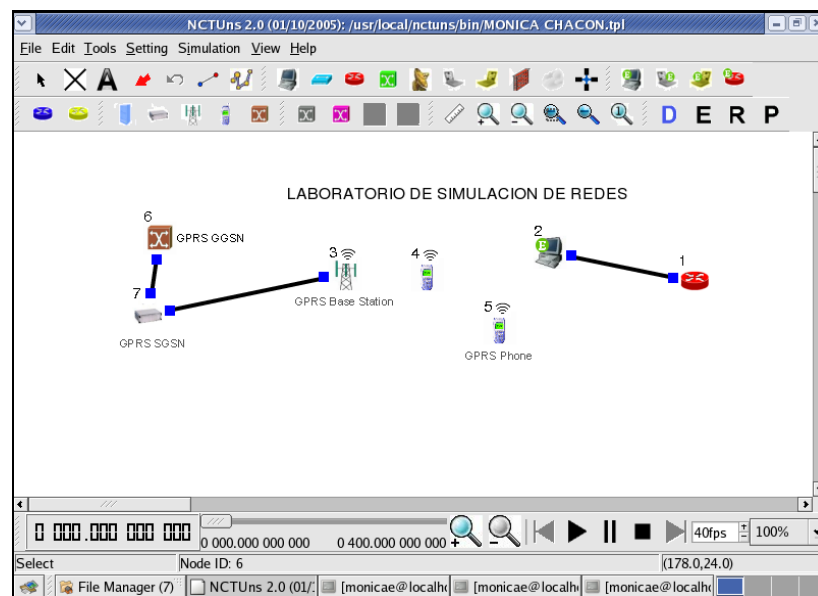
4.8.4 Interfaz gráfica de usuario (GUI). NCTUns provee una GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) profesional y de alta integración, en la cual el usuario diseña y edita la topología de la red, configura los módulos de protocolos que manejará cada nodo de la red, asigna valores y define parámetros específicos de cada dispositivo.

Desde la interfaz de usuario, se programa y se visualiza la animación de la transferencia de paquetes durante el proceso de simulación, el desplazamiento; de los terminales móviles y la presentación de resultados mediante gráficos estadísticos. Además el usuario puede consultar el desarrollo de los procesos que se está ejecutando en determinado dispositivo durante la simulación, sin necesidad de pararla o cancelarla.

²⁴ Para el desarrollo del proyecto se ejecutó la instalación de NCTUns en Fedora core 2, core 3, core , en Red Hat 9., obteniéndose solo resultados satisfactorios en Fedora core 3. Para las demás distribuciones de Linux no se fue posible compilar el código fuente del programa

Las simulaciones remotas se realizan a partir del modelo de la red por medio de la GUI, la cual genera la simulación utilizando los sockets de Internet y TCP/IP, para comunicarse con los otros componentes y poder ejecutar simulaciones con máquinas remotas. Cuando la simulación se termina, los resultados y los archivos generados se transfieren nuevamente a la GUI. En la figura 31 , se muestra la GUI del NCTUns.

Figura 31. GUI de NCTUns



Fuente: Autor del proyecto

4.8.5 Ventajas y desventajas del programa. Como se ha mencionado con anterioridad, NCTUns posee una gran cantidad de ventajas sobre otros simuladores de red que existen actualmente. En la tabla 27 , se detallarán algunas de éstas características y algunas dificultades que se presentan al trabajar con este software.

Tabla 27 Ventajas y desventajas de NCTUns

Ventajas	Desventajas
Es un software libre, con distribución de código abierto.	Solamente funciona en sistemas Fedora core 3, para otras distribuciones de Linux es necesario hacer pruebas y configuraciones adicionales
Utiliza directamente el conjunto de	

<p>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.</p> <p>Puede ser utilizado como emulador. Esto permite que un host externo conectado a una red del mundo real, pueda intercambiar paquetes con nodos (por ejemplo: host, enrutadores o estaciones móviles celulares) en una red simulada en NCTUns.</p> <p>Puede utilizar cualquier aplicación de UNIX existente en la vida real, como un generador de tráfico, además, puede utilizar las herramientas de configuración y monitoreo de UNIX.</p> <p>Puede simular redes fijas, inalámbricas, redes celulares, redes GPRS y redes ópticas.</p> <p>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.</p> <p>Simula varios protocolos de redes como: IEEE 802.3, IEEE 802.11, IP, IP Mobile, Diffserv, RIP, OSPF, UDP, TCP, RTP/RTCP, SDP, FTP, etc.</p>	<p>Existe muy poca información sobre el funcionamiento y configuración del software.</p> <p>El anterior punto lleva a que sea mayor el tiempo de aprendizaje del simulador.</p> <p>El servicio de soporte proporcionado por los autores del proyecto NCTUns es deficiente y en algunas ocasiones no funciona.</p>
--	---

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 28. Tabla resumen de las herramientas de simulación de redes de comunicaciones

	ORIENTACION Y AREA DE USO	TIPO DE LICENCIA	REQUERIMIEN. DEL SISTEMA – y DEL S.O	PROTOCOLOS Y TECNOLOGÍAS	CARACTERISTICAS GENERALES
F L A N	simulador de propósito general orientado a objetos	Licencia pública GNU	Microsoft Windows 98/2000, Linux, UNIX, Mac OS X Procesador Pentium de 250 MHz ,64 MB de RAM y 20 MB de espacio libre en el disco.	IP, TCP/IP, RIP, OSPF	Flan es una herramienta de simulación que permite el diseño, la construcción, y la prueba de una red de comunicaciones en un ambiente simulado Sitio web: http://www.picolibre.enst-bretagne.fr/projects/flan
K I V A	Orientado al estudio del protocolo IP y las redes con arquitectura TCP/IP. Se utiliza en el área de la enseñanza	Software libre	Plataformas Microsoft Windows y Linux Procesador Pentium de 250 MHz o equivalente 32 MB de RAM y 20 MB de espacio libre en el disco.	IP , TCP/IP y otros especificados por el usuario	Es un simulador de redes basado en Java que permite especificar diferentes esquemas de redes de datos y simular el encaminamiento de paquetes a través de dichas redes. Sitio web: http://disclab.ua.es/kiva

P A C K E T T R A C E R	Simulador de aplicación en el área educativa.	Propietaria de Cisco	<p>Plataformas Windows 98, ME, 2000, XP y Macintosh.</p> <p>Procesador Intel Pentium de 200 MHz o equivalente 64 MB de RAM y 30 MB de espacio libre en el disco.</p>	<p>Tecnologías Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet e inalámbrica, VLAN, NAT, PAT, Protocolos DHCP, RIP</p>	<p>Packet Tracer es un simulador de entorno de redes de comunicaciones de fidelidad media, que permite crear, configurar y detectar errores en topologías de redes de comunicaciones.</p> <p>Sitio web: http://www.ciscopress.com</p>
O M N E T + +	Programa orientado a simular objetos y a modular eventos discretos en redes de comunicaciones	Software libre, solamente para propósitos académicos	<p>Plataformas tipo UNIX y Microsoft Windows</p> <p>Procesador Pentium de 300 MHz o equivalente, 64 MB de RAM y 50 MB de espacio libre en el disco.</p>	<p>Protocolos creados por el usuario</p>	<p>Es una herramienta eficiente, y puede ser utilizado para modelar el tráfico de información sobre las redes, los protocolos de red, las redes de colas, multiprocesadores y otros sistemas de hardware distribuido; además para validar arquitecturas de hardware y evaluar el rendimiento de sistemas complejos.</p> <p>Sitio web: http://www.omnetpp.org</p>

O P N E T M O D E L E R	Orientado a simular objetos y puede ser usado en diferentes tipos de áreas como la académica, comercial y el área investigativa.	Propietario (OPNET)	Windows NT, 2000, XP, y tipo UNIX Procesador Pentium de 250 MHz o equivalente 32 MB de RAM y 20 MB de espacio libre en el disco.	HTTP, TCP, IP, OSPF, BGP, RIP, RSVP, Frame Relay, Ethernet, FDDI, ATM, LANS 802.11 (Wireless), MPLS, PNNI, DOCSIS, UMTS, IP Multicast, Circuit Switch, MANET, IP Móvil, IS-IS; entre otras.	Permite diseñar y estudiar redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones, brindando escalabilidad y flexibilidad, cualidades que le permiten ofrecer a sus usuarios trabajar en procesos de investigación y desarrollo. Está basada en la teoría de redes de colas e incorpora las librerías para facilitar el modelado de las topologías de red Sitio web: http://www.opnet.com
N S	El Network Simulator es un software orientado a simular eventos discretos; este programa ha sido diseñado especialmente para el área de la investigación de redes telemáticas y el área de la enseñanza.	Software Libre	Plataformas Unix (Free BSD, Linux, SunOS, Solaris) y plataformas Windows desde la versión 95 Procesador Pentium II de 200 MHz, 32MB de memoria RAM y mínimo 320 MB de espacio libre en el disco	HTTP, FTP, CBR, TCP, UDP, RTP, SRM, entre otros.	Es una herramienta con un amplio rango de uso, soporta una gran cantidad de protocolos de las capas de aplicación y transporte, además de otros utilizados para el enrutamiento de los datos, permite simular redes cableadas, no cableadas, vía satélite; y aplicaciones a grandes redes con topologías complejas y varios generadores de tráfico. Sitio web: http://www.isi.edu/nsnam/ns/

C O M N E T I I I	Orientado al diseño, configuración y estudio de redes de comunicaciones. Tiene uso en áreas como la enseñanza y el área comercial.	Propietario (CACI)	Para Windows 95 en adelante, procesador Pentium / 32MB RAM, 25 MB de espacio libre en D.D. En Unix; Solaris 2.5 o SunOS 5.5 Procesador Pentium 32 MB RAM, 50MB de espacio libre en el disco,	CSMA/CD, CSMA/CA, Token Ring, Inalámbrico, Ethernet, ATM, Satelitales, Frame Relay, X25 y muchos más	Permite crear topologías de redes complejas, configurar varias tecnologías, protocolos y dispositivos de red, para hacer un análisis detallado del funcionamiento y del rendimiento de redes tipo LAN, MAN y WAN, utilizando una interfaz gráfica en un ambiente de ventanas. Sitio web: http://www.compuware.com
N C T U n s	Orientado al estudio, investigación y desarrollo de redes; se utiliza en el área de la enseñanza.	Software libre	Red hat Linux; Fedora core 3.0. 256 MB de memoria RAM y 200 MB de espacio libre en el disco.	Protocolos creados por el usuario	Es un simulador y emulador de redes y sistemas de telecomunicaciones avanzado, permite desarrollar, evaluar y diagnosticar el desempeño de protocolos y aplicaciones en diferentes tipos de redes (LAN, WAN), familiarizando al usuario con interfaces similares a la de los sistemas reales. Generan resultados de simulación de alta fidelidad. Sitio web: http://nsl.csie.nctu.edu.tw/nctuns.html

Fuente: Autor del proyecto