



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TÍTULO:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE APLICACIONES EN LÍNEA A
TRAVÉS DE REDES WAN SOBRE OPNET**

AUTORA:

Diana Katherine Sánchez Aguilar

Previa la obtención del Título

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

MsC. María Luzmila Ruilova Aguirre

Guayaquil, Ecuador

2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta.
Diana Katherine Sánchez Aguilar como requerimiento parcial para la
obtención del título de INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES.

TUTOR

MsC. María Luzmila Ruilova Aguirre

DIRECTOR DE CARRERA

MsC. Miguel A. Heras Sánchez.

Guayaquil, a los 15 del mes de Febrero del año 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Diana Katherine Sánchez Aguilar**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE APLICACIONES EN LÍNEA A TRAVÉS DE REDES WAN SOBRE OPNET” previa a la obtención del Título de Ingeniero en Telecomunicaciones, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 del mes de Febrero del año 2015

LA AUTORA

DIANA KATHERINE SÁNCHEZ AGUILAR



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Diana Katherine Sánchez Aguilar**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE APLICACIONES EN LÍNEA A TRAVÉS DE REDES WAN SOBRE OPNET”, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, a los 15 del mes de Febrero del año 2015

LA AUTORA

DIANA KATHERINE SÁNCHEZ AGUILAR

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me acompaña y protege todos los días, que me ha dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer, por ello, con toda la humildad de mi corazón, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mi padre quien con sus sabios consejos me ha sabido guiar para culminar mi carrera profesional.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

LA AUTORA

DIANA KATHERINE SÁNCHEZ AGUILAR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre Patricia Aguilar, que sin duda alguna más que una madre ha sido mi mejor amiga, quien en el trayecto de mi vida me ha demostrado su inmenso amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi padre Bolívar Sánchez, que siempre ha estado presente en mi vida aconsejándome y apoyándome en todo.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este trabajo.

LA AUTORA

DIANA KATHERINE SÁNCHEZ AGUILAR



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CALIFICACIÓN

MsC. María Luzmila Ruilova Aguirre
TUTORA

Índice General

Índice de Figuras	X
Índice de Tablas.....	XII
Resumen	XIII
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	14
1.1. Introducción.....	14
1.2. Antecedentes.	15
1.3. Justificación del Problema.....	15
1.4. Definición del Problema.....	16
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	16
1.5.1. Objetivo General.....	16
1.5.2. Objetivos Específicos.	16
1.6. Idea a Defender.....	17
1.7. Metodología de Investigación.....	17
CAPÍTULO 2: Estado del Arte de las Redes WAN.	18
2.1. Tecnologías y componentes de las redes WAN.....	18
2.2. Características de conexión red WAN.....	19
2.3. Tipos comunes de conexiones en redes WAN.....	23
2.3.1. Conexiones de conmutación de circuitos dedicados.	23
2.3.2. Conexiones de conmutación de circuitos bajo demanda.....	26
2.3.2.1. Conexiones de módem asíncronos.	28
2.3.2.2. Conexiones RDSI	30
2.3.3. Conexiones de conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales.	31
2.3.4. Acceso de banda ancha.	33
2.4. Definición de Protocolos de encapsulamiento de WAN.	34

2.4.1. Encapsulamiento PPP	37	
2.4.2. Encapsulamiento de Frame Relay.....	40	
2.5. Determinación de los tipos de uso de WAN.	41	
CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE SIMULACIONES Y RESULTADOS		
OBTENIDOS EN OPNET	43	
3.1. Introducción y explicación para evaluación de una WAN.....	43	
3.2. Simulación de la red WAN.....	44	
3.3. Resultados obtenidos de la simulación de red WAN.....	48	
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		58
4.1. Conclusiones.....	58	
4.2. Recomendaciones.....	59	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60	

Índice de Figuras

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Tipos de conexiones de conmutación de circuitos dedicados. .	25
Figura 2. 2: Configuración de las conexiones de conmutación de circuitos bajo demanda.	27
Figura 2. 3: Configuración de las conexiones RDSI (ISDN).....	30
Figura 2. 4: Conexiones de conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales.	31
Figura 2. 5: Configuración de acceso de banda ancha.....	33
Figura 2. 6: Protocolos de redes WAN.....	35
Figura 2. 7: Protocolos de redes WAN.....	37
Figura 2. 8: Encapsulamiento de retransmisión de tramas (Frame Relay). .	40

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Red WAN de 20 usuarios.	44
Figura 3. 2: Menú para seleccionar la gama de componentes de redes.....	45
Figura 3. 3: Selección Ethernet del menú desplegable de la paleta de objetos.	45
Figura 3. 4: Ventana para configurar los atributos del nuevo servidor para aplicaciones.	46
Figura 3. 5: Ventana de aplicaciones para soporte de servicios.	47
Figura 3. 6: Modelo de red WAN con 20 PCs.	47
Figura 3. 7: Configuración de View Results para ver la utilización del enlace.	49
Figura 3. 8: Gráfica del porcentaje de utilización de enlaces.	49

Figura 3. 9: Gráfica del tiempo de respuesta Web y descarga FTP..... 50

Figura 3. 10: Modelo de red del primer escenario con dos switch y dos líneas T1..... 51

Figura 3. 11: Ventana para configurar el uso de enlace del primer escenario. 52

Figura 3. 12: Gráficas de la utilización de enlaces con uno y dos switches. 52

Figura 3. 13: Gráficas de los promedios del tiempo de respuesta FTP y páginas Web..... 53

Figura 3. 14: Gráficas de los promedios del tiempo de respuesta FTP y páginas Web..... 54

Figura 3. 15: Resultados del enlace WAN punto a punto. 55

Figura 3. 16: Resultados comparativos de utilización de enlaces LAN sobre WAN. 56

Figura 3. 17: Resultados comparativos del tiempo de respuesta para HTTP de una LAN con respecto a una red WAN. 56

Índice de Tablas

Capítulo 2:

Tabla 2. 1: Características de conexiones en redes WAN.....	22
---	----

Resumen

El trabajo de titulación denominado Evaluación del Rendimiento de Aplicaciones en Línea a través de Redes WAN sobre OPNET, consiste en desarrollar los modelos de escenarios que serán simulados para determinadas aplicaciones en línea, tales como páginas Web y FTP. La herramienta de programación adecuada y robusta en el ámbito de las redes de telecomunicaciones, es OPNET Modeler.

Para el presente trabajo de titulación, el uso de OPNET no fue algo sencillo, ya que es una herramienta muy poderosa al momento de simular, para lo cual se buscó información en repositorio digitales de las instituciones de educación superior.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1. Introducción.

La noción de redes WAN ha sido de alrededor de más de dos décadas, pero recientemente la unión de detección y comunicaciones inalámbricas ha revolucionado el campo y ha permitido avances significativos. Las redes WAN también conocidas como redes de sensores, que surgieron en la década de 1980 y se incluyeron redes de radares utilizados en los sistemas de control de tráfico aéreo, y la red eléctrica nacional.

Sin embargo, estas redes se conectan las redes, y mientras algunos investigadores que trabajan en estos primeros sistemas prevén un gran número de pequeños sensores, la tecnología para hacer esto ha surgido recientemente. Las Redes WAN o de sensores actualmente, comprenden múltiples sensores distribuidos que pueden recoger la información asociada a eventos de interés de forma inalámbrica.

Cada nodo sensor tiene una capacidad de procesamiento integrada, capacidad de almacenamiento y comunicación a bordo, y, potencialmente, tiene múltiples sensores a bordo de interfaz con, o supervisión, el entorno físico en el que se encuentra el sensor. Existe un número de habilitadores importantes para los avances en la detección de red. Hoy en día, la tecnología de silicio continúa empujando en dos direcciones

complementarias, es decir, el aumento de la velocidad de procesamiento se mide en GHz.

1.2. Antecedentes.

En los últimos años las redes de sensores se han convertido en un área vital nueva en la investigación de redes, que bien se basa por primera vez con la detección, la informática y las comunicaciones inalámbricas. Esta nueva frontera en la detección inalámbrica presenta muchos nuevos desafíos técnicos para la comunidad de investigación, así como muchas oportunidades sin explotar para un conjunto diverso de industrias y los primeros en adoptar la detección.

Esta nueva era es también probable que tengan un impacto significativo sobre cómo nosotros, como individuos interactuamos con el mundo físico que nos rodea. En el presente trabajo de titulación, nos dirigimos a algunos problemas de redes importantes asociados a este campo incipiente que podría limitar esta amplia visión, si no se resuelven.

1.3. Justificación del Problema.

Las redes WAN o de sensores están integrados en el mundo real e interactúan estrechamente con el entorno físico cambiante en el que residen. A lo mejor de nuestro conocimiento no ha habido poco o ningún trabajo en la comprensión en qué medida lo hacen las redes de sensores y sus algoritmos de recolección de datos y de gestión de red asociados, deben ser resistentes

a los cambios dinámicos en condiciones de la red y el entorno en el que están inmersos los sensores.

1.4. Definición del Problema.

En la actualidad existen algunos trabajos de pregrado y posgrado en la que utilizan herramientas de simulación para poder modelar sistemas de telecomunicaciones, por esto surge la necesidad de realizar el modelamiento y evaluación del rendimiento de aplicaciones en línea (Web, FTP) a través de redes WAN mediante la plataforma de simulación OPNET.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Evaluar el rendimiento de aplicaciones en línea tales como páginas Web y FTP a través de redes WAN sobre la plataforma de simulación OPNET.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Describir el Estado del Arte de las Redes WAN.
- Realizar el modelado de una red WAN de 20 usuarios en una pequeña empresa con un switch y router
- Modificar el modelado de una red WAN de 20 usuarios a través de dos escenarios que pueden ocurrir en realidad.
- Evaluar los resultados obtenidos en el modelado de la red WAN.

1.6. Idea a Defender.

Mediante el modelado y evaluación del rendimiento de utilización de enlaces y de los tiempos de respuestas de las aplicaciones en línea (Web y FTP) a través de una red WAN permitirá verificar y comparar el comportamiento de los tres escenarios propuestos

1.7. Metodología de Investigación.

El modelado y evaluación propuesta en el presente trabajo de titulación, es un estudio empírico-analítico, en la que el tipo de investigación es:

- a. Explicativo, porque da una explicación del estado del arte de las redes WAN y sus aplicaciones, que ayudan al desarrollo del trabajo de titulación.
- b. Exploratorio, porque pueden suceder diferentes inconvenientes en la red WAN y también porque en la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones no ha sido tratado.

CAPÍTULO 2: Estado del Arte de las Redes WAN.

2.1. Tecnologías y componentes de las redes WAN.

En los últimos años, las aplicaciones basadas en la Web, dispositivos inalámbricos y de red privada virtual (VPN) han cambiado nuestras expectativas acerca de las redes de ordenadores. Redes corporativas de hoy son accesibles prácticamente en cualquier momento desde cualquier lugar, con muchos usuarios esperando el acceso a la red de una empresa, en el hogar o en la carretera.

Las redes corporativas suelen ser construidas en torno a un sitio central que alberga los principales recursos de la red. Estos recursos incluyen los servidores de archivos, servidores web y servidores de correo electrónico que ofrecen información y servicios a todos los usuarios en una empresa.

Estos servicios son de fácil acceso para los usuarios del sitio central a través de su LAN, pero ¿cómo sabemos que los usuarios trabajan a distancia para acceder a estos recursos? Como profesionales de telecomunicaciones en el área de redes, debemos ofrecer a los usuarios un acceso remoto y seguro a redes. Los usuarios remotos pueden estar trabajando en las sucursales u oficinas en casa, o que incluso podría estar en el camino con un ordenador portátil o un dispositivo móvil de mano.

En esencia, un usuario remoto es cualquier usuario que no está trabajando actualmente en el sitio central de la compañía. Las soluciones de acceso remoto de todas las formas y tamaños. La solución de cada empresa implica típicamente una combinación de diversos servicios WAN. La mayor parte de estos servicios se obtienen de un proveedor de servicios, tales como una empresa regional de telecomunicaciones.

Debido a que las instalaciones de transmisión pertenecen a un proveedor de servicios, su papel es seleccionar el servicio adecuado, no necesariamente para diseñar y mantener por sí las instalaciones de redes WAN. Los tipos de servicios WAN disponibles y sus costos varían dependiendo de la zona geográfica y el proveedor.

Las limitaciones presupuestarias del mundo real y la disponibilidad del servicio son a menudo los criterios de selección primordiales. Para implementar la solución más adecuada, usted debe entender las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de servicios de redes WAN. El presente capítulo trata sobre diversas tecnologías de acceso remoto y las consideraciones que enfrenta una empresa en la construcción de su red corporativa y de ciertos productos de Cisco.

2.2. Características de conexión red WAN

Muchas características significativas de conexión red WAN se pueden agrupar en las siguientes categorías:

a) Duración de la conexión

Dedicado

- Siempre.
- El costo es típicamente relacionado con el ancho de banda y la distancia.

Bajo demanda

- Conectado a la carta.
- El costo relacionado con el tiempo de uso y el ancho de banda y la distancia.

b) Conmutación

Conmutación de circuitos

- La asignación y el control de extremo a extremo ancho de banda.
- Aprovechada permanente o bajo demanda.

Conmutación de paquetes

- Red de Transporte asíncrono (ATM).
- La asignación de ancho de banda de Estadística en la red de transporte.
- Costo típicamente relacionado con garantía de ancho de banda y otra calidad de servicio (QoS).

c) Mecanismo de sincronización

Externo

- Registran determinado por un conductor separado en los medios.

- Cable más grueso con más conductores por conexión.

Incorporado o Embebido

- Determina la sincronización de tiempos de los bits dentro del flujo de datos.
- Menor número de conductores por conexión.

d) Velocidad de datos

Banda estrecha

- Precios hasta e incluyendo 128 kbps (Ejemplo: acceso telefónico).

Banda Ancha

- Las velocidades de datos son superiores a las tasas de banda estrecha. (La línea divisoria exacta implica más marketing que la tecnología de banda ancha, que es mayor que una Interfaz de velocidad básica (BRI) de RDSI e igual o inferior a un Módem de cable)

e) Terminación

Circuitos de extremo a extremo

- Terminación de la sincronización de bits y de enlace de datos se gestiona en los extremos del circuito, dando una apariencia de mayor control. El proveedor de servicios es transparente.

Red de transporte

- La red intermedia termina la sincronización de bits; contenido es llevada de forma asíncrona a través de la red de transporte.

Incluye conmutación de paquetes Frame Relay (FR) y ATM y tecnologías de acceso de banda ancha.

f) Los medios de transmisión

Cobre: Más barato para velocidades de datos más bajos y menores distancias

- Par trenzado.
- El cable coaxial.

Fibra: Carrier para altas velocidades de datos y distancias más largas

- Multimodo.
- Monomodo.

En la tabla 2.1 se proporciona una lista y la comparación de diversas características de conexión WAN.

Tabla 2. 1: Características de conexiones en redes WAN.

Duración de conexión	Dedicado	Bajo demanda
Conmutación	de circuitos	de paquetes
Sincronización	externa	incorporada o embebida
Velocidad de datos	banda estrecha	banda ancha
Terminación	extremo a extremo	red de transporte
Medios de comunicación	Cobre: par trenzado y coaxial	Fibra: multimodo y monomodo

Fuente:

2.3. Tipos comunes de conexiones en redes WAN.

A los efectos de esta discusión, las conexiones WAN se han agrupado en cuatro categorías generales, que reflejan los servicios WAN generalmente disponibles:

- a. Conmutación de circuitos dedicados.
- b. Conmutación de circuitos bajo demanda.
- c. Conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales.
- d. Acceso por Banda Ancha

2.3.1. Conexiones de conmutación de circuitos dedicados.

Las conexiones en serie de líneas dedicadas, normalmente se conectan a un proveedor de servicios de transporte a través de un dispositivo de equipo de comunicaciones de datos (Data Communications Equipment, DCE), que proporciona tanto una señal de reloj y transforma la señal del canal al formato utilizado en las redes de proveedores de servicios.

Estos enlaces dedicados punto a punto proporcionan una única ruta de comunicaciones de redes WAN preestablecidas de las instalaciones del cliente, mediante conmutación de circuitos a través de una red portadora, a una red remota. Las líneas dedicadas a través de las tasas de E3/T3 se describen con frecuencia como líneas alquiladas o dedicadas.

La ruta establecida es permanente y fija para cada red remota, alcanzada a través de las instalaciones de transporte. El proveedor del

servicio se reserva el uso privado de los circuitos de los clientes a través de la red de transporte en tiempo completo. La sincronización del control de sincronización y de enlaces de datos se conserva de un extremo a otro. Estas conexiones dedicadas se realizan utilizando los puertos síncronos seriales en el router, mediante el uso del ancho de banda de hasta 34 Mbps a través de un enlace de transporte proveedor de servicio E3 y 45 Mbps a través de T3.

Los diferentes métodos de encapsulación en la capa de enlace de datos proporcionan la flexibilidad y fiabilidad para el tráfico de usuarios. Conexiones típicas en una red de conexión WAN dedicada emplean velocidades de datos de 56 kbps, 64 kbps, T1, E1, T3, y E3. A continuación se muestran las normas síncronas seriales admitidas en routers mediante interfaces seriales:

- Asociación de Industrias Electrónicas/Asociación de Industria de las Telecomunicaciones (EIA / TIA)-232.
- EIA/TIA-449
- V.35 (48 kbps)
- EIA/TIA-530
- X.21 (2 Mbps)

En Norteamérica, el dispositivo de conexión se llama una unidad de servicio de canal/unidad de servicio de datos (CSU/DSU), como se muestra

en la figura 2.1. La CSU se conecta a la red proveedora de servicios, mientras que DSU se conecta a la interfaz serial del dispositivo de red.

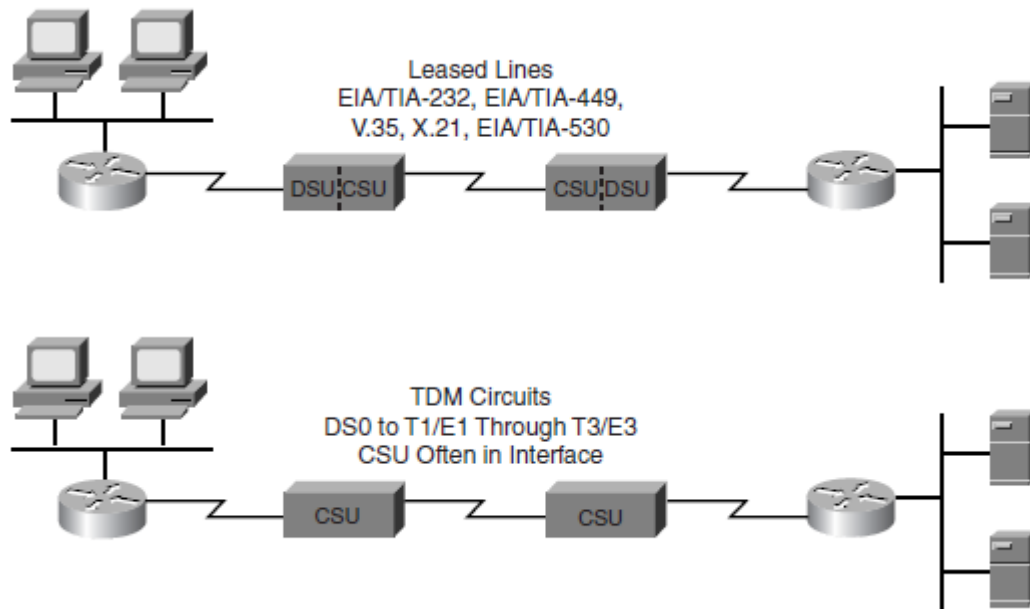


Figura 2. 1: Tipos de conexiones de conmutación de circuitos dedicados.
Fuente:

Se trata de un dispositivo (o a veces dos dispositivos digitales separados) que se adapta al formato de medios, desde un equipo terminal de datos en serie (DTE) del dispositivo, tal como un router, con el formato de los medios de comunicación del equipo proveedor de servicios, tal como un interruptor de WAN, en una red portadora conmutada.

La CSU/DSU también ofrece sincronización de señal para la sincronización entre estos dispositivos. En la figura 2.1 se muestra las maneras que se ubican tanto CSU como DSU. Cada vez, era más común tener conexiones directas a la red portadora de transporte usando circuitos

fraccionarios o T1/E1 completos. En este caso, una CSU ofrece demarcación y terminación lógica entre la red de proveedores de servicios y la red del cliente. La conectividad directa T3/E3 y SONET/SDH también puede estar disponible para organizaciones que requieren velocidades de datos más altas.

Del carácter privado de las conexiones dedicadas permiten a una empresa un mejor control de conexión WAN. Las conexiones dedicadas también ofrecen altas velocidades más allá de los niveles de T3/E3 utilizando SONET/SDH. Las conexiones dedicadas son ideales para entornos de alto volumen con los patrones de tránsito de tasa constante o picos de demanda elevados de tránsito crítico. Sin embargo, debido a que la línea no es compartida, las conexiones dedicadas tienden a ser más costosas

Como regla general, las conexiones dedicadas son más rentables en las siguientes situaciones:

- a. Tiempos de conexión largos.
- b. Distancias cortas.
- c. Requisitos de tránsito críticos que deben garantizarse.

2.3.2. Conexiones de conmutación de circuitos bajo demanda.

La conmutación de circuitos bajo demanda, es un método de transporte de redes WAN en el que un circuito físico dedicado a través de una red

telefónica pública conmutada (PSTN) se establece, mantiene y termina por cada sesión de comunicación, tal como se muestra en la figura 2.2. La señalización inicial en la fase de instalación determina los puntos finales y la conexión entre los dos puntos finales.

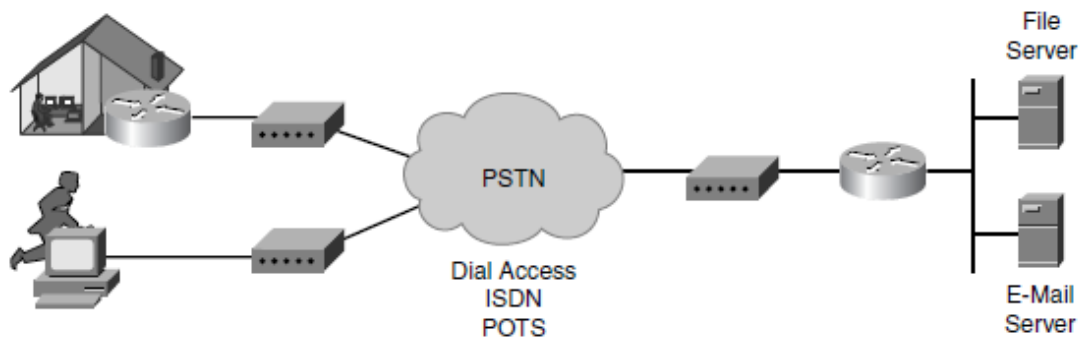


Figura 2. 2: Configuración de las conexiones de conmutación de circuitos bajo demanda.

Fuente:

Las conexiones por conmutación de circuitos típicos son como sigue:

- a. Módem asíncrono.
- b. Interfaz de velocidad básica (Basic Rate Interface, BRI) de RDSI e Interface de velocidad primaria (Primary Rate Interface, PRI) de RDSI.

Las ventajas de los tipos de conexión bajo demanda incluyen la selección dinámica del punto final del circuito, y la acumulación de cargas para el transporte, mientras que las conexiones están solamente activas. Los costos están directamente relacionados con el tiempo de conexión y la distancia para cada línea POTS o canal portador RDSI. Dado que el tráfico

entre los puntos finales aumenta de volumen, la duración de la conexión también aumenta.

2.3.2.1. Conexiones de módem asíncronos.

Las conexiones de módem asíncronas requieren de equipos a costos mínimos y utilizan la red telefónica existente. Los usuarios pueden acceder fácilmente a un sitio central desde cualquier lugar que tenga una conexión de teléfono en una red telefónica. La naturaleza de las conexiones asíncronas permite configurar tu conexión con sólo estar habilitado cuando necesite el servicio mediante enrutamiento por acceso telefónico bajo demanda (Dial-on-Demand Routing, DDR) a través del módem mediante una interfaz serie asíncrono. DDR es ideal cuando se necesita sólo el acceso a corto plazo. Para habilitar DDR en su interfaz asíncrona debe cumplir lo siguiente:

- **Los patrones de tráfico son de poco volumen o periódicos:** las llamadas se colocan y se establecen conexiones, sólo cuando el router detecta tráfico marcado como "interesantes". Las transmisiones o emisiones periódicas, tales como actualizaciones del protocolo de enrutamiento, debe impedirse desde que se provocó una llamada.
- **Se necesita una conexión de respaldo para la redundancia o compartición de carga:** DDR se puede utilizar para proporcionar la compartición de la copia de seguridad y copia de seguridad de error de la interfaz.

Un router actúa como un servidor de acceso a la red, que es un punto de concentración para las llamadas de marcación de entrada (dial-in) y marcación de salida (dial-out). Los usuarios móviles, por ejemplo, pueden llamar a un servidor de acceso a un sitio central para acceder a sus mensajes de correo electrónico. Las conexiones asíncronas son útiles en las siguientes situaciones:

- a. Se requiere una conexión de respaldo.
- b. Se requiere de sitio reducido o pequeño.
- c. Se requiere el acceso a corto plazo bajo demanda.
- d. Períodos de menor tráfico en la red y pocos usuarios. Dependiendo del tamaño de la red, este número es generalmente 18% o por debajo. Este porcentaje se ha convertido en una práctica estándar, de bajo volumen en la mayoría de redes de determinadas organismos.

Las conexiones asíncronas a través de la PSTN requieren módems en cada extremo de la conexión para convertir las señales de datos digitales en señales analógicas, que pueden ser transportados por la red telefónica.

Las velocidades de módem normalmente varían de 19.2 kbps a 56 kbps en función de la calidad de línea. Las velocidades de ancho de banda más lento limitan la cantidad de tráfico que se puede enviar a través de una línea asíncrona.

2.3.2.2. Conexiones RDSI

Las conexiones de Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSI) son típicamente conexiones por conmutación que, al igual de las conexiones asíncronas, proporcionan acceso a redes WAN cuando sea necesario en vez de requerir un enlace dedicado. RDSI ofrece un mayor ancho de banda a través de una típica conexión de acceso telefónico, una configuración más rápida, y está destinado a transportar datos, voz y tráfico de vídeo a través de una red telefónica.

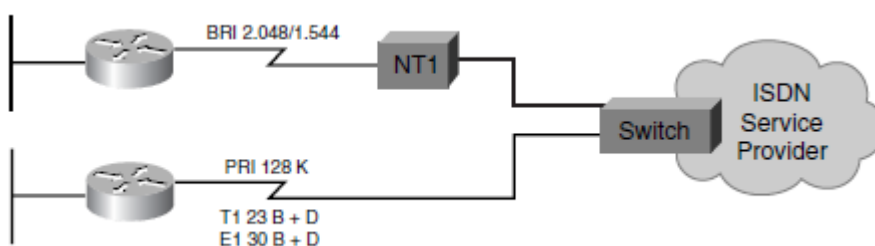


Figura 2. 3: Configuración de las conexiones RDSI (ISDN).
Fuente:

Para realizar una llamada BRI de ISDN, se debe configurar el router con una interfaz BRI, como se muestra en la figura 2.3, o un adaptador de terminal RDSI, que es un dispositivo que se utiliza para conectar las conexiones BRI de ISDN a otras interfaces como EIA/TIA-232. Un adaptador de terminal es esencialmente un módem ISDN.

Mientras que PRI de ISDN, se configura a través de conexiones como las tecnologías de T1 y E1. Donde T1 se utiliza en América del Norte, y E1 es común en otros países. Para realizar una llamada RDSI, se debe

configurar el router con la conexión adecuada. Al igual que con las conexiones asíncronas, también puede configurar DDR para controlar el acceso por períodos específicos de tiempo.

2.3.3. Conexiones de conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales.

La conmutación de paquetes es un método en el que un dispositivo de red utiliza un único enlace punto a punto a un proveedor de servicios para el transporte de paquetes destinados a uno o más destinos a través de una red portadora, como se muestra en la figura 2.4. La conmutación de paquetes es una tecnología de red basada en la transmisión de datos en paquetes.



Figura 2. 4: Conexiones de conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales.
Fuente:

La división de un flujo continuo de datos en pequeñas unidades (paquetes) permite que los datos de una o más fuentes compartan los canales a uno o más destinos de comunicación dentro de la red de transporte.

Las redes de conmutación de paquetes utilizan circuitos virtuales (VC) que proporcionan conectividad de extremo a extremo. Los dispositivos de conmutación estáticamente programados logran conexiones físicas. Las

cabeceras de los paquetes identifican el circuito, y los encabezados pueden cambiar en cada enlace de red recorrido.

Las redes de conmutación de paquetes pueden ser gestionadas de forma privada o pública. La estructura de conmutación subyacente es transparente para el usuario de la red, y los interruptores son los responsables de la entrega interna de datos a través de la red de conmutación de paquetes. La conmutación de paquetes se implementa en la capa de enlace de datos del modelo de referencia ISO/OSI.

Las redes de conmutación de paquetes disponen de un administrador de menos control que una conexión punto a punto, y el ancho de banda se comparte estadísticamente. Sin embargo, el coste es generalmente menor que una línea alquilada. Con velocidades comparables de WAN a los de líneas alquiladas (dedicadas), las redes de conmutación de paquetes son generalmente adecuados para los vínculos entre dos grandes sitios que requieren una alta utilización de enlace o presentan altos picos de tráfico crítico. Como regla general, las conexiones por conmutación de paquetes son más rentable en las siguientes situaciones:

- a. Tiempo de conexión largos.
- b. Grandes distancias geográficas.
- c. Alta utilización de enlace.
- d. Altos picos de tráfico crítico.

2.3.4. Acceso de banda ancha.

Acceso a Internet está pasando de dial-up módems y conexiones lentas para el acceso de banda ancha usando una variedad de tecnologías que aprovechan las infraestructuras de telefonía y de distribución de televisión por cable existente para proporcionar acceso de banda ancha a Internet, como se muestra en la Figura 2.5.

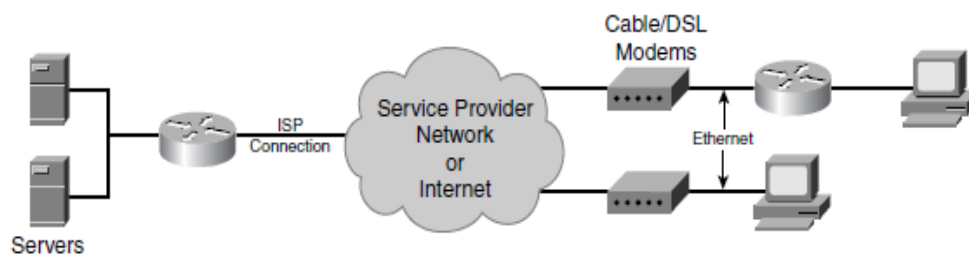


Figura 2. 5: Configuración de acceso de banda ancha.
Fuente:

Ejemplos de esto incluyen las tecnologías DSL y cable de banda ancha de alta velocidad. La banda ancha se define generalmente como cualquier tipo de datos sostenida por encima de 128 kbps. La banda ancha puede permitir al personal de oficinas remotas y pequeñas oficinas/oficinas en casa (Small office/home offices, SOHOs) conectar al sitio central a velocidades de datos más altas que las tecnologías tradicionales bajo demanda.

El acceso de alta velocidad de banda ancha a Internet a través de un punto de presencia (POP) de banda ancha y luego a las redes corporativas que utilizan redes privadas virtuales seguras (VPN) es una realidad para muchos usuarios en las redes hoy en día. Este acceso de banda ancha tiene el potencial de mejorar directamente la productividad de los empleados y

para proporcionar una base para los nuevos servicios de voz y de negocios de vídeo a través de Internet.

Muchas empresas e instituciones educativas han implementado soluciones de acceso de banda ancha (BW) para el acceso de los proveedores, clientes y personal. El uso de Internet para conectividad segura de sitio a sitio usando redes VPNs está aumentando, especialmente para este tipo de conexiones. Las opciones de BW con tecnología de acceso incluyen módems de cable y algunas tecnologías DLS incluyendo DSL asimétrica (ADSL), RDSI DSL (IDSL), DSL simétrica (SDSL), y de alta velocidad de datos DSL (HDSL).

El problema más común en la oferta de estos servicios de banda ancha a los usuarios remotos es la falta de disponibilidad del módem de cable y/o servicios DSL en el área local del usuario debido a las deficiencias de infraestructura.

2.4. Definición de Protocolos de encapsulamiento de WAN.

La conexión WAN utiliza el protocolo de capa 2 para encapsular el tráfico de la red mientras ocurre el enlace WAN. Para garantizar el uso del protocolo de encapsulación, es necesario configurar la capa 2. La elección del protocolo de encapsulación depende de la tecnología WAN y del equipo de comunicación. Las WAN incluyen los siguientes protocolos típicos (ver la figura 2.6):

a. Protocolo punto a punto (Point-to-Point Protocol, PPP).

PPP (PPPoE, PPPoA) surgió originalmente como un protocolo de encapsulación para transporte de tráfico IP sobre enlaces punto a punto. PPP estableció un estándar para la asignación y gestión de direcciones IP, y la encapsulación síncrona orientado a bits, multiplexación de protocolos de red, configuración y prueba-calidad del enlace, detección de errores, y opciones de negociación para funciones como la capa de dirección de red y de compresión de datos.

PPP admite funciones proporcionando un extensible protocolo de control de enlace (Link Control Protocol, LCP) y la familia de protocolos de control de red (Network Control Protocols, NCPs) para negociar los parámetros de configuración e instalación. El tipo de conexión de banda ancha utilizado determina el uso de los protocolos punto a punto sobre Ethernet (PPPoE) o sobre ATM (Point-to-Point Protocol over ATM, PPPoA).

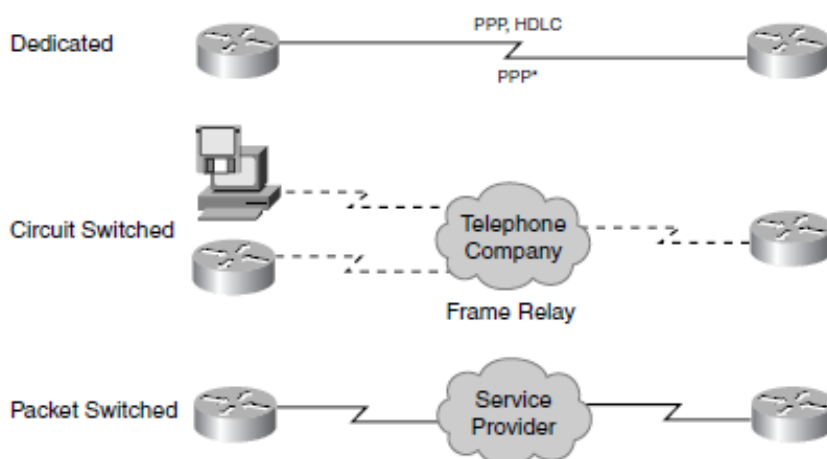


Figura 2. 6: Protocolos de redes WAN.

Fuente:

b. Control de enlace de datos de alto nivel (High-Level Data Link Control, HDLC)

HDLC es el tipo de encapsulamiento por defecto sobre interfaces seriales síncronas. Es un protocolo de capa de enlace de datos síncrono orientado a bits. HDLC especifica un método de encapsulación de datos sobre enlaces seriales síncronas utilizando caracteres de trama y de comprobación. HDLC es un estándar que está abierto a la interpretación. Como resultado, hay diferentes versiones de HDLC. Por ejemplo, si la comunicación con un dispositivo que no sea Cisco, PPP síncrono es una opción más viable.

c. Retransmisión de tramas o Frame Relay.

Frame Relay es un protocolo de conmutación de paquetes de alto rendimiento de WAN, que opera en las capas de enlace físico y datos del modelo de referencia OSI. Frame Relay fue diseñado originalmente para su uso a través de interfaces RDSI. Hoy en día, se utiliza más de una variedad de otras interfaces de red y normalmente operan en instalaciones de WAN, que ofrecen servicios de conexión más fiable y un mayor grado de fiabilidad.

d. Modo de transferencia asíncrono (ATM)

ATM es el estándar internacional para la retransmisión de células (celdas) en la que múltiples tipos de servicios (tales como voz, vídeo o datos) se transportan en las células de tamaño fijo (53 bytes). Las células de tamaño fijo permiten el procesamiento en el hardware, logrando reducir los

retardos de tránsito. ATM está diseñado para tomar ventaja de los medios de transmisión de alta velocidad, tales como E3, SONET, y T3, o cualquier medio de transmisión de hasta 10 Gbps.

2.4.1. Encapsulamiento PPP

El encapsulamiento PPP es un estándar internacional utilizado para los siguientes tipos de conexiones: (a) serial asíncrono, (b) RDSI, (c) serial síncrono, y (d) banda ancha.

PPP proporciona un método estándar de encapsulamiento de protocolos de capa superior a través de conexiones de punto a punto. PPP se extiende la estructura de paquete HDLC con un identificador de protocolo de 16 bits, que contiene información sobre el contenido del paquete. Debido a que es estandarizado, PPP soporta interoperabilidad de proveedores. PPP utiliza su componente PNC para encapsular varios protocolos. En la figura 2.7 se muestra un ejemplo de la encapsulación PPP.

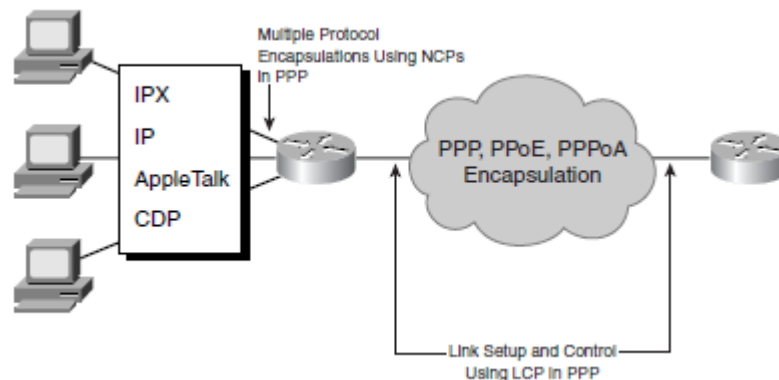


Figura 2. 7: Protocolos de redes WAN.

Fuente:

PPP utiliza otro de sus principales componentes, el LCP, para negociar y configurar opciones de control de enlaces de datos de WAN. Existen algunas características PPP LCP contempladas que son las siguientes:

- **Autenticación:** La proceso de identificación de una persona, por lo general basado en un nombre de usuario y contraseña
- **Compresión:** El almacenamiento de datos en un formato que requiere menos espacio de lo habitual.
- **Multienlaces:** Una extensión al protocolo PPP permite múltiples conexiones físicas entre dos puntos para ser combinados en una única conexión lógica.

PPPoE, que se cita en el RFC 2516, proporciona la capacidad para conectar una red de ordenadores a través de un dispositivo de acceso de puente simple de un concentrador de acceso. Con este modelo, un host utiliza su propia pila de PPP y el usuario se presenta con una interfaz de usuario familiar.

PPPoA se llevó a cabo principalmente como parte de una ADSL. Se basa en el RFC 1483, ahora RFC 2686, operando en modo LLC-SNAP o VC-Mux. El equipo local del cliente (Customer Premises Equipment, CPE) encapsula sesiones PPP basadas en este RFC para el transporte a través del bucle de ADSL y el multiplexor de línea de acceso de abonado digital (Digital Subscriber Lines Access Multiplexer, DSLAM). En estas arquitecturas, la asignación de direcciones IP se basa en negociar el

Protocolo de control IP (IPCP), que es el mismo principio de PPP en modo de marcación.

En PPPoE, la fuente de la asignación de direcciones IP depende del tipo de servicio al que el abonado está suscrito y donde terminan las sesiones PPP. PPPoE hace uso de la función de acceso telefónico a redes de Microsoft Windows y la dirección IP asignada se refleja dentro del adaptador PPP. PPPoE se puede utilizar en el equipo local del cliente (CPE) existente (que no se puede actualizar a PPP o no tiene la capacidad de ejecutar PPPoA), extendiendo la sesión PPP sobre el puentado LAN Ethernet a la PC. PPPoE también se puede configurar en el CPE para terminar la sesión PPP y utilizar la traducción de direcciones de red (Network Address Translation, NAT) para el acceso a la estación de trabajo a Internet.

PPPoA no requiere software basado en host, sólo que cada dispositivo CPE debe tener un nombre de usuario y contraseña para la autenticación a un sitio central. Las sesiones PPP iniciadas por el suscriptor se terminan en el proveedor de servicios que autentica a los usuarios mediante una base de datos local a través de un RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service, Servicio de autenticación remota telefónica de usuario) o TACACS (Terminal Access Controller Access Control System, Sistema de Control mediante control de acceso a terminales) + servidor.

La autenticación de sesión PPPoA se basa en un protocolo simple de autenticación (Password Authentication Protocol, PAP) o en un protocolo de autenticación por desafío mutuo (Challenge Handshake Authentication Protocol, CHAP). El proveedor de servicio sólo necesita asignar una dirección IP para CPE, y el CPE se puede configurar para NAT.

2.4.2. Encapsulamiento de Frame Relay.

Frame Relay o retransmisión de tramas, es un protocolo de capa de enlace de datos estándar de la industria comúnmente utilizado en las redes de conmutación de paquetes. Frame Relay admite los avances tecnológicos tales como el cableado por fibra óptica y transmisión digital.

Frame Relay, puede eliminar los procesos que consumen mucho tiempo (por ejemplo, la corrección de errores y control de flujo) que son necesarias para el uso de mayores de edad, menos confiables en los protocolos y medios de comunicación de WAN. En la figura 2.8 se muestra un ejemplo de una topología de encapsulamiento de Frame Relay.

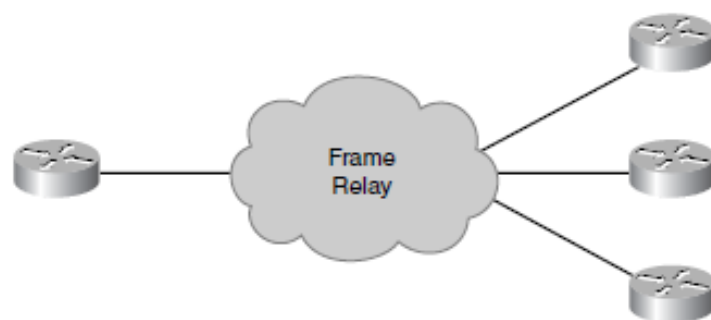


Figura 2. 8: Encapsulamiento de retransmisión de tramas (Frame Relay).
Fuente:

2.5. Determinación de los tipos de uso de WAN.

Al diseñar Interredes, se debe tomar varias decisiones claves sobre la conectividad entre distintos usuarios o grupos de usuarios en su entorno de red WAN. Algunas decisiones incluyen por ejemplo: seguridad, disponibilidad o ancho de banda. Al seleccionar una conexión WAN, debemos considerar:

a. La disponibilidad.

Cada método de conectividad tiene características inherentes a su diseño, uso y aplicación. Por ejemplo, Frame Relay no está disponible en todas las regiones geográficas.

b. El ancho de banda.

Ancho de banda de WAN es caro, y las organizaciones no puede permitirse el lujo de pagar por más ancho de banda que necesitan. Determinar el uso través de la WAN es un paso necesario para la evaluación de los servicios WAN más rentables para sus necesidades.

c. El costo.

Los costos para utilizar WAN son típicamente 80% de todo el presupuesto de los servicios de información. El costo es una consideración importante cuando se evalúan diferentes servicios WAN y diferentes proveedores de servicios. Si, por ejemplo, utiliza la línea solamente 1 hora al día, se podría elegir una conexión de acceso telefónico bajo demanda, como una conexión asíncrona o RDSI.

d. La facilidad de gestión.

Los diseñadores de redes a menudo se preocupan acerca del grado de dificultad asociada a la gestión de las conexiones. La gestión de conexiones

incluye tanto la configuración en el arranque inicial y las tareas de configuración de salida de funcionamiento normal. La gestión del tráfico es la capacidad de la conexión para adaptarse a diferentes tasas de tráfico, independientemente de si el tráfico es el estado de equilibrio. Las líneas dedicadas suelen ser más fáciles de manejar que las líneas compartidas.

e. El tráfico de aplicaciones.

La tráfico de aplicaciones pueden ser muchos paquetes pequeños, tales como una sesión de terminal, o paquetes muy grandes, tales como durante la transferencia de archivos.

f. QoS y fiabilidad

¿Qué tan importante se destina el tráfico de viajar a través del enlace? Puedes ser necesaria una conexión de respaldo.

g. El control de acceso

Una conexión dedicada podría ayudar a controlar el acceso, aunque el comercio electrónico no se puede producir a gran escala a menos que los consumidores pueden acceder a una parte de su red.

h. QoS

QoS es una preocupación importante para los administradores de red en estos días, ya que las empresas no están gastando tanto en costos de WAN y están siendo más inteligentes y tratar de obtener el máximo provecho de lo que tienen.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE SIMULACIONES Y RESULTADOS OBTENIDOS EN OPNET

3.1. Introducción y explicación para evaluación de una WAN.

Para la parte experimental sobre el software OPNET, contaremos con una pequeña red local con 20 usuarios para una empresa de nueva denominada WAN Technologies. Uno de los objetivos es investigar el rendimiento de determinadas aplicaciones en línea (internet) de esta empresa. Adicionalmente, se procederá a planificar la red añadiendo un enlace redundante entre la red LAN y el ISP.

Las 20 PCs que componen la empresa en mención, comparten tres impresoras, archivos de texto y correos electrónicos del servidor local. Los usuarios ejecutan diferentes aplicaciones en línea, incluyendo correo electrónico, navegación web, streaming de vídeo, y FTP. Los usuarios también corren aplicaciones a nivel local, es decir, Intranet, tales como correo electrónico, impresión, y el acceso de base de datos.

Otro objetivo es analizar el tiempo de respuesta para dos tareas fundamentales: las descargas FTP y descargas Página Web. También vamos a analizar la utilización del enlace entre la LAN y el ISP. Después de una evaluación inicial, vamos a dividir la LAN en dos segmentos más pequeños conmutados y añadimos un enlace T1 extra entre la LAN y el ISP

para duplicar la capacidad disponible. El equilibrio de carga asegurará de que ambos enlaces T1 son igualmente efectivos.

3.2. Simulación de la red WAN.

Antes de proceder a evaluar la red WAN, se desarrolla el modelo de 20 PCs que compone la empresa, tal como se muestra en la figura 3.1. La compañía como es común dispone de correo electrónico y servidores locales de archivos compartidos.

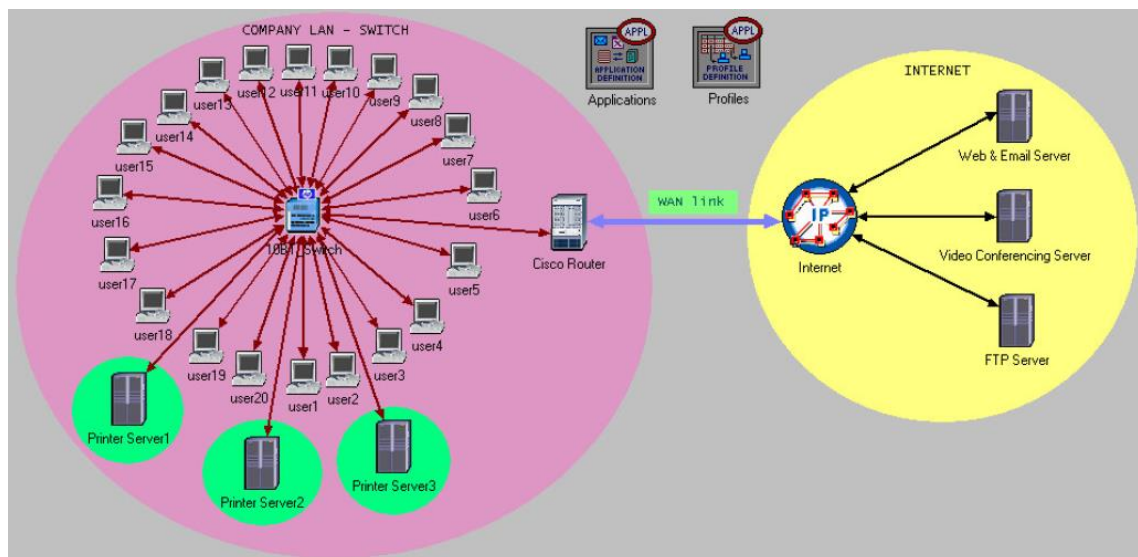


Figura 3. 1: Red WAN de 20 usuarios.
Fuente: El Autor.

Para cumplir con el objetivo general se agregará determinadas aplicaciones en línea que son utilizadas en redes WAN. Primero agregamos un servidor local desde la paleta de objetos (véase figura 3.2) y configurarlo para correo electrónico y aplicaciones de uso compartido de archivos. A continuación se despliegan determinados objetos para modificar el modelo de red WAN.

Paso 1: Agregar un servidor local

1. Abrir **Object Palette** (ver figura 3.2)



Figura 3. 2: Menú para seleccionar la gama de componentes de redes.
Fuente: El Autor.

2. Existe diferentes objetos, que representan los componentes de una red.
En el menú desplegable (véase la figura 3.3), seleccionamos **Ethernet**.

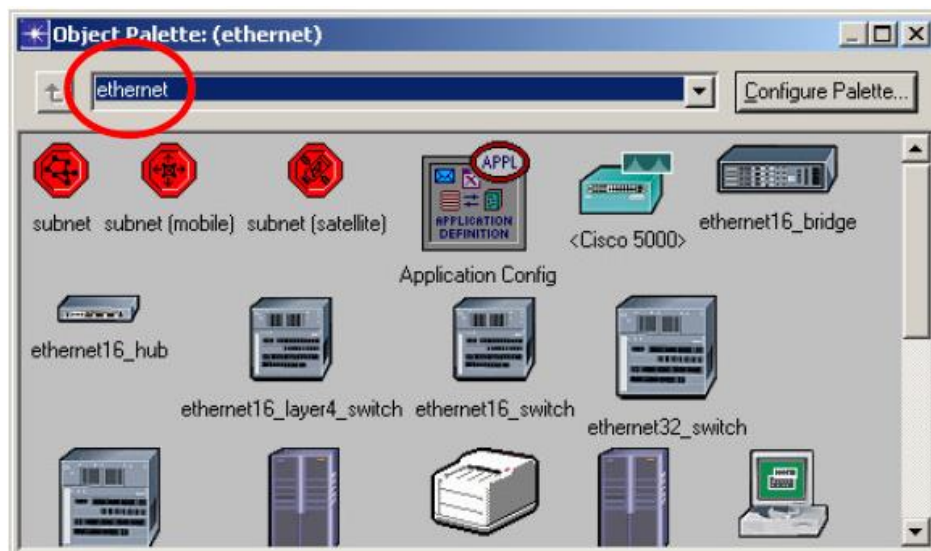


Figura 3. 3: Selección Ethernet del menú desplegable de la paleta de objetos.
Fuente: El Autor.

3. Posteriormente, seleccionamos **Ethernet_server** y damos clic en el espacio de trabajo para implementar el servidor local. Si no requiere de más servidores locales damos clic derecho en el espacio de trabajo para detener el proceso.
4. Para agregar enlaces de conexión al servidor y conmutador, seleccionamos el enlace **10BaseT** desde la paleta de objetos.

- Después de agregar el servidor local, damos clic en **10Base_Switch**. Si se desea detener el despliegue de más enlaces, dar clic derecho en el espacio de trabajo.

Paso 2: Configurar el servidor local para correo electrónico y uso compartido de archivos

Procedemos a configurar el nuevo servidor que soporte correo electrónico y aplicaciones de uso compartido de archivos.

- Damos clic derecho al nuevo servidor y seleccionamos **Edit Attributes**.
- Establecemos el atributo de nombre **Email & File Server**.
- Damos clic en la columna "Value" para **Application: Supported Services** donde dice **None** y seleccionamos **Edit...**, véase figura 3.4.

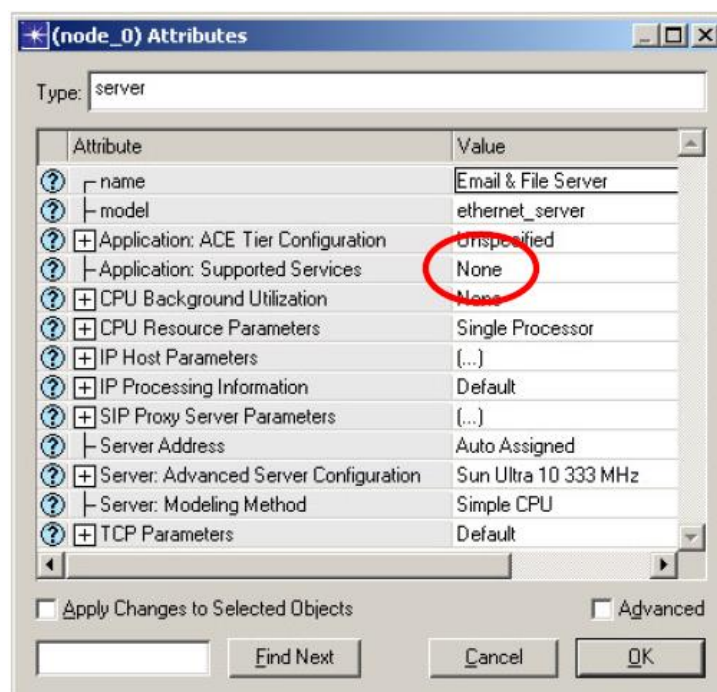


Figura 3. 4: Ventana para configurar los atributos del nuevo servidor para aplicaciones.

Fuente: El Autor.

9. En la figura 3.5 se observa la manera de configurar 2 aplicaciones de la siguiente manera:

- Establecemos el número de **Rows** a **2**.
- Damos clic en la columna "Name" y seleccionamos de la primera fila **Email (Heavy)**.
- Damos clic en la segunda fila para seleccionar **Database**.

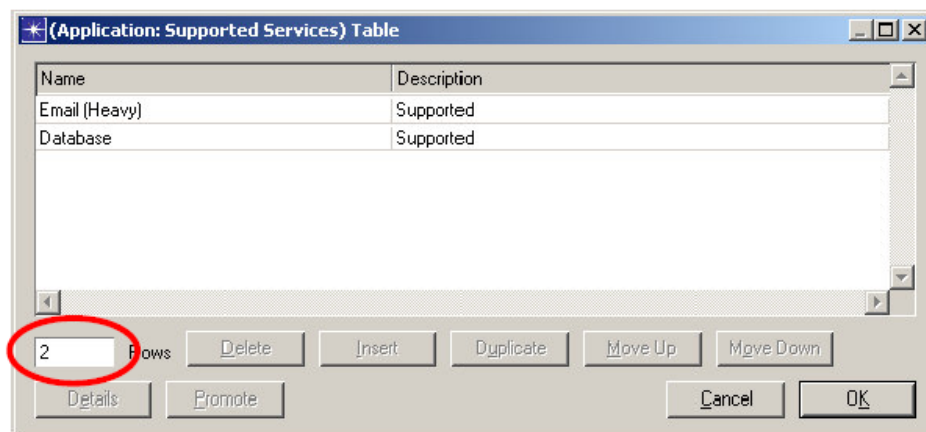


Figura 3. 5: Ventana de aplicaciones para soporte de servicios.
Fuente: El Autor.

10. Damos doble clic en **OK**.

11. Guardamos las modificaciones del proyecto.

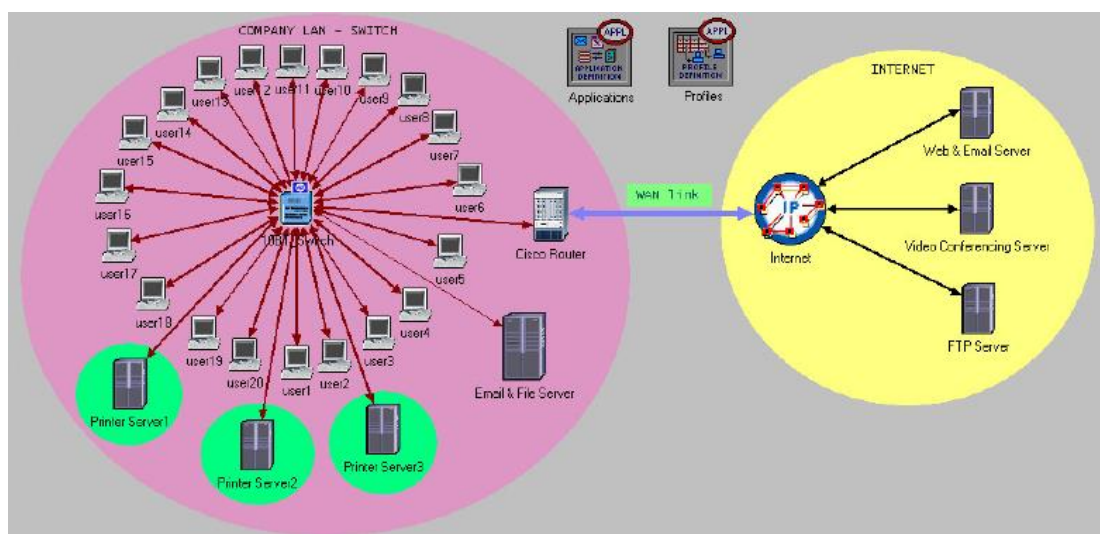


Figura 3. 6: Modelo de red WAN con 20 PCs.
Fuente: El Autor.

Paso 4: Configurar y ejecutar la simulación

Una vez que el correo electrónico y el uso compartido de archivos del servidor local han sido configurados, se evaluará el rendimiento de la red para una hora pico del día.

1. Damos clic en el botón **configure/run simulation** de la barra de herramientas.
2. Configuramos la simulación en **Duration** para un tiempo de 1 hora.
3. Finalmente damos clic en **Run**.

Verificar la barra de progreso a medida que avanza la simulación, la misma tomará 2 minutos para la simulación.

3.3. Resultados obtenidos de la simulación de red WAN.

Una vez realizadas las configuraciones necesarias al diseño de la red WAN con 20 PCs, se podrá obtener las diferentes gráficas estadísticas, tales como tiempo de respuesta Web, tiempo de respuesta de descarga FTP y la utilización de los enlaces WAN. Para lo cual seguimos los siguientes pasos:

1. Damos clic en el enlace WAN y seleccionamos **View Results** para ver los resultados de utilización de este enlace.
2. Expandimos **Point-to-point** y seleccionamos **←utilization** (véase la figura 3.7), ya que sólo estamos interesados en la utilización de los enlaces de descarga.
3. Al seleccionar **Show**, se podrá visualizar el nivel de utilización de enlace en la figura 3.8). Esta gráfica de utilización será discutida más adelante.

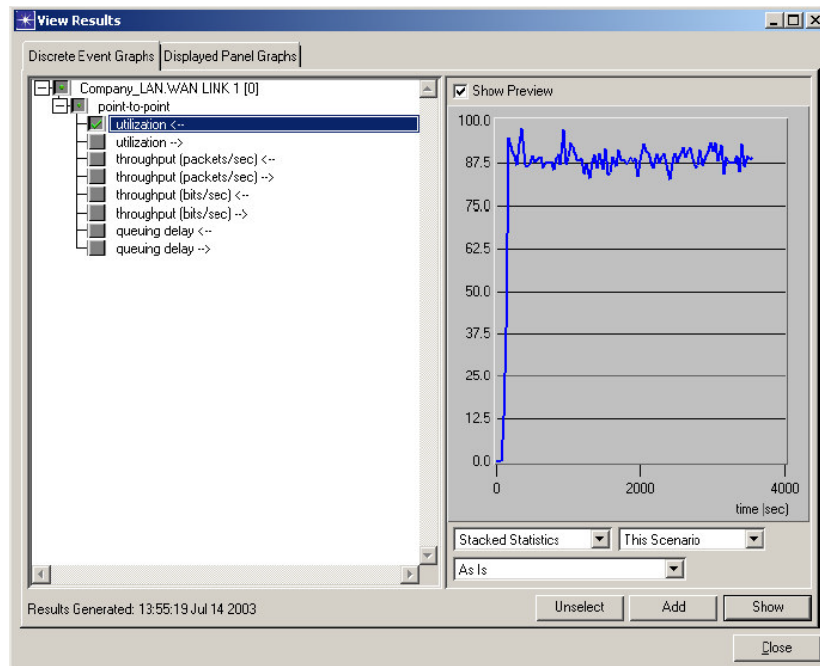


Figura 3. 7: Configuración de **View Results** para ver la utilización del enlace.
Fuente: El Autor.

4. En forma similar a lo anterior, visualizaremos gráficamente el tiempo de respuesta Web y del tiempo de respuesta de descarga FTP que se muestra en la figura 3.9.

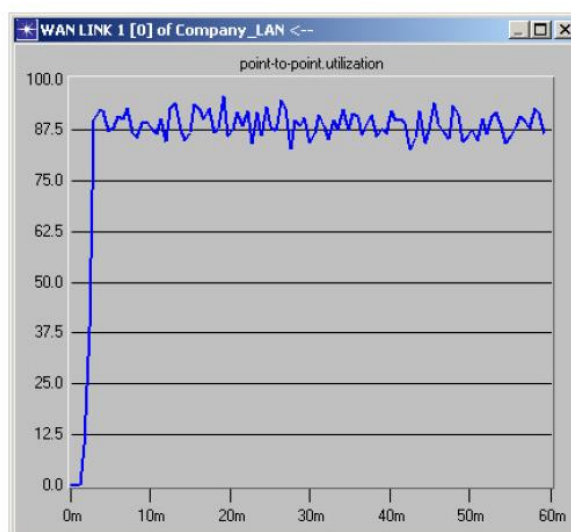


Figura 3. 8: Gráfica del porcentaje de utilización de enlaces.
Fuente: El Autor.

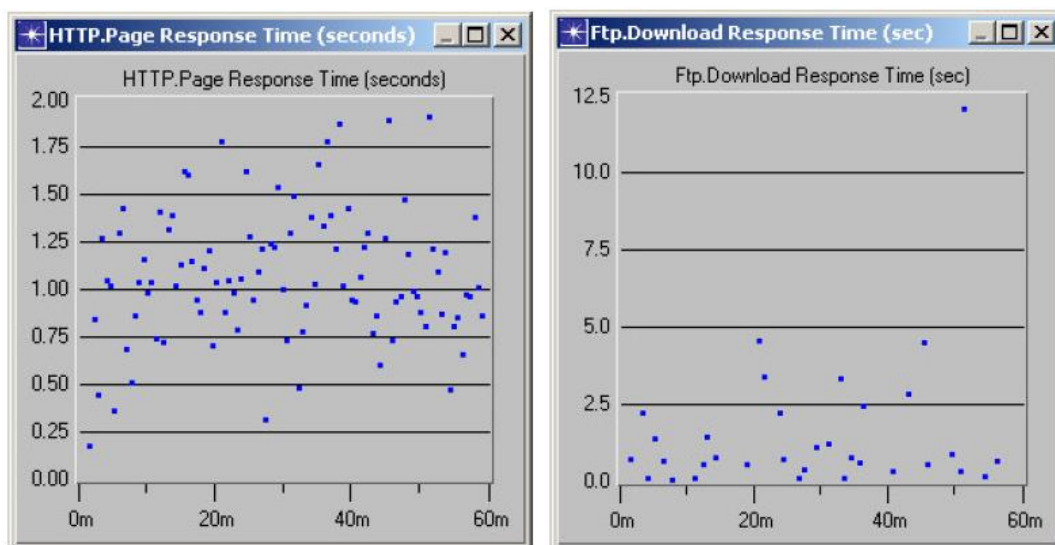


Figura 3. 9: Gráfica del tiempo de respuesta Web y descarga FTP.
Fuente: El Autor.

En conclusión podemos ver que la utilización de descarga de los enlaces promedia un 92%. El tiempo de respuesta de aplicación Web es alrededor de 1,3 s. El tiempo de respuesta de descarga FTP es alrededor de 2,5 s. Finalmente, podemos concluir que con tal utilización del enlace de alta descarga; esto no da el ancho de banda disponible tanto para aplicaciones de usuarios potenciales.

Ahora, vamos a realizar dos escenarios o experimentos adicionales, el primero vamos a añadir un enlace T1 redundante para duplicar la capacidad del enlace. Donde el equilibrio de carga se utiliza para asegurar que el tráfico se distribuya uniformemente entre los dos enlaces. Entonces, vamos a hacer fallar uno de los dispositivos para ver la ventaja de añadir un nuevo enlace.

1er Escenario:

Para este primer escenario, la red de la empresa se divide en dos segmentos más pequeños cada uno conectado a un switch. La LAN está conectada a Internet con dos líneas T1 tal como se muestra en la figura 3.10. Adicionalmente, utilizamos el protocolo de enrutamiento de gateway interior mejorado (EIGRP) para realizar el equilibrio de carga en los dos enlaces.

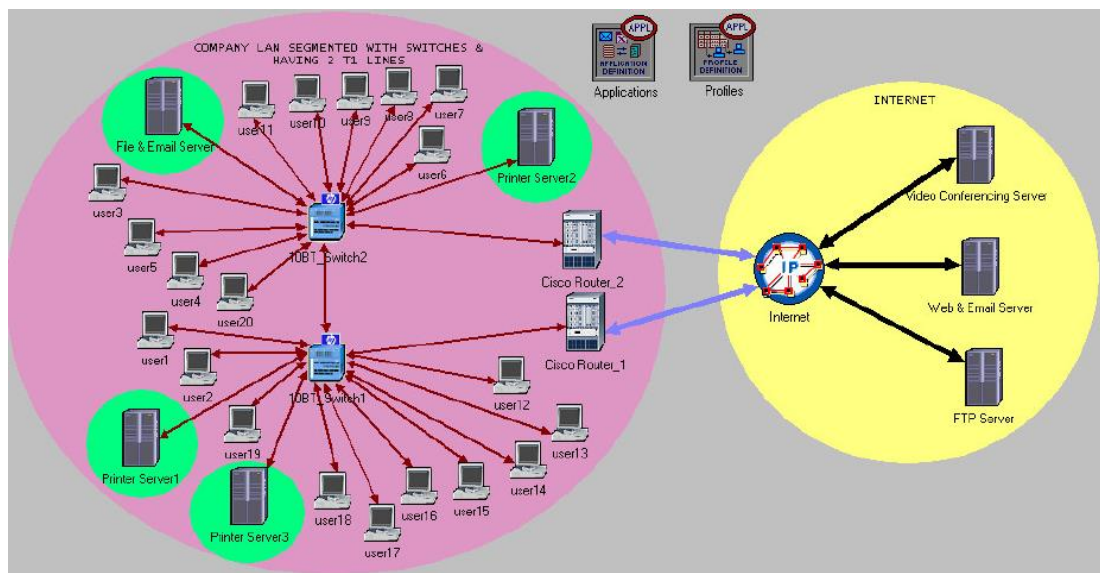


Figura 3. 10: Modelo de red del primer escenario con dos switch y dos líneas T1.

Fuente: El Autor.

En base a la configuración anterior a este primer escenario se procederá a realizar similarmente los pasos para configurar y ejecutar la simulación del primer escenario (véase la figura 3.11). Pero la ejecución de la simulación será para una hora más concurrida del día para ver si la carga se equilibra a través de los dos enlaces como se pretende mejorar la capacidad del enlace.

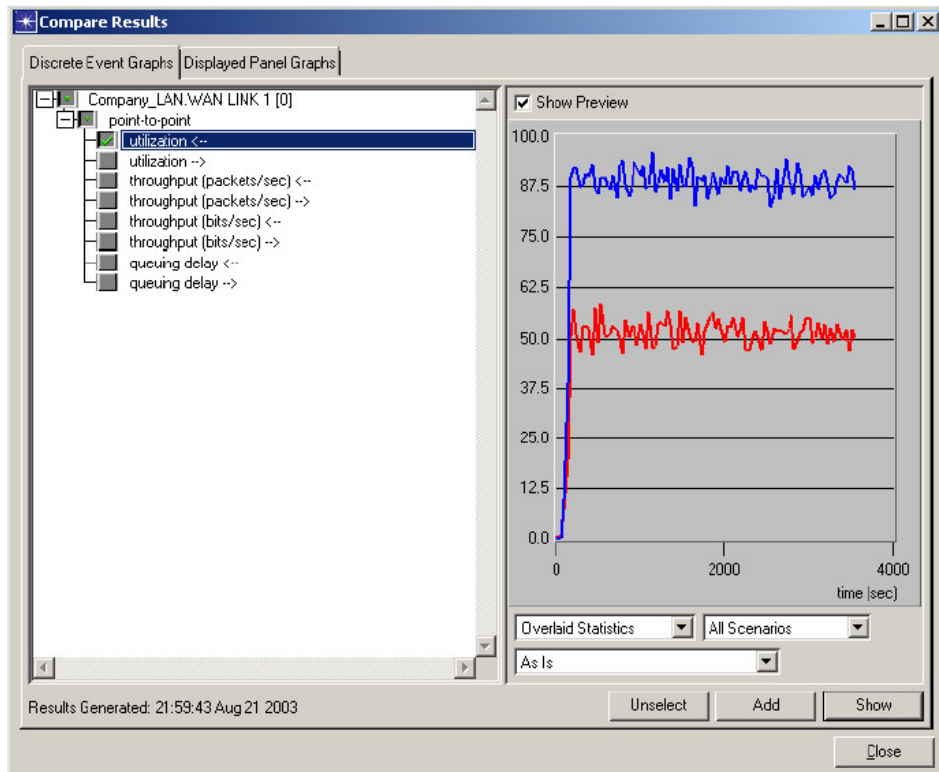


Figura 3. 11: Ventana para configurar el uso de enlace del primer escenario.
Fuente: El Autor.

Resultados obtenidos del 1er Escenario:

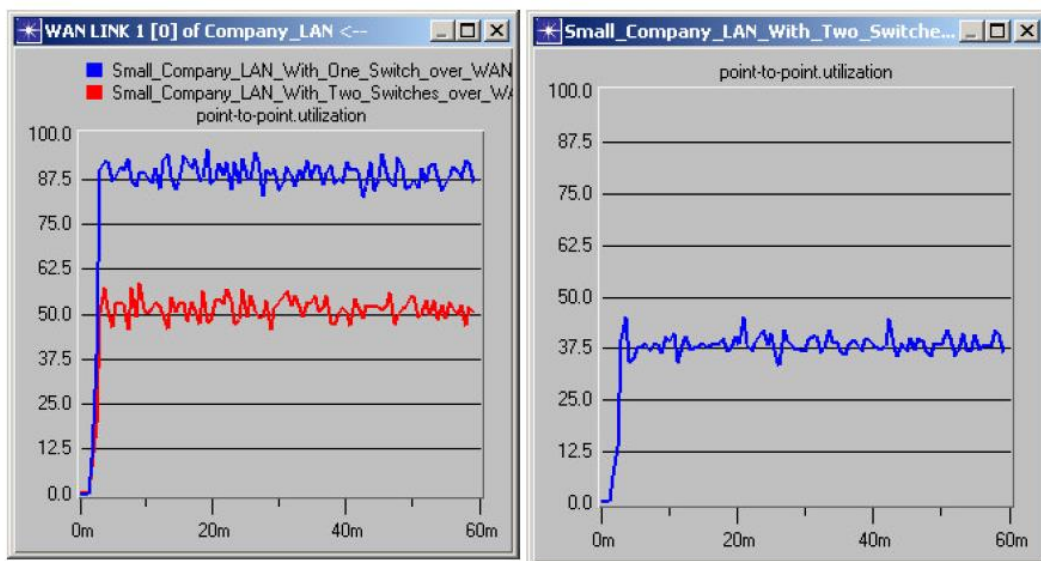


Figura 3. 12: Gráficas de la utilización de enlaces con uno y dos switches.
Fuente: El Autor.

En la figura 3.12 se muestra el uso de enlaces del primer escenario y la gráfica de la derecha el uso del nuevo enlace. En la figura 3.13 se muestra los promedios de los tiempos de respuesta de descarga FTP y de páginas Web respectivamente. Se espera que el nuevo vínculo con el proveedor de servicios de internet (ISP) debería reducir los tiempos de respuesta de las aplicaciones. Los dos enlaces también deben dividir la utilización de enlaces.

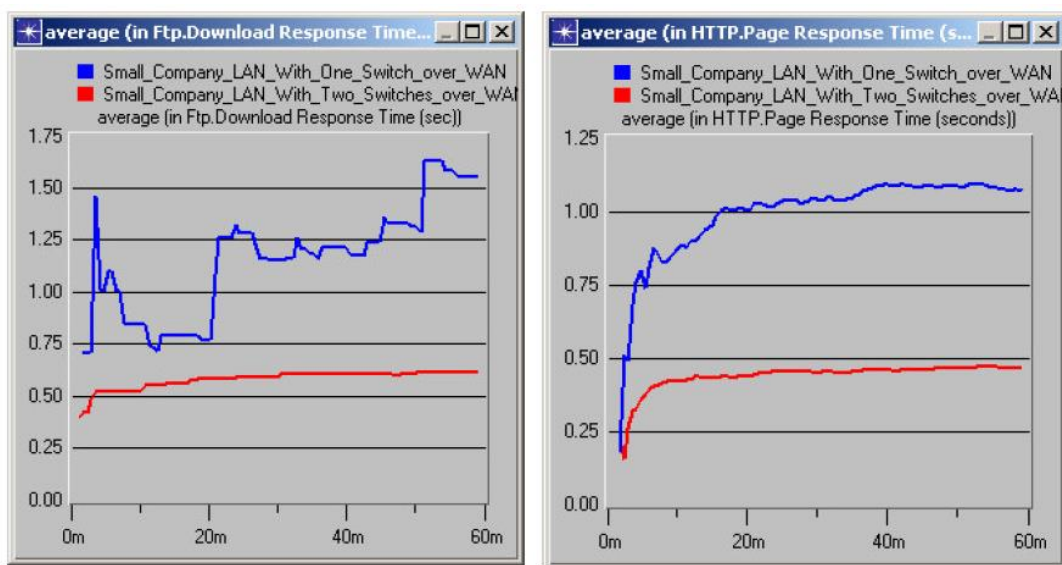


Figura 3. 13: Gráficas de los promedios del tiempo de respuesta FTP y páginas Web.

Fuente: El Autor.

Como era de esperar, la utilización del enlace se redujo del 92% al 55% y la nueva utilización del enlace está cerca to 40,8%. Por lo tanto, el equilibrio de carga se ha logrado con éxito. En el tiempo de respuesta de aplicación Web se redujo alrededor de 1,1 s a 0,45 s. Mientras que el tiempo de respuesta de descarga FTP se redujo de 1,25 s a 0,6 s. Finalmente, se puede concluir que esto es una mejora significativa en ambos casos, es decir, para la utilización de enlaces y tiempos de respuesta.

La ventaja de usar una línea T1 (línea telefónica de cobre o de fibra óptica) adicional, es que puede ser vista por defecto por uno de los routers o de enlaces.

2do Escenario:

Para el segundo escenario, haremos fallar un router y comparamos la utilización y tiempos de respuesta de la aplicación Web. Para realizar el fallo de un dispositivo dejamos fuera a uno de los routers de conexión de la red LAN al ISP. Para que sucede el fallo en cualquiera de los routers, seleccionamos **Fail This Node**. En la figura 3.14 se muestra el router 1 con una X roja.

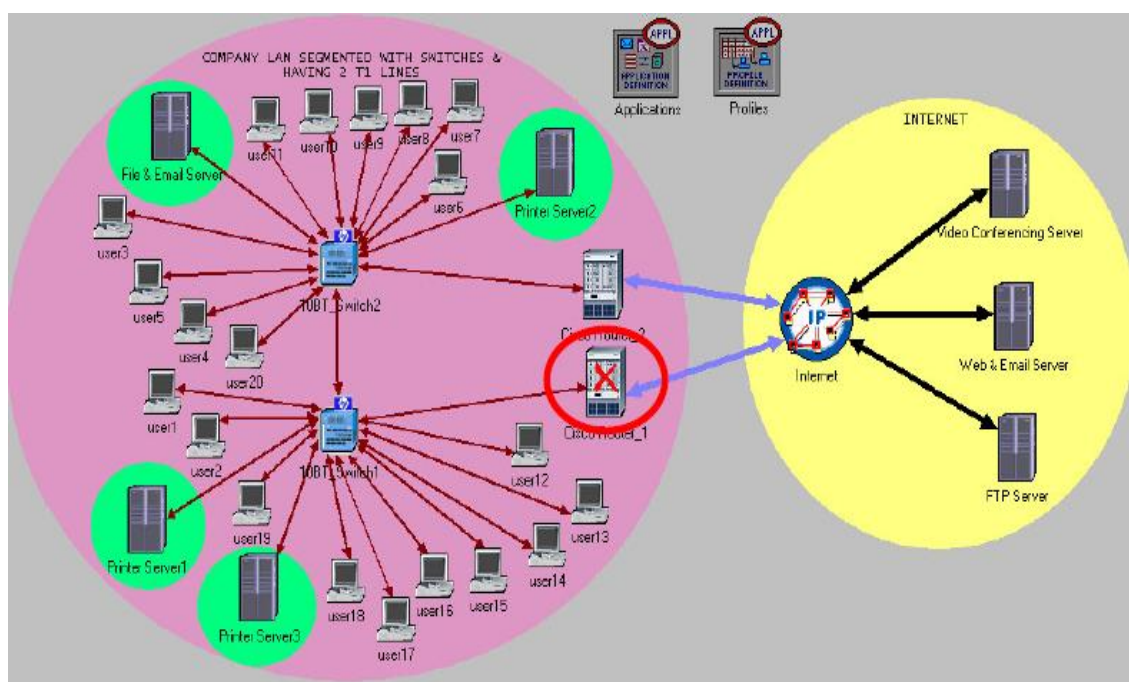


Figura 3. 14: Gráficas de los promedios del tiempo de respuesta FTP y páginas Web.

Fuente: El Autor.

Volvemos a ejecutar la simulación de una hora de carga para evaluar el rendimiento de la red. Consulte los pasos anteriores para ajustar la duración y ejecutar la simulación.

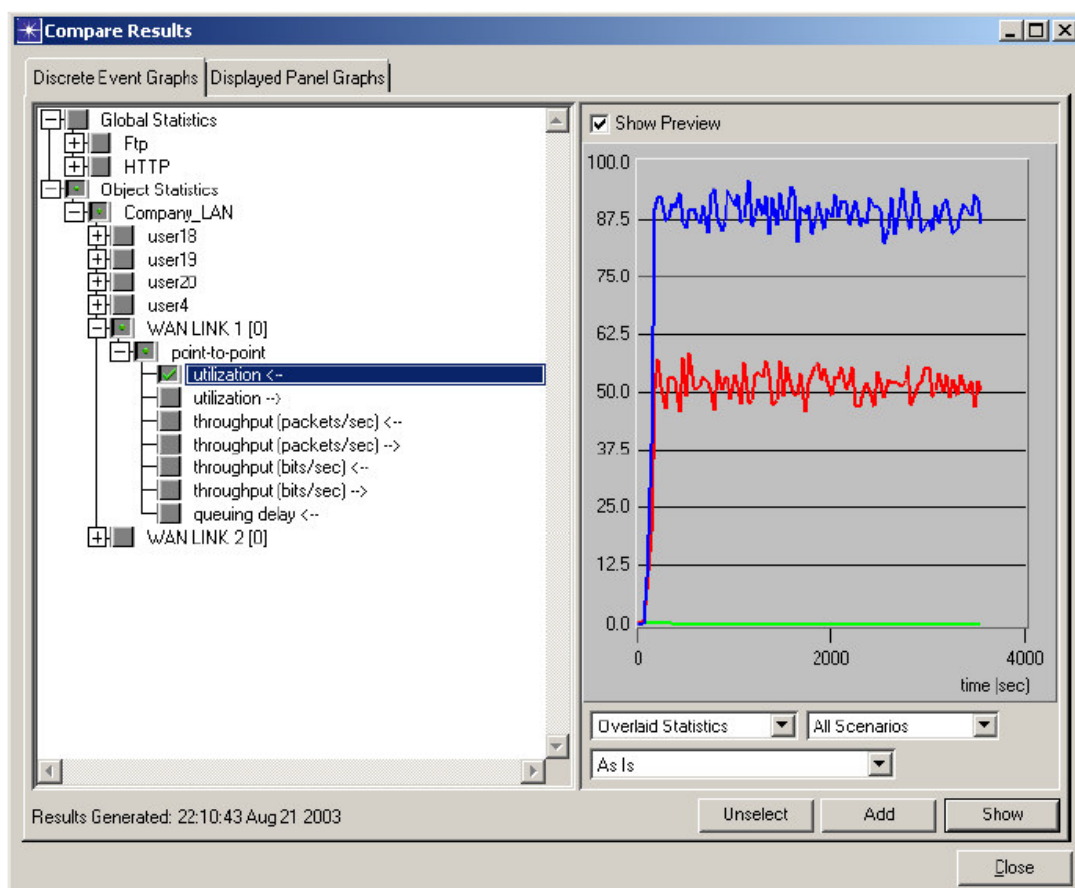


Figura 3. 15: Resultados del enlace WAN punto a punto.

Fuente: El Autor.

Resultados obtenidos del 2do Escenario:

Comparamos los resultados de la utilización del enlace y los tiempos de respuesta para los 3 escenarios. Esto nos dará una idea clara del efecto de tener un vínculo adicional de línea T1. En las figuras 3.16 y 3.17 se muestran las gráficas de comparación ya descritas.

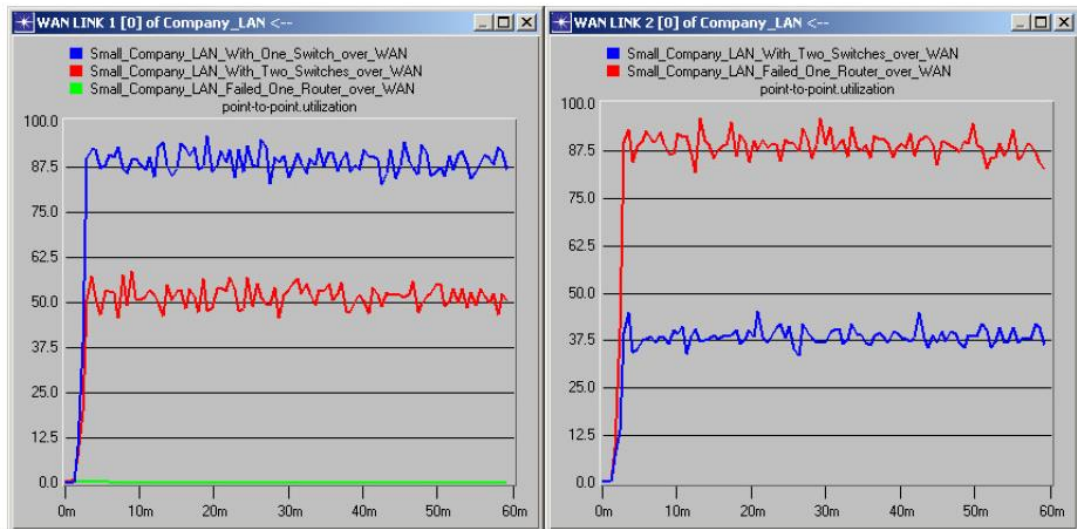


Figura 3. 16: Resultados comparativos de utilización de enlaces LAN sobre WAN.
Fuente: El Autor.

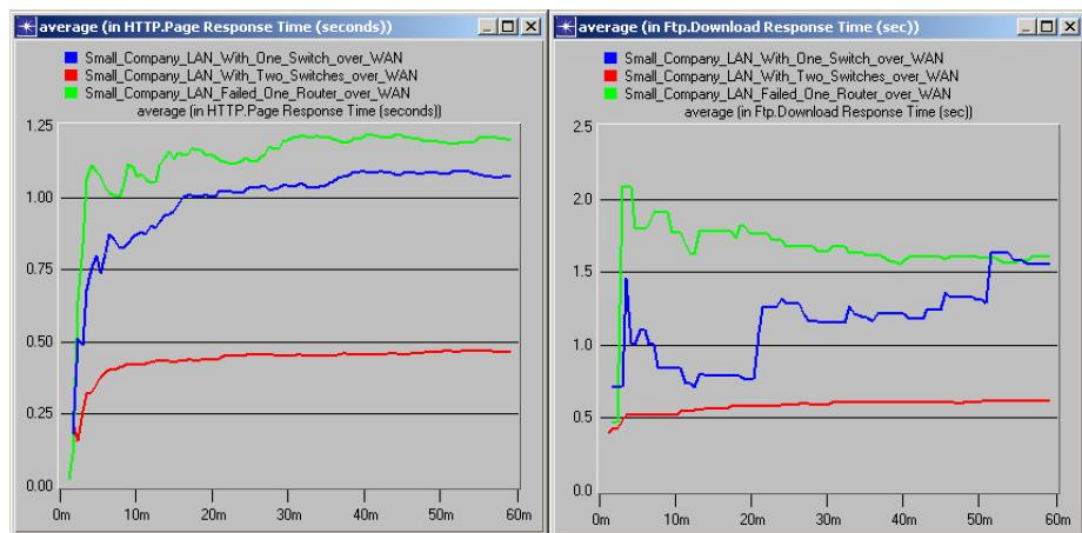


Figura 3. 17: Resultados comparativos del tiempo de respuesta para HTTP de una LAN con respecto a una red WAN.
Fuente: El Autor.

Las gráficas muestran resultados del enlace adicional de línea T1 que tiene una mejora significativa en las utilizaciones de enlace, así como los tiempos de respuesta de la aplicación Web y FTP.

Además, si falla uno de los enlaces o router, todos los usuarios pueden todavía acceder a Internet a costa de la utilización del enlace y tiempos más altos de respuestas.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- Se realizó una descripción del estado del arte en Redes WAN, en la cual se explicó las tecnologías y componentes de las redes WAN, así como sus características de conexión, tipos comunes de conexiones y de los protocolos de encapsulamiento.
- Mediante el análisis realizado en la red WAN original sin modificaciones, se pudo ver que la utilización superaba el 90% y los tiempos de espera de aplicaciones Web y FTP también eran relativamente altos, lo que limitaba en gran medida el ancho de banda.
- Las modificaciones realizadas en los escenarios 1 y 2, en el primer escenario fue para demostrar que si aumentábamos dispositivos como por ejemplo routers, disminuían tanto el porcentaje de utilización, como los tiempos de descarga de aplicaciones Web y FTP. En el escenario 2 se hizo que falle un router, y se comprueba que todos los usuarios accedían al Internet.

4.2. Recomendaciones.

- Se sugiere que la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones adquiera nuevas herramientas de simulación como en este caso OPNET, ya que permite modelar o simular diferentes sistemas de comunicaciones de una manera robusta y confiable. En este trabajo de titulación se pudo comprobar su funcionalidad para las redes WAN.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acurero, A., Castro, L., Bracho, D., Rincón, C., & Jakymec, J. (2010). *Calidad de servicio en redes WAN con extremos inalámbricos locales y el uso de IPv6*. *Impacto Científico*, 5(1).

Carvajal-Ladino, S. E., & Barón-Velandia, J. (2013). *Consideraciones De Calidad De Servicio Para Tráfico De Video En Redes Wan*. *Revista Científica*, (16), 36-41.

Gil, P., Osorio, G. A., Rizo, A. E. N., & Sandoval, J. C. (2010). *Nuevas tecnologías en redes WAN y LAN*. *Publicaciones Icesi*, (63).

Gil V., P., Pomares B., J., & Candelas H., F. (2010). *Redes y transmisión de datos*. *Textos Docentes de la Universidad de Alicante*. ISBN 9788497171250.

Hernández Arboleda, A. M., & Sarrazola Castrillón, M. A. (2012). *Integración de tecnologías para transmisión de datos vía radio enlaces para microondas terrestres para conexiones de redes WAN, caso Línea de Comunicaciones SAS*.

Hernández Mantilla, F. J. (2008). *Análisis sistemático de las características y el funcionamiento del simulador y emulador de red NCTUns 4.0 en el diseño de redes de datos cableadas e inalámbricas.*

Lluay, Y., Del Rocío, N., & Flores Ortiz, J. V. (2011). *Análisis de los Protocolos de Alta Disponibilidad de Gateways en la Interconectividad LAN/WAN Aplicadas a Diseño de Redes de Campus.*

Martínez M., E., & Serrano S., A. (2012). *Fundamentos de Telecomunicaciones y Redes.* 1era. Edición. Editorial Convergente.

Mera Castro, A. F., & Ortega Noboa, F. E. (2010). *Diseño de una red WAN de tecnología mixta, para servicios de voz y datos, para la implementación de Centros Tecnológicos para el sector de la Microempresa.*

Padilla Rodríguez, N., & Plazas Vega, J. C. (2013). *Diseño e implementación de soluciones integradas (LAN/WAN): principios básicos de redes y principios básicos de enrutamiento.*

Parra, J., & Ludy, R. (2013). *Diseño e implementación de redes LAN-WAN ccna1-ccna2.*

Pasquel P., J. L. (2010). *Estudio de factibilidad para la migración de redes Wan convencionales a la tecnología MPLS.*

Pena, B., & Suarez, D. (2013). *Soluciones Integradas de Conectividad e Infraestructura para red LAN y WAN.*

Ron Larco, M. D. & Silva Vizcarra, D. F. (2011). Optimización de la red WAN de PETROCOMERCIAL mediante enlaces PDH y el uso del protocolo Ethernet en los equipos de borde con plataforma con Servicios Integrados (Doctoral dissertation, QUITO/EPN/2011).

Tituana, E., Xavier, F., & Pupiales León, F. P. (2008). *Diseño de una red WAN de datos, telefonía IP y página de servicios de intranet para la distribuidora farmacéutica Cuenca Yépez.*

Vázquez, P. G., Baeza, J. P., & Herías, F. A. C. (2010). *Redes y transmisión de datos.* Universidad de Alicante.

Vera Ramírez, O. F., & Camargo Herrán, S. A. (2008). *Diseño e implementación de un simulador para el aprendizaje en el diseño de redes WAN con tecnología de interconexión Frame Relay.*