



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**CARRERA:** Ingeniería de Sistemas

**TEMA:** Optimización de una red de área amplia mediante la instalación de un dispositivo acelerador de redes WAN.

**AUTOR:** Flavio Vinicio Valdivieso Vintimilla

**TUTOR:** Ing. Franz del Pozo

2014



## AGRADECIMIENTO

---

Mi eterna gratitud a todos los maestros que han formado parte de mi educación y que con sus conocimientos me han permitido avanzar como profesional y como persona.

A mis colegas del área de sistemas del organismo internacional para el que trabajo, quienes aportaron con sus conocimientos en el plan de implementación de este proyecto y cuyos resultados han sido utilizados como la base para este trabajo de investigación.

A mis padres Reinaldo Valdivieso y Eulalia Vintimilla, que con su apoyo y cariño me dieron ánimo en los momentos difíciles.

A mis hijas, Daniela, Doménica y Juliana quienes son el motivo y mi razón para luchar cada día y que con su cariño llenan mi corazón de amor.

A mi amada esposa Lorena de los Ángeles Vargas, que me acompañó en todo el proceso y que junto a mí pasó muchas noches en vela, logrando no solo cumplir las tareas sino acrecentar el amor mutuo y verdadero.

*"El agradecimiento es la memoria del corazón" – Lao Tsé*

## DEDICATORIA

---

Dedico este trabajo primeramente a Dios y a la Virgen Dolorosa del Colegio, pues sin ellos y su intercesión, nada es posible; a mis padres, siempre presentes en mi vida y a quienes amo infinitamente, a la Universidad Israel que aportó con mi formación profesional, a mi Tutor el Ing. Franz del Pozo y la coordinadora la Ing. Miryan Almache quienes con sus conocimientos, me orientaron para la culminación del mismo.

A mis hijas que han estado junto a mí en todo momento y que me brindaron su ternura y compañía incondicional, a mi hija Daniela, que con sus palabras de aliento me motivaron a seguir adelante y me dieron el coraje para mostrarle que no hay obstáculo, ni edad para cumplir los sueños.

Y en especial, dedico este trabajo a mi esposa Lorena quien ha sido el eje fundamental para lograr la culminación de esta etapa y quien me ha dado la fuerza con su compañía, palabras y amor, para superar cualquier obstáculo que encontré en el camino y así lograr las metas y objetivos propuestos.

*“No voy a aprender acerca del fuego a fuerza de pensar en el fuego, sino a fuerza de hacer arder las cosas.” - Carla Needleman*



## **INTRODUCCIÓN**

---

<b>1.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>I</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>V</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>V</b>
<b>4.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN DE ESTE PROYECTO</b>	<b>V</b>
<b>5.</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>V</b>

## **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

---

<b>6.</b>	<b>REDES WAN</b>	<b>1</b>
	6.1 ¿QUÉ ES UNA RED WAN?	1
	6.2 INFRAESTRUCTURA DE REDES WAN PRIVADAS	1
	6.2.1 LEASED LINES (LÍNEAS ARRENDADAS)	1
	6.2.2 ACCESO TELEFÓNICO (DIALUP)	3
	6.2.3 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (ISDN POR SUS SIGLAS EN INGLES)	5
	6.2.4 FRAME RELAY	7
	6.2.5 ATM	8
	6.2.6 ETHERNET WAN	9
	6.2.7 MPLS	11
	6.2.8 VSAT	12
<b>7.</b>	<b>UNIDADES DE MEDIDA DE TRANSFERENCIA DE BITS EN UNA RED</b>	<b>13</b>
	7.1 CAPAS Y UNIDADES DE DATOS DEL MODELO OSI	13
	7.2 TASA DE BITS (BIT RATE)	14
	7.3 TASA DE TRANSFERENCIA BRUTA DE BITS (GROSS BIT RATE)	14
	7.4 TASA DE INFORMACIÓN (INFORMATION RATE)	15
	7.5 TASA DE TRANSFERENCIA DE DATOS (GOODPUT)	18
<b>8.</b>	<b>MEDIDAS DEL RENDIMIENTO DE UNA RED</b>	<b>19</b>
	8.1 ANCHO DE BANDA (BANDWIDTH)	19
	8.1.1. CAPACIDAD DE ANCHO DE BANDA DE RED	20
	8.1.2. EL CONSUMO DE ANCHO DE BANDA DE RED	20
	8.1.3 ANCHO DE BANDA ASINTÓTICA (ASYMPTOTIC BANDWIDTH)	21
	8.1.4 ANCHO DE BANDA EN ALOJAMIENTO DE WEB (BANDWIDTH IN WEBHOSTING)	21
	8.1.5 ANCHOS DE BANDA DE CONEXIÓN A INTERNET.	22
	8.2 CAUDAL (NETWORK THROUGHPUT)	22
	8.3 LATENCIA	23
	8.4 JITTER	23
	8.5 TASA DE ERROR	23
<b>9.</b>	<b>MEDICIÓN DEL CAUDAL DE RED</b>	<b>24</b>
	9.1 TEORÍA DE LA MEDICIÓN	25
	9.2 SOFTWARE PARA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA	25
	9.3 NOMENCLATURA DE LAS MEDIDAS DE CAUDAL	26
	9.4 COMPRESIÓN DE DATOS EN EL CAUDAL	27
	9.5 LOS ENCABEZADOS DE TRANSMISIÓN Y EL FORMATO DE DATOS	28

9.5.1	ESQUEMA DE CODIFICACIÓN HDLC	30
9.5.2	ESQUEMA DE CODIFICACIÓN PPP	30
9.5.3	ESQUEMA DE CODIFICACIÓN ETHERNET	30
9.6	TRANSPORTE DE DATOS EN PROTOCOLOS DE BAJO NIVEL	31
9.6.1	TRANSPORTE DE DATOS EN FRAME RELAY	31
9.6.2	TRANSPORTE DE DATOS EN ATM	31
9.6.3	TRANSPORTE DE DATOS EN MPLS	31
9.7	TRANSPORTE DE DATOS EN PROTOCOLOS DE NIVEL SUPERIOR	32
9.8	HERRAMIENTAS DISPONIBLES PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL	32
<b>10.</b>	<b>¿QUÉ AFECTA EL RENDIMIENTO DE UNA RED WAN?</b>	<b>33</b>
10.1.1	LATENCIA	33
10.1.2	TAMAÑO DE LA VENTANA TCP	33

---

## **CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA ESTUDIADO** **35**

---

## **CAPÍTULO 3: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS** **40**

<b>11.</b>	<b>MODELO PROPUESTO</b>	<b>40</b>
11.1	CONCEPTO DE OPTIMIZADORES WAN	41
11.1	EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DE OPTIMIZAR LA WAN	41
11.3	VENTAJAS DE LOS OPTIMIZADORES WAN	42
11.4	DESVENTAJAS DE LOS OPTIMIZADORES WAN	42
11.5	BENEFICIOS DE LOS OPTIMIZADORES WAN	42
11.6	FUNCIONAMIENTO DE LOS OPTIMIZADORES WAN	43
11.7	TECNOLOGÍA USADA POR LOS ACELERADORES DE RIVERBED	44
11.7.1	TECNOLOGÍA STEELHEAD	44
11.7.1.1	RACIONALIZACIÓN DE DATOS (DATA STREAMLINING)	44
11.7.1.2	RACIONALIZACIÓN DE TRANSPORTE (TRANSPORT STREAMLINING)	45
11.7.1.3	RACIONALIZACIÓN DE APLICACIÓN	46
11.8	ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS RIVERBED	46
<b>12.</b>	<b>APLICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO</b>	<b>47</b>
12.1	EQUIPO OPTIMIZADOR WAN DE RIVERBED INSTALADO EN EL RACK PRINCIPAL.	47
12.2	CONEXIÓN DEL ACELERADOR RIVERBED CON EL SWITCH PRIMARIO	47
12.3	VISTA POSTERIOR DE LOS PUERTOS EN EL EQUIPO	48
12.4	SLOTS DISPONIBLES EN EL EQUIPO	48
12.5	DIAGRAMA DE CONECTIVIDAD WAN	49
12.6		49
<b>13.</b>	<b>PRUEBAS REALIZADAS CON EL OPTIMIZADOR RIVERBED STELLHEAD.</b>	<b>50</b>
13.1	PRUEBA 1 – TIEMPO DE ACCESO A LA PÁGINA PRINCIPAL DE LA INTRANET	50
13.2	PRUEBA 2 - TIEMPO DE ACCESO A UNA PÁGINA WEB DE LA INTRANET	50
13.3	PRUEBA 3 – TIEMPO DE ACCESO A UNA SEGUNDA PÁGINA WEB DE LA INTRANET	50
13.4	PRUEBA 4 – TIEMPO DE COPIA DE UN ARCHIVO DESDE UN SERVIDOR EN EL HUB A UN DISCO LOCAL.	50
13.5	PRUEBA 5 – TIEMPO DE COPIA DE UN ARCHIVO DESDE UN SERVIDOR EN EL HUB A UN DISCO LOCAL.	51

13.6 PRUEBA 6 - COPIA DE SEGUNDO ARCHIVO DESDE UN DISCO LOCAL A UN SERVIDOR EN EL HUB.	51
13.7 PRUEBA 7 - TIEMPO PARA ABRIR UNA APLICACIÓN WEB DE LA INSTITUCIÓN	51
13.8 CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS PAÍSES	52
<b>14. RESULTADOS DE LA PRUEBA</b>	<b>52</b>
14.1 RESULTADOS CONSOLIDADOS POR PRUEBA	53
14.1.1 RESULTADO PRUEBA 1 – TIEMPO DE ACCESO A LA PÁGINA PRINCIPAL DE LA INTRANET	53
14.1.3 RESULTADO PRUEBA 3 – TIEMPO DE ACCESO A UNA SEGUNDA PÁGINA WEB DE LA INTRANET	54
14.1.5 RESULTADO PRUEBA 5 – TIEMPO DE COPIA DE UN ARCHIVO DESDE UN SERVIDOR EN EL HUB A UN DISCO LOCAL.	55
14.1.6 RESULTADO PRUEBA 6 - COPIA DE UN SEGUNDO ARCHIVO DESDE UN DISCO LOCAL A UN SERVIDOR EN EL HUB.	55
14.1.7 RESULTADO PRUEBA 7 - TIEMPO PARA ABRIR UNA APLICACIÓN WEB DE LA INSTITUCIÓN	56
14.2 RESULTADOS CONSOLIDADOS PAÍS ARGENTINA:	56
14.3 COMPARACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS	59
14.4 RESULTADOS GENERALES POR PRUEBA	63
14.5 RESULTADOS GENERALES POR PAÍS, TIPO DE CONEXIÓN Y EQUIPO UTILIZADO	63
<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>64</b>
<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b>65</b>
<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b>	<b>65</b>

# Introducción

## 1. Planteamiento del Problema

De acuerdo al estudio realizado por Cisco sobre el tráfico de datos IP, (Cisco, 2014, Forecast and Methodology 2013-2018), el tráfico IP global anual superará el umbral del zettabyte (1.000 exabytes) en 2016. El tráfico IP Global alcanzará 1.1 zettabytes por año o 91.3 exabytes (un billón de gigabytes) por mes en 2016. En el 2018, el tráfico IP global alcanzará 1.6 zettabytes por año, o 13.6 exabytes por mes.

Esto indica que el tráfico IP global ha aumentado más de cinco veces en los últimos 5 años y se triplicará durante los próximos 5 años. En general, el tráfico IP crecerá a una tasa de crecimiento anual compuesta (Compound Annual Grow Rate, CAGR) del 21 por ciento del 2013 al 2018.

Las horas de mayor tráfico de Internet están creciendo más rápidamente que el tráfico de Internet promedio. Estas horas de mayor tráfico de internet (o el período más activo de 60 minutos en un día) aumentaron un 32 por ciento en 2013, frente a un crecimiento del 25 por ciento en el tráfico promedio. Esto se incrementará por un factor de 3,4 entre 2013 y 2018, mientras que el tráfico de Internet promedio aumentará 2,8 veces. Las horas de mayor tráfico de Internet alcanzará 1,0 petabits por segundo (PBP) en 2018, el equivalente de 335 millones de personas en “streaming” de video de alta definición (HD) continuamente.

Más de la mitad de todo el tráfico IP se originará con dispositivos que no son PCs en 2018. En 2013, sólo el 33 por ciento del tráfico total IP se originó con dispositivos que no son PCs, pero en 2018 la participación tráfico IP de dispositivos no PC crecerá un total de 57 por ciento.

El tráfico originado por PCs crecerá a una tasa compuesta anual del 10 por ciento, mientras que los televisores, tablets, smartphones y módulos de maquina a máquina (M2M) tendrán tasas de crecimiento del tráfico de un 35 por ciento, 74 por ciento, 64 por ciento, y 84 por ciento, respectivamente.

El tráfico procedente de dispositivos inalámbricos y móviles superará el tráfico procedente de dispositivos cableados de 2018. En 2018, los dispositivos con cable representarán el 39 por ciento del tráfico IP, mientras que Wi-Fi y dispositivos móviles

representarán el 61 por ciento del tráfico IP. En 2013, los dispositivos con cable representaron la mayor parte del tráfico IP en con el 56 por ciento.

El tráfico global de Internet en 2018 será equivalente a 64 veces el volumen de toda la Internet mundial en 2005. A nivel mundial, el tráfico de Internet llegará a 14 gigabytes (GB) per cápita en 2018, frente a los 5 GB per cápita en 2013.

El número de dispositivos conectados a redes IP será casi el doble de la población mundial en el año 2018. Habrá casi tres dispositivos en red por habitante, frente a los casi dos dispositivos conectados en red por habitante en 2013. Acelerados en parte por el aumento en los dispositivos y las capacidades de los dispositivos, el tráfico IP per cápita alcanzará los 17 GB por habitante en 2018, frente a los 7 GB per cápita en 2013.

La figura 1 muestra la proyección hasta el 2018 de dispositivos conectados vía IP. (Cisco, 2014, Global Mobile Data Traffic Forecast Updated 2013-2018)

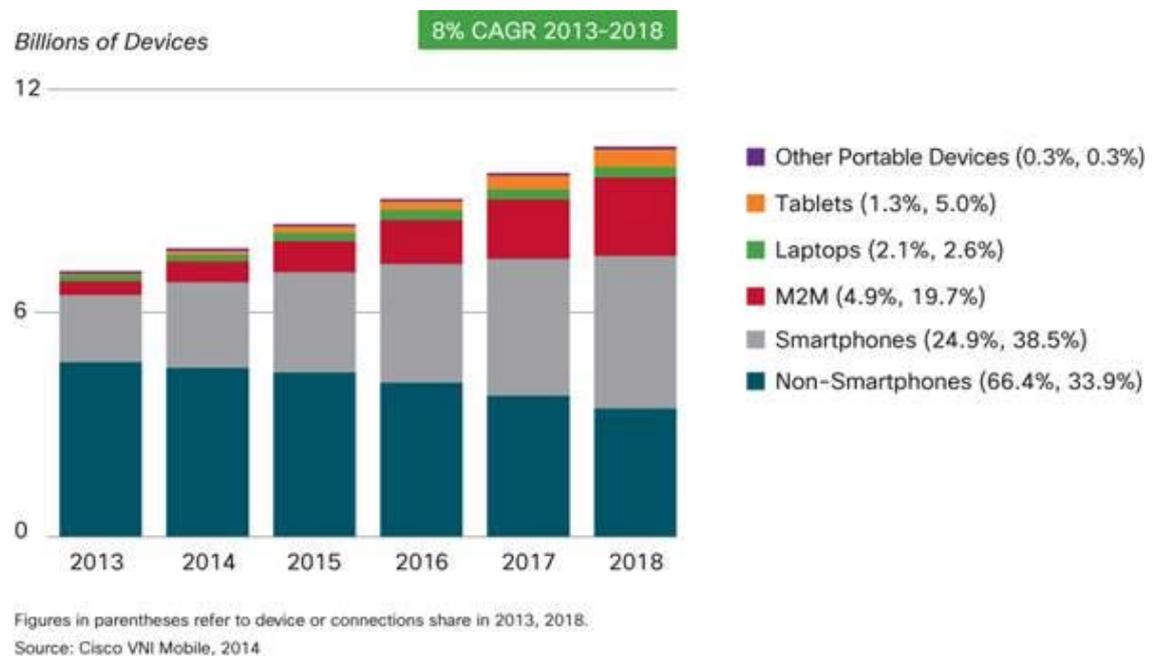
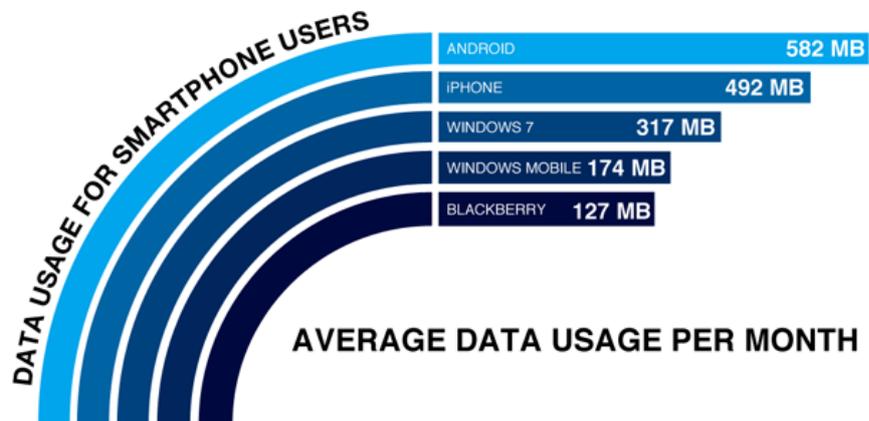


Figura 1. Dispositivos o compartición de conexiones en 2013, 2018.

Adicionalmente a esto, (Dataroam, octubre 2014, [www.dataroam.co.uk](http://www.dataroam.co.uk), ¿What is mobile data?), los usuarios de teléfonos inteligentes, además de realizar llamadas telefónicas y enviar mensajes de texto, la mayoría de las actividades en un smartphone moderno consumirán datos. Estas actividades incluyen; navegar por la web, leer y enviar correos electrónicos, comprobando Facebook y Twitter, compartir

fotos, la descarga de aplicaciones, la descarga de música, escuchar la radio en línea y ver vídeos en YouTube.



De acuerdo al visual network index de Cisco, (Cisco, 2014, Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2013, Trend 4), la proliferación de los teléfonos de gama alta, tablets y laptops en las redes móviles es un generador de tráfico importante, ya que estos dispositivos ofrecen a los consumidores contenido y aplicaciones no compatibles con las anteriores generaciones de dispositivos móviles.

Como se muestra en la Figura 2, un solo teléfono inteligente puede generar tanto tráfico como 49 teléfonos de características básica; una tablet tanto tráfico como 127 teléfonos de característica básica; y una sola computadora portátil puede generar tanto como 227 teléfonos de características básicas.



Figura 2. Dispositivos de última tecnología multiplican significativamente el tráfico.

Se espera que el tráfico medio por dispositivo aumente rápidamente durante el periodo de previsión, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen de crecimiento de uso por dispositivo, MB por mes.

<b>Tipo de Dispositivo</b>	<b>2013</b>	<b>2018</b>
<b>Nonsmartphone</b>	10.8	45
<b>M2M Module</b>	61	451
<b>Wearable Device</b>	78	345
<b>Smartphone</b>	529	2,672
<b>4G Smartphone</b>	1,984	5,371
<b>Tablet</b>	1,374	5,609
<b>4G Tablet</b>	2,410	9,183
<b>Laptop</b>	2,455	5,095

Fuente: Cisco VNI Mobile, 2014

El crecimiento en el uso por dispositivo supera el crecimiento en el número de dispositivos.

Como se muestra en la tabla 2, la tasa de crecimiento de tráfico de datos móviles de los nuevos dispositivos es de dos a cinco veces mayor que la tasa de crecimiento de los usuarios.

Tabla 2. Comparación de crecimiento de unidad dispositivo global y crecimiento de tráfico de datos móviles global.

<b>Tipo de Dispositivo</b>	<b>Crecimiento en Dispositivos, 2013–2018 CAGR</b>	<b>Crecimiento en Mobile Data Traffic, 2013–2018 CAGR</b>
<b>Smartphone</b>	18%	63%
<b>Tablet</b>	41%	87%
<b>Laptop</b>	13%	30%
<b>M2M Module</b>	43%	113%

Fuente: Cisco VNI Mobile, 2014

## **2. Objetivo General**

El objetivo general de este proyecto integrador de carrera, es el de analizar la optimización de la transmisión del tráfico de datos en una red de área amplia privada que cuenta con múltiples puntos de conexión en varios países; utilizando la infraestructura actual mediante la implementación de un acelerador de WAN.

## **3. Objetivos Específicos**

- Determinar si la instalación de un acelerador WAN incrementa significativamente el tiempo de respuesta de un enlace en una red área amplia.
- Analizar los resultados que se obtienen luego de la instalación de un optimizador WAN.
- Determinar si se puede mantener la infraestructura existente de una organización, sin tener que incrementar el ancho de banda, optimizando la forma y método de transmisión de los datos por el canal proporcionado.
- Verificar si el tipo de enlace influye en la optimización de una red WAN.

## **4. Justificación de este proyecto**

Este proyecto es necesario para aportar con mejoras en los tiempos de respuesta de los enlaces dedicados de redes WAN y a su determinar si la inversión en dispositivos aceleradores de redes WAN es mejor que la inversión en incrementos de ancho de banda en las instituciones que usan una WAN.

## **5. Hipótesis**

La instalación de un optimizador WAN en una red, mejora el rendimiento de la misma, al reducir los tiempos de transmisión de los datos.

## Capítulo 1: Fundamentación teórica

### 6. Redes WAN

#### 6.1 ¿Qué es una red WAN?

Danna Shirley Cepeda Rueda (Manual de las redes de datos, 2014, Pág. 9), define a las redes de área amplia, o WAN (*Wide Area Network* por sus siglas en inglés), como redes de ordenadores que abarcan varias ubicaciones físicas, proveyendo servicio a una zona, un país, incluso varios continentes. Es cualquier red que une varias redes locales, llamadas LAN, por lo que sus miembros no están todos en una misma ubicación física.

Muchas WAN son construidas por organizaciones o empresas para su uso privado, otras son instaladas por los proveedores de internet (ISP) para proveer conexión a sus clientes.

Las conexiones de alta velocidad que hoy en día proporcionan el Internet, hacen que un gran porcentaje de las redes WAN se basen en ese medio, reduciendo la necesidad de redes privadas WAN, lo que ha permitido que las redes privadas virtuales que utilizan cifrado y otras técnicas para generar una red dedicada sobre comunicaciones en internet, se incrementen continuamente.

#### 6.2 Infraestructura de redes WAN privadas

En el libro *Connection Networks*, (Cisco, 2014, *Connecting Networks Companion Guide*, Pg. 54-63), se detalla la Infraestructuras privadas de WAN que se incluyen a continuación; *Leased Lines*, *Dialup Access*, *ISDN*, *Frame Relay*, *ATM*, *MPLS*, *Ethernet WAN*, y *VSAT*.

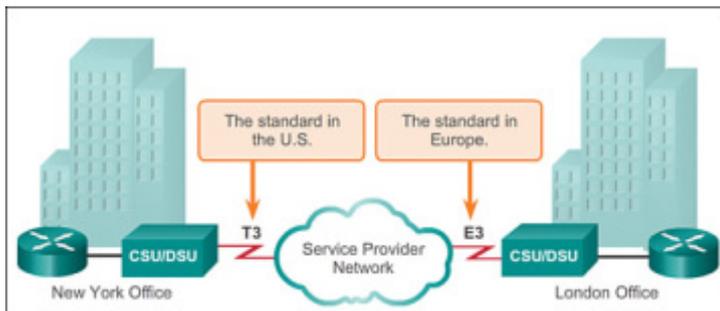
##### 6.2.1 Leased Lines (líneas arrendadas)

Cuando se requieren conexiones dedicadas permanentes, un enlace punto a punto se utiliza para proporcionar una ruta de comunicaciones WAN pre-establecida desde las instalaciones del cliente a la red de proveedores. Las líneas punto a punto suelen ser alquilados a un proveedor de servicios y se llaman líneas arrendadas (*Leased Lines*).

Las líneas arrendadas han existido desde la década de 1950, y por esta razón se las hace referencia con diferentes nombres, tales como circuitos arrendados, enlace serie, línea serie, enlace punto a punto, o líneas T o T1 / E1 o T3 / E3.

El término línea arrendada se refiere al hecho de que la organización paga una cuota mensual de arrendamiento a un proveedor de servicios (ISP) para utilizar la línea. Las líneas arrendadas están disponibles en diferentes capacidades y generalmente tienen un precio basado en el ancho de banda requerido y la distancia entre los dos puntos conectados.

En América del Norte, los proveedores de servicios utilizan el sistema T-carrier para definir la capacidad de transmisión digital de un enlace serial de cobre, mientras que Europa utiliza el sistema E-carrier, como se muestra en la Figura 3. (Cisco, 2014, Networking Academy, Connecting Networks Companion Guide: Connecting to the WAN, punto 2.2.2.1)



**Figura 3.** Ejemplo de una Topología de Línea Arrendada

Por ejemplo, un enlace T1 soporta 1,544 Mbps, un E1 soporta 2,048 Mbps, un T3 soporta 43,7 Mbps, y una conexión E3 soporta 34.368 Mbps. Las tasas de transmisión de una portadora óptica (OC por sus siglas en inglés) se utilizan para definir la capacidad de transmisión digital de una red de fibra óptica.

Las ventajas de las líneas arrendadas incluyen:

- **Simplicidad:** Enlaces de comunicación Punto-a-Punto requieren conocimientos mínimos para instalar y mantener.
- **Calidad:** Enlaces de comunicación de Punto-a-Punto suelen ofrecer una alta calidad de servicio, si es que tienen un ancho de banda adecuado. La

capacidad dedicada elimina la latencia o jitter entre los puntos finales (endpoints).

- **Disponibilidad:** Disponibilidad constante es esencial para algunas aplicaciones, tales como el comercio electrónico. Enlaces de comunicación punto a punto proporcionan, capacidad dedicada permanente, que se requiere para VoIP o video a través de IP.

Algunas de las desventajas de una línea alquilada son:

- **Costo:** Enlaces punto a punto son generalmente el tipo más costoso de acceso WAN. El costo de las soluciones de líneas arrendadas puede llegar a ser significativo cuando se utilizan para conectar muchos sitios en distancias crecientes. Además, cada punto final requiere una interfaz en el ruteador, lo que aumenta los costes de equipamiento.
- **Flexibilidad Limitada:** El tráfico en una WAN es a menudo variable y las líneas arrendadas tienen una capacidad fija, de modo que el ancho de banda de la línea rara vez coincide con exactitud con la necesidad. Cualquier cambio a la línea arrendada generalmente requiere una visita por personal de ISP para ajustar la capacidad.

### 6.2.2 Acceso Telefónico (Dialup)

El acceso a una WAN por medio de acceso telefónico puede ser necesario cuando no hay otra tecnología WAN disponible. Por ejemplo, una ubicación remota puede utilizar un módem analógico y líneas telefónicas análogas para proveer de baja capacidad y conexiones conmutadas dedicadas. Acceso telefónico es adecuado cuando se necesitan transferencias de datos intermitentes, de bajo volumen.

La telefonía tradicional utiliza un cable de cobre para el bucle local que conecta el auricular del teléfono en las instalaciones del abonado a la compañía proveedora. La señal en el bucle local durante una llamada es una continua variación de la señal que es una traducción de la voz del abonado en una señal analógica.

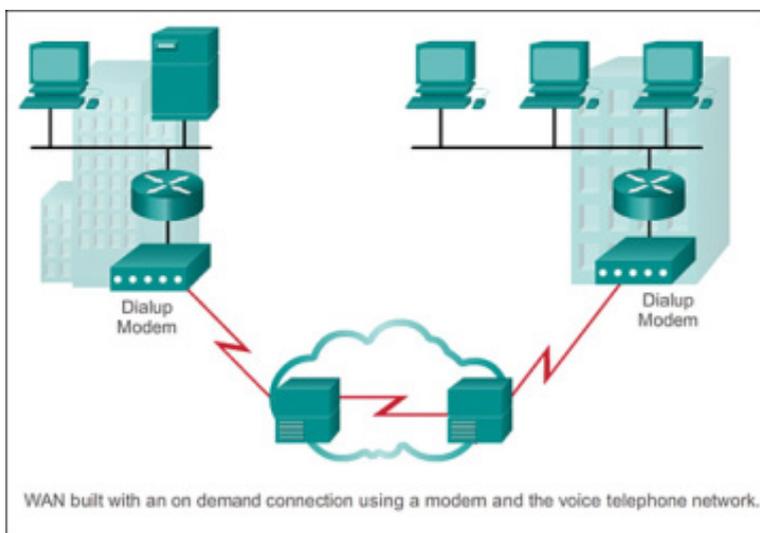
Bucles locales tradicionales pueden transportar datos informáticos binarios a través de la red telefónica de voz utilizando un módem. El módem modula los datos binarios en una señal analógica en la fuente y demodula la señal analógica en datos binarios en el

destino. Las características físicas de bucle local y su conexión a la PSTN limitan la velocidad de la señal a menos de 56 Kbps.

Para las pequeñas empresas, estas conexiones de acceso telefónico de relativamente de baja velocidad son adecuados para el intercambio de cifras de ventas, los precios, los informes de rutina y correo electrónico. El uso de acceso telefónico automático en la noche o los fines de semana para las transferencias de archivos de gran tamaño y copias de seguridad de datos puede aprovechar los costos menores de las horas no pico. Las tarifas se basan en la distancia entre los puntos finales, la hora del día y la duración de la llamada.

Las ventajas del módem y líneas analógicas son simplicidad, disponibilidad y bajo costo de implementación. Las desventajas son las bajas velocidades de transmisión de datos y un tiempo de conexión relativamente largo. El circuito dedicado tiene poco retardo o jitter para el tráfico punto a punto, pero la voz o el tráfico de video no funciona adecuadamente a estas tasas de bits bajas.

La figura 4 muestra una topología de muestra de dos sitios remotos de interconexión con los módems de acceso telefónico. (Cisco, Connection Networks, Connecting Networks Companion Guide, Pg. 54-63).



**Figura 4.** Ejemplo de Topología Dialup

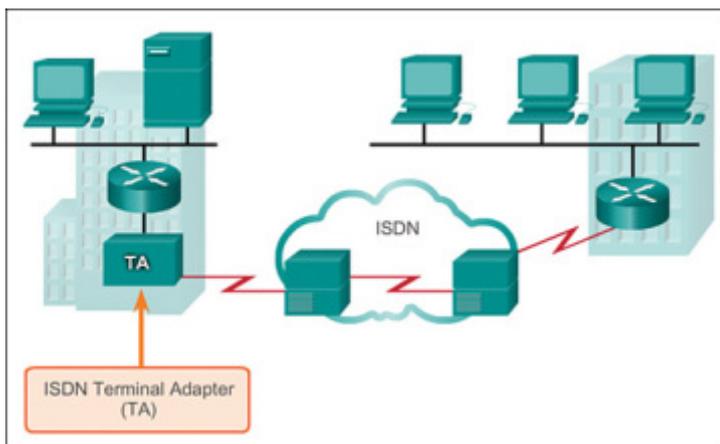
NOTA: A pesar de que muy pocas empresas apoyan el acceso telefónico, sigue siendo una solución viable para las zonas remotas con limitadas opciones de acceso WAN.

### 6.2.3 Red Digital de Servicios Integrados (ISDN por sus siglas en ingles)

La red digital de servicios integrados (RDSI) es una tecnología de conmutación de circuitos que permite que el bucle local de un PSTN (Public Switched Telephone Network) transporte señales digitales, lo que resulta en conexiones conmutadas de mayor capacidad.

ISDN cambia las conexiones internas de la PSTN, de transportar señales portadoras analógicas por señales digitales multiplexadas en división de tiempo (TDM). TDM permite que dos o más señales, o cadenas de bits, ser transferidos como subcanales en un solo canal de comunicación. Las señales parecen ser transferidas simultáneamente; pero físicamente, las señales están tomando turnos en el canal.

La Figura 5 muestra un ejemplo de topología ISDN. La conexión ISDN puede requerir un adaptador de terminal (TA), que es un dispositivo que se utiliza para conectar una conexión ISDN BRI (Basic Rate Interface) a un router.



**Figura 5.** Ejemplo de Topología ISDN

ISDN convierte el bucle local en una conexión digital TDM. Este cambio permite al bucle local transportar señales digitales que resultan en conexiones conmutadas de mayor capacidad. La conexión utiliza canales portadores de 64 Kbps (B) para transportar voz o datos y un canal de señalización delta (D) para el establecimiento de llamada y otros fines. (Cisco, 2014, Connection Networks, Connecting Networks Companion Guide, Pg. 54-63).

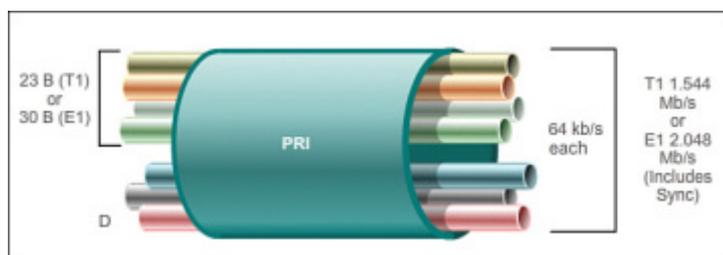
Hay dos tipos de interfaces ISDN:

**6.2.3.1 Basic Rate Interface (BRI):** ISDN BRI está destinado para el hogar y pequeñas empresas y proporciona dos canales B de 64 Kbps y un canal D de 16 Kbps. El canal D BRI está diseñado para el control y a menudo no es utilizado, ya que sólo tiene dos canales B para control (Figura 6).



**Figura 6.** ISDN BRI

**6.2.3.2 Primary Rate Interface (PRI):** ISDN también está disponible para las instalaciones de mayor tamaño. En Norte América, PRI ofrece 23 canales B con 64 Kbps y 1 canal D con 64 Kbps, para una tasa de bits total de hasta 1.544 Mbps. Incluyendo algunos bits adicionales en la cabecera para la sincronización. En Europa, Australia y otras partes del mundo, ISDN PRI ofrece 30 canales B y 1 canal D, para una tasa de bits total de hasta 2.048 Mbps, incluyendo los bits de cabecera para sincronización (véase la Figura 7).



**Figura 7.** ISDN PRI

BRI tiene un tiempo de establecimiento de llamada que es menor de un segundo y el canal B de 64 Kbps ofrece mayor capacidad que un enlace de módem analógico. Si se requiere mayor capacidad, un segundo canal B se puede activar para proporcionar un total de 128 Kbps. Aunque es inadecuada para vídeo, esto permite varias conversaciones de voz simultáneas, además de tráfico de datos.

Otra aplicación común de redes ISDN es proporcionar capacidad adicional en una

conexión de línea arrendada según sea necesario. La línea arrendada está dimensionada para soportar cargas de tráfico promedio mientras ISDN es añadida durante los períodos de máxima demanda. ISDN también se utiliza como respaldo (línea secundaria) si la línea arrendada falla. Las tarifas ISDN se calculan de acuerdo a una base por canal B y son similares a los de conexiones de voz analógicas.

Con ISDN PRI, múltiples canales B se pueden conectar entre dos puntos finales (endpoints). Esto permite conexiones de videoconferencia y conexiones de datos de gran ancho de banda, sin latencia o jitter. Sin embargo, múltiples conexiones pueden ser muy costosas en largas distancias.

NOTA: A pesar de que la ISDN es todavía una tecnología importante para las redes de proveedores de servicios de telefonía, con la introducción de conexiones DSL de alta velocidad y otros servicios de banda ancha, está disminuyendo en popularidad como una opción de conexión a Internet.

#### **6.2.4 Frame Relay**

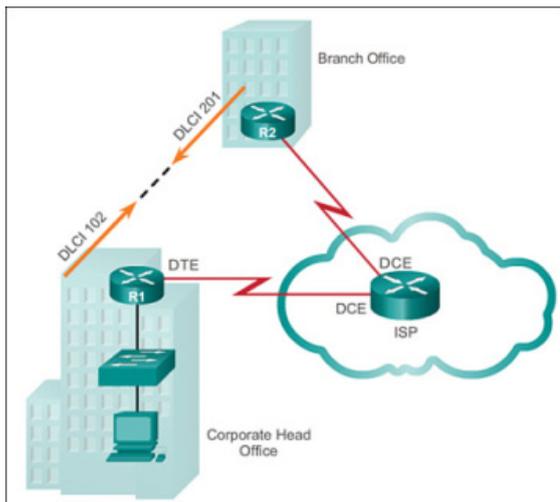
Frame Relay es una tecnología simple WAN de capa 2, de multiacceso de no difusión (nonbroadcast multiaccess NBMA por sus siglas in inglés), utilizado para interconectar redes LAN empresariales. Una sola interfaz del ruteador se puede utilizar para conectar varios sitios usando Circuitos Virtuales Privados (PVC por sus siglas en inglés).

PVCs se utilizan para transportar tráfico de voz y datos entre un origen y un destino y soportan velocidades de datos de hasta 4 Mbps, con algunos proveedores se llega incluso tasas aún más altas.

Un ruteador de borde requiere una sola interfaz, incluso cuando se utilizan múltiples circuitos virtuales (VCs). Una línea arrendada corta (short-leased line) en el borde de la red Frame Relay permite conexiones de bajo costo entre redes LAN ampliamente dispersas.

Frame Relay crea PVCs, que son identificados de forma única por un identificador de conexión de enlace de datos (DLCI por sus siglas en inglés). Las PVCs y las DLCIs aseguran comunicación bidireccional desde un dispositivo DTE a otro.

Por ejemplo, en el ejemplo de la figura 8, R1 utilizará DLCI 102 para llegar a R2, mientras que R2 utilizará DLCI 201 para llegar a R1. (Cisco, 2014, Connection Networks, Connecting Networks Companion Guide, Cisco, Pg. 54-63).



**Figura 8** Ejemplo de Topología Frame Relay

### 6.2.5 ATM

La tecnología de Modo de Transferencia Asíncrono (ATM por sus siglas en inglés) es capaz de transferir voz, vídeo y datos a través de redes privadas y públicas. Está construido sobre una arquitectura basada en células en lugar de en una arquitectura basada en tramas.

Las Células ATM son siempre de una longitud fija de 53 bytes. La célula ATM contiene una cabecera ATM de 5 bytes seguido de 48 bytes de carga útil ATM. Las pequeñas células de longitud fija están bien adaptadas para transportar tráfico de voz y vídeo porque este tráfico es intolerante a demoras. El tráfico de vídeo y de voz no tiene que esperar a que los paquetes de datos más grandes sean transmitidos.

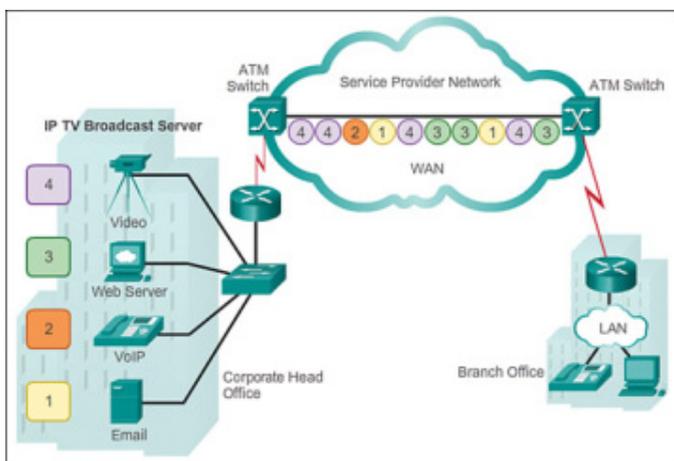
La célula ATM es menos eficiente que las tramas y paquetes más grandes de Frame Relay. Además, la celda ATM tiene al menos 5 bytes de cabecera para cada carga útil de 48 bytes.

Cuando la célula está llevando a paquetes segmentados de la capa de red, la cabecera es mayor debido a que el conmutador ATM debe ser capaz de volver a montar los paquetes en el destino. Una línea ATM típica necesita casi un 20 por ciento más ancho de banda que Frame Relay para transportar el mismo volumen de datos de la capa de red.

ATM fue diseñado para ser extremadamente escalable y soporta velocidades de enlace de T1 / E1 a OC-12 (622 Mbps) y más rápido.

ATM ofrece tanto PVCs (Private Virtual Circuits) y SVCs (Shared Virtual Circuits), aunque los PVCs son más comunes con las WAN. Al igual que con otras tecnologías compartidas, ATM permite varias conexiones virtuales (VCs) en una sola conexión de línea arrendada al extremo de la red. (Cisco, 2014, Connection Networks, (Connecting Networks Companion Guide, Pg. 54-63).

En el ejemplo de la Figura 9, el conmutador ATM transmite cuatro flujos de tráfico diferente, consistente en vídeo, VoIP, web y correo electrónico.



**Figura 9.** Ejemplo de Topología ATM

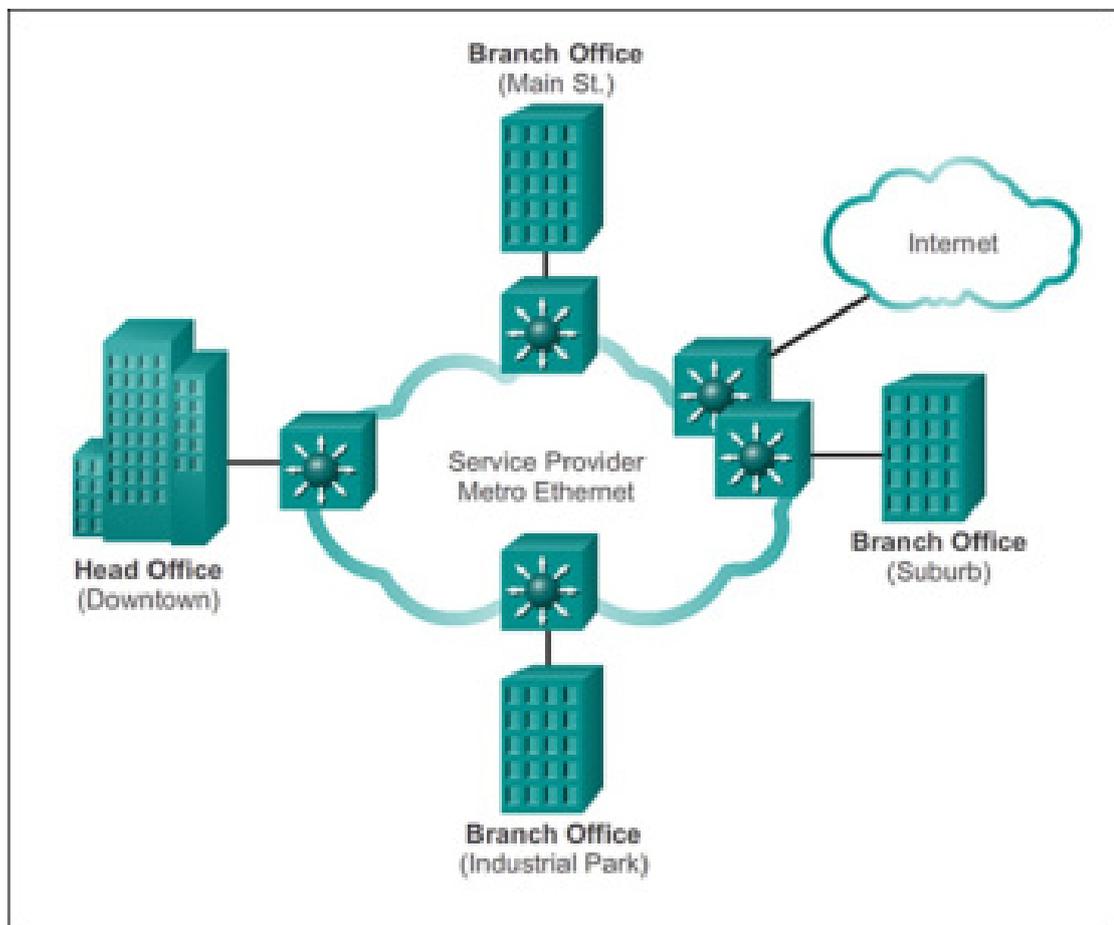
### 6.2.6 Ethernet WAN

Ethernet fue desarrollado originalmente para ser una tecnología de acceso a LAN. En ese momento, sin embargo, no era adecuada como una tecnología de acceso a WAN,

porque la longitud máxima del cable soportada era de 1 kilómetro. Sin embargo, los estándares de Ethernet más recientes que utilizan cables de fibra óptica han hecho de Ethernet una opción razonable de acceso WAN. Por ejemplo, el estándar IEEE 1000BASE-LX soporta longitudes de cable de fibra óptica de 5 km, mientras que el estándar IEEE 1000BASE-ZX soporta longitudes de cable de hasta 70 km.

Los proveedores de servicios ofrecen ahora servicios WAN Ethernet utilizando el cableado de fibra óptica. El servicio Ethernet WAN puede tener varios nombres, incluyendo *Ethernet Metropolitano (MetroE)*, *Ethernet sobre MPLS (EoMPLS)* y *Servicio de LAN Privada Virtual (VPLS)*. (Cisco, 2014, *Connection Networks, (Connecting Networks Companion Guide, Pg. 54-63)*).

La figura 10 muestra un ejemplo de topología Ethernet WAN.



**Figura 10** Ejemplo de Topología Ethernet WAN

Algunos beneficios de Ethernet WAN son:

- **Reducción de los gastos y la administración:** WAN Ethernet proporciona una conmutación, de alto ancho de banda de red de Capa 2 capaz de gestionar datos, voz, vídeo y todo en la misma infraestructura. Esta característica aumenta el ancho de banda y elimina conversiones costosas con otras tecnologías de WAN. Esta tecnología permite a las empresas conectarse entre sí e internet, a precios económicos con numerosos sitios, en un área metropolitana.
- **Fácil integración con las redes existentes:** WAN Ethernet se conecta fácilmente a redes LAN Ethernet existentes, lo que reduce costes y tiempo de instalación.
- **Productividad empresarial mejorada:** Ethernet WAN permite a las empresas aprovechar las ventajas de las aplicaciones IP que mejoran la productividad que son difíciles de implementar en redes TDM o Frame Relay, como las comunicaciones Hosted IP, VoIP, vídeo streaming y video broadcast.

NOTA: Ethernet WAN han ganado en popularidad y son usadas comúnmente para reemplazar los tradicionales Frame Relay y ATM WAN.

### 6.2.7 MPLS

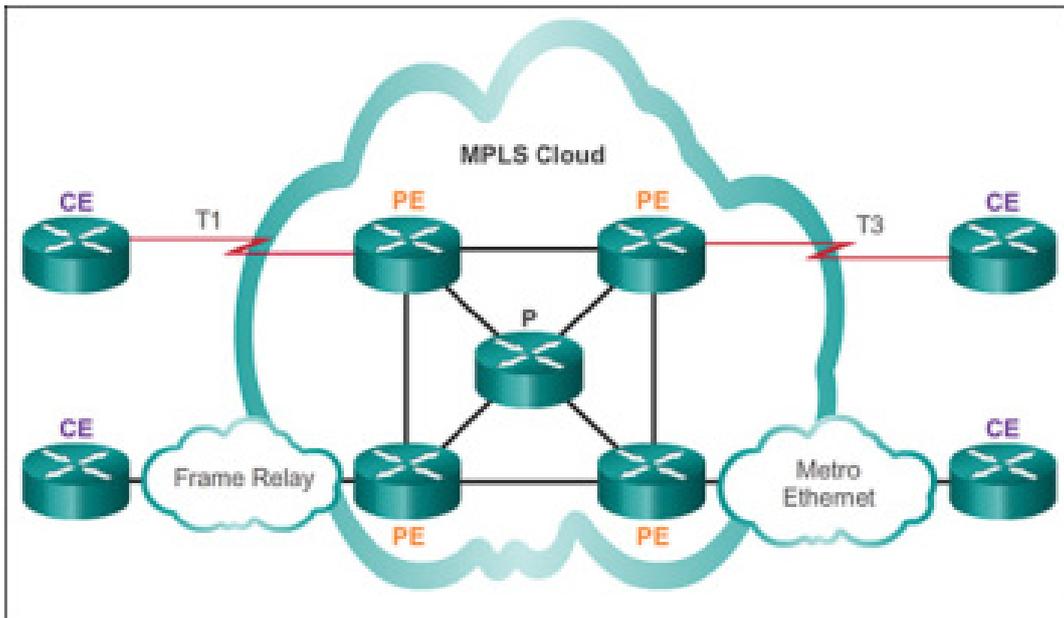
*Multiprotocol Label Switching (MPLS)* es un multiprotocolo WAN de alto rendimiento que dirige los datos de un ruteador al siguiente basado en rutas cortas etiquetadas en lugar de direcciones de red IP.

MPLS tiene varias características que lo definen. Es un multiprotocolo, que significa que tiene la capacidad de llevar cualquier carga útil incluyendo tráfico IPv4, IPv6, Ethernet, ATM, DSL, y Frame Relay. Utiliza etiquetas que le dicen a un ruteador qué hacer con un paquete.

MPLS es una tecnología de proveedor de servicios. Las líneas arrendadas entregan bits entre sitios, mientras Frame Relay y Ethernet WAN entregan tramas entre sitios.

Sin embargo, MPLS puede entregar cualquier tipo de paquetes entre sitios. MPLS pueden encapsular paquetes de varios protocolos de red. Es compatible con una amplia gama de tecnologías WAN, incluyendo enlaces portadora-T / portadora-E, Portadora Ethernet, ATM, Frame Relay y DSL.

La topología de ejemplo en la figura 11 muestra cómo se utiliza MPLS.



**Figura 11.** Ejemplo de Topología MPLS

Tenga en cuenta que los diferentes sitios pueden conectarse a la nube MPLS utilizando diferentes tecnologías de acceso.

En la figura 11, **CE** (Customer Edge) se refiere al borde del cliente, **PE** (Provider Edge) es el router de borde de proveedor, que agrega y quita las etiquetas, mientras que **P** es un enrutador interno del proveedor, que intercambia paquetes etiquetados MPLS.

NOTA: MPLS es principalmente una tecnología WAN de proveedor de servicios.

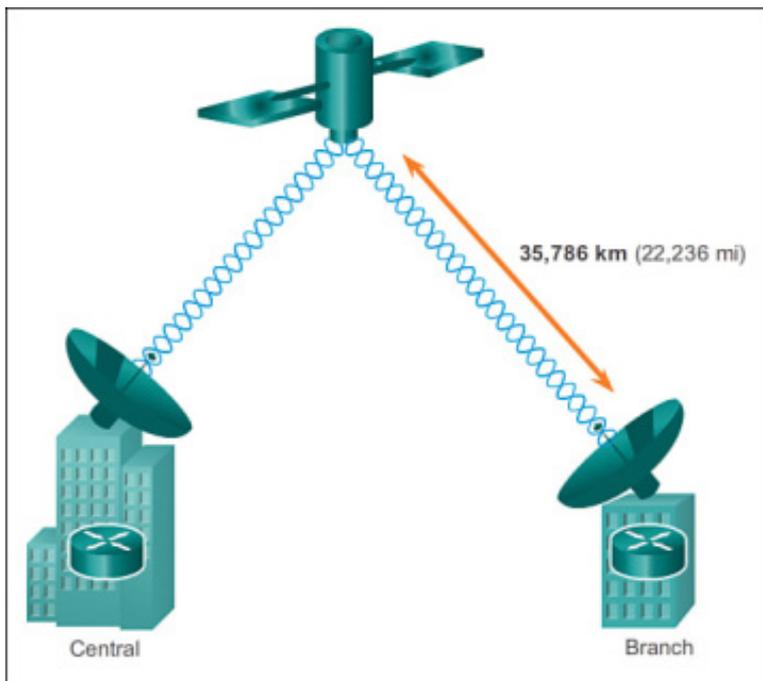
### 6.2.8 VSAT

Todas las tecnologías de red privada WAN mencionadas anteriormente, usan cobre o medios de comunicación de fibra óptica. ¿Qué pasa si una organización necesita conectividad en un lugar remoto donde no hay proveedores de servicios que ofrecen servicio de WAN?

*Very Small Aperture Terminal (VSAT)* es una solución que crea una red privada WAN utilizando comunicaciones por satélite. Un VSAT es una pequeña antena parabólica similar a los utilizados para TV e Internet en casa. VSAT crea una red privada WAN al tiempo que proporciona conectividad a lugares remotos.

En concreto, un ruteador se conecta a una antena parabólica que apunta al satélite de un proveedor de servicios en una órbita geosíncrona en el espacio. Las señales deben recorrer aproximadamente 35.786 kilómetros (22.236 millas) hasta el satélite y de regreso.

El ejemplo de la Figura 12 muestra una antena VSAT en el techo de los edificios que se comunican con una antena parabólica a miles de kilómetros en el espacio.

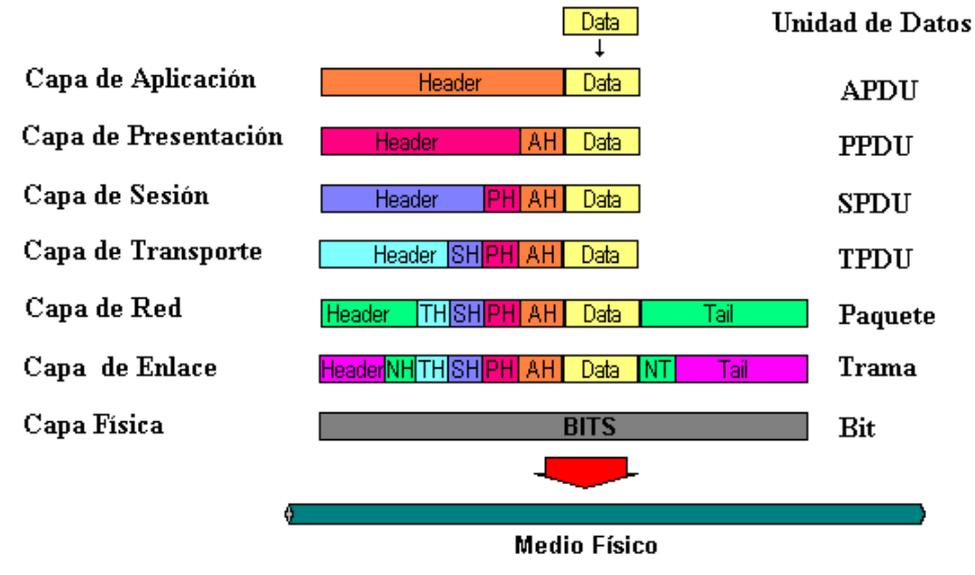


**Figura 12.** Ejemplo de Topología VSAT

## 7. Unidades de medida de transferencia de bits en una red

### 7.1 Capas y Unidades de datos del Modelo OSI

De acuerdo con la definición de la Wikipedia (Wikipedia, Formato de los datos, Octubre 2014), el cuadro a continuación muestra las Unidades de Datos para cada capa del Modelo OSI.



## 7.2 Tasa de Bits (Bit rate)

En informática y telecomunicaciones, el término **tasa de bits** (a menudo llamada **tasa de transferencia**, o como variable  $R$ ) define el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales (Prakash Gupta, 2006, Pag 7).

La tasa de transferencia es cuantificada usando la unidad bits por segundo (bit/s o bps).

1 byte por segundo (1 B/s) corresponde a 8 bit/s.

## 7.3 Tasa de transferencia bruta de bits (Gross bit rate)

La tasa de transferencia bruta de bits (gross bit rate) de la capa física, tasa de transferencia bruta de bits (raw bitrate), tasa de señalización de datos (data signaling rate), tasa de transferencias de datos bruta (gross data transfer rate) o tasa de transferencia decodificada (uncoded transmission rate, a veces escrita como una variable  $R_b$  o  $f_b$ ) es el número total de bits por segundo transferidos físicamente sobre un link de comunicaciones, incluyendo datos útiles así como también el encabezado del protocolo (Dayan Adionel Guimaraes, 2009, Pag 692).

En el caso de comunicaciones seriales, la tasa de transferencia bruta de bits está relacionada con el tiempo de transmisión de bits.

$$T_A \cdot T_B$$

La tasa de bits de red de la capa física, tasa de información, la tasa de bits útil, la tasa de carga útil, la tasa de transferencia de datos de red, la tasa de transmisión codificada, la tasa efectiva de datos o velocidad de cable (lenguaje informal) de un canal de comunicación digital es la capacidad excluyendo el encabezado de protocolo de la capa física, por ejemplo multiplex por división de tiempo (TDM) bits de entramado, los códigos redundantes de corrección de errores hacia adelante (FEC), los símbolos de entrenamiento de ecualizador y otra codificación de canal.

Códigos de corrección de errores son comunes, especialmente en sistemas de comunicación inalámbrica, normas de módem de banda ancha y de las modernas redes de área local de alta velocidad a base de cobre. La tasa de bits neta capa física es el régimen de datos medido en un punto de referencia en la interfaz entre la capa de enlace de datos y capa física, y por consiguiente puede incluir enlace de datos y capa superior encima de la cabeza. (Wikipedia, Noviembre 2014, Bit rate).

En módems y sistemas inalámbricos, adaptación de enlace (adaptación automática de la velocidad de datos y modulación y / o esquema de codificación de errores) a menudo se aplica. En ese contexto, el término bitrate máximo denota la tasa de bits de red del modo de transmisión más rápida y menos robusta, que se utiliza por ejemplo cuando la distancia es muy corta entre el emisor y el transmisor.

Algunos sistemas operativos y equipos de red puede detectar la "velocidad de conexión" (lenguaje informal) de un dispositivo con tecnología de acceso a la red o de un dispositivo de comunicación, lo que implica la velocidad neta de la tasa de bits. Tenga en cuenta que el término tasa de en algunos libros de texto se define como la velocidad de bits bruto, en otros como velocidad binaria neta.

La relación entre la velocidad de bits bruta (gross bit rate) y velocidad de bits neta (net bit rate) se ve afectada por la tasa de código FEC de acuerdo a lo siguiente.

$$\mathbf{Net\ bit\ rate \leq Gross\ bit\ rate \cdot Tasa\ de\ código}$$

Por ejemplo, el término tasa de bits neta (o velocidad de conexión) de una red inalámbrica IEEE 802.11a es la tasa de bits neta de entre 6 y 54 Mbit/s, mientras que la tasa de bits bruta es de entre 12 y 72 Mbit/s incluido los códigos de corrección de

errores.

La tasa de bits neta de ISDN2 de interfaz de velocidad básica (2 canales B + 1 canal D) de  $64 + 64 + 16 = 144$  kbit / s también se refiere a las tasas de datos de carga útil, mientras que la tasa de señalización del canal D es 16 kbit / s. La tasa de bits neta de la norma de la capa física Ethernet 100Base-TX es de 100 Mbit / s, mientras que el término tasa de bit bruta es de 125 Mbit / segundo, debido a la 4B5B (cuatro bits sobre cinco bits) de codificación. En este caso, la tasa de bits bruta es igual a la tasa de símbolos o tasa de pulso de 125 Mbaudios, debido al código NRZI.

En las tecnologías de comunicación sin corrección de errores hacia adelante y otro encabezado del protocolo de la capa física, no hay distinción entre velocidad de bits bruta y la tasa neta de la capa física. Por ejemplo, la red, así como la tasa de bits bruto de Ethernet 10Base-T es de 10 Mbit / s. Debido al código Manchester, cada bit está representado por dos impulsos, lo que resulta en una frecuencia de pulso de 20 Mbaudios.

La "velocidad de conexión" de un módem V.92 de banda de voz típicamente se refiere a la tasa de bits bruto, ya que no existe un código de corrección de errores adicionales. Puede ser de hasta 56.000 bits / s descendentes y 48.000 bits / s ascendentes.

Una tasa de bits más baja puede ser elegida durante la fase de establecimiento de la conexión debido a la modulación adaptativa - esquemas de modulación más lentos pero más robustos se eligen en caso de una pobre relación señal-ruido.

Debido a la compresión de datos, la tasa de transmisión de datos real o del caudal puede ser más alta.

La capacidad de canal, también conocido como la capacidad de Shannon, es un límite superior teórico para el término tasa de bit máxima neta, exclusiva de codificación de corrección de errores hacia adelante, que es posible sin errores de bit para un determinado enlace análogo físico de comunicación nodo a nodo.

### ***Net bit rate ≤ Channel capacity***

La capacidad del canal es proporcional al ancho de banda analógico en Hertz. Esta proporcionalidad se denomina **ley de Hartley**. En consecuencia, la tasa de bits neta se denomina a veces la capacidad de ancho de banda digital en bit / s.

#### **7.5 Tasa de Transferencia de datos (Goodput)**

Es el número de bits por unidad de tiempo transmitido a la correcta interfaz de destino de la DUT / SUT, (Dispositivo en prueba/Sistema en prueba) menos los bits perdidos o retransmitido. (D. Newman, 1999, Networking Group, Pag.14).

Goodput o velocidad de transferencia de datos se refiere al promedio alcanzado de la tasa neta de bits que se entrega a la capa de aplicación, exclusiva de todos los encabezados de protocolo, retransmisiones de paquetes de datos, etc.

Por ejemplo, en el caso de la transferencia de archivos, la velocidad de transferencia de datos corresponde a la tasa de transferencia del archivo lograda. La tasa de transferencia de archivos en bit / s se puede calcular como el tamaño de archivo (en bytes) dividido por el tiempo de transferencia de archivos (en segundos) y multiplicado por ocho. (Wikipedia, Octubre 2014, Goodput).

Como ejemplo, la velocidad de transferencia de datos de un módem V.92 de banda de voz se ve afectada por los protocolos de la capa física y la capa de enlace del módem. A veces es mayor que la tasa de datos de la capa física debido a la compresión de datos V.44, y algunas veces menor debido a errores de bit y peticiones de retransmisiones de repetición automática. Si la compresión de datos no es proporcionada por el equipo de red o protocolos, tenemos la siguiente relación:

**Tasa de transferencia de datos ≤ Caudal ≤ Caudal máximo ≤ Tasa de bits neto**

Para una ruta de comunicación determinado.

## 8. Medidas del rendimiento de una red

Rendimiento de la red (Network Performance) se refiere a las medidas de calidad de servicio de un producto de telecomunicaciones visto por el cliente.

La siguiente lista da ejemplos de medidas de desempeño de red para una red conmutada de circuitos y un tipo de red de conmutación de paquetes, ATM:

- **Redes de conmutación de circuitos:** En las redes de conmutación de circuitos, el rendimiento de red es sinónimo de la calidad servicio. El número de llamadas rechazadas es una medida de lo bien que la red está funcionando bajo cargas de tráfico pesado. Otros tipos de medidas de desempeño pueden incluir el ruido, el eco y así sucesivamente.
- **ATM:** En un modo de transferencia asíncrono (ATM) de la red, el rendimiento puede ser medido por la tasa de línea, calidad de servicio (QoS), el caudal de datos, tiempo de conexión, la estabilidad, la tecnología, la técnica de modulación y mejoras del módem.

Hay muchas formas diferentes de medir el rendimiento de una red, ya que cada red es diferente en naturaleza y diseño. El rendimiento también puede ser modelado; un ejemplo de esto es usar diagramas de transición de estados para modelar colas de rendimiento en una red conmutada de circuitos. Estos diagramas permiten al planificador de la red analizar cómo la red rendirá en cada estado, asegurando que la red sea diseñada de manera óptima.

En muchas ocasiones se piensa erróneamente que tener un mayor caudal significa una conexión "más rápida", sin embargo, el caudal, la latencia, el tipo de información transmitida, y la forma en que la información es aplicada afectan la velocidad percibida de una conexión.

### 8.1 Ancho de banda (Bandwith)

En las redes de computadoras y en la informática, *ancho de banda*, *ancho de banda de la red*, *ancho de banda de datos*, o *ancho de banda digital*, es una medida de la tasa de bits de los recursos disponibles o consumidos en comunicación de datos,

expresados en bits por segundo o en múltiplos de ella (bits / s, kilobits / s, Megabit / s, Gigabit / s, etc.). (Wikipedia, Diciembre 2014, Bandwidth).

Ancho de Banda de una señal es la diferencia entre las ondas de las frecuencias más altas y las más bajas que constituyen la señal. (Douglas E. Comer, 2008, Computer Networks and Internet, Pag. 103).

### **8.1.1. Capacidad de ancho de banda de red**

El término ancho de banda a veces define la tasa neta de bits (net bit rate) (o también llamada tasa máxima de bits, tasa de información o tasa de bits útil de la capa física), la capacidad del canal o el máximo caudal de una ruta de comunicación lógica o física en un sistema de comunicación digital.

Por ejemplo, las pruebas de ancho de banda miden el caudal máximo de una red informática. La razón de este uso es que de acuerdo a la **ley de Hartley**, la velocidad de datos máxima de un enlace de comunicación físico es proporcional a su ancho de banda en hertzios, que a veces se denomina ancho de banda de frecuencia, ancho de banda espectral, el ancho de banda RF, el ancho de banda de la señal o ancho de banda analógico.

### **8.1.2. El consumo de ancho de banda de red**

Ancho de banda en bit / s también puede referirse a ancho de banda consumido, correspondiente a caudal alcanzado o goodput, es decir, la tasa media de transferencia exitosa de datos a través de una ruta de comunicación. Este sentido se aplica a conceptos y tecnologías tales como la configuración del ancho de banda, el manejo del ancho de banda, regulación del ancho de banda, tapón del ancho de banda, la asignación de ancho de banda (por ejemplo el protocolo de asignación de ancho de banda y la asignación de ancho de banda dinámica), etc.

El ancho de banda de un flujo de bits es proporcional a la señal promedio consumida en Hertz (el ancho de banda espectral promedio de la señal analógica que representa el flujo de bits) durante un intervalo de tiempo estudiado.

Ancho de banda de canal se puede confundir con el caudal de datos. Un canal con  $x$  bps no necesariamente transmite datos a una tasa  $x$ , ya que los protocolos, la

encriptación y otros factores puede agregar una sobrecarga apreciable. Por ejemplo, una gran cantidad de tráfico de Internet utiliza el protocolo de control de transmisión (TCP), que requiere un apretón de manos de tres vías (three-way handshake) para cada transacción, que, aunque en muchas implementaciones modernas es eficiente, se le añade una sobrecarga significativa en comparación con los protocolos más simples. En general, para cualquier comunicación digital eficaz, se necesita un protocolo de tramas; sobrecarga y caudal efectivo depende de la implementación. El caudal real es menor que o igual a la capacidad del canal real más la sobrecarga de la implementación.

### **8.1.3 Ancho de banda Asintótica (Asymptotic bandwidth)**

El ancho de banda asintótica (formalmente caudal asintótico) para una red es la medida de máximo caudal para una ávida fuente, por ejemplo, cuando el tamaño del mensaje (el número de paquetes por segundo desde una fuente) se aproxima al infinito.

Anchos de banda asintóticas son generalmente estimados por el envío de un número de mensajes muy grandes a través de la red, midiendo el caudal de extremo a extremo.

Como otros anchos de banda, el ancho de banda asintótica se mide en múltiplos de bits por segundo.

### **8.1.4 Ancho de banda en alojamiento de web (Bandwith in webhosting)**

En alojamiento de sitios web, el término "ancho de banda" es a menudo mal empleado para describir la cantidad de datos transferidos hacia o desde el sitio web o servidor en un plazo determinado de tiempo, para ejemplo el consumo de ancho de banda acumulado durante un mes se mide en gigabytes por mes.

La frase más exacta utilizada para esto es, la cantidad máxima de transferida de datos de cada mes o en un período dado es la transferencia de datos mensual.

Una situación similar puede ocurrir por los ISP de usuario final y, sobre todo, donde la capacidad de red es limitada (por ejemplo, en zonas con bajo desarrollo en la conectividad a Internet y en las redes inalámbricas).

### 8.1.5 Anchos de banda de conexión a Internet.

La tabla 3 muestra el ancho de banda máximo (la tasa neta de la capa de red física) de tecnologías de acceso a Internet común.

Máximo Bitrate	Tipo de Conexión
56 kbit/s	<b>Modem / Dialup</b>
1.5 Mbit/s	<b>ADSL Lite</b>
1.544 Mbit/s	<b>T1/DS1</b>
2.048 Mbit/s	<b>E1 / E-carrier</b>
8 Mbit/s	<b>ADSL1</b>
10 Mbit/s	<b>Ethernet</b>
11 Mbit/s	<b>Wireless 802.11b</b>
24 Mbit/s	<b>ADSL2+</b>
44.736 Mbit/s	<b>T3/DS3</b>
54 Mbit/s	<b>Wireless 802.11g</b>
100 Mbit/s	<b>Fast Ethernet</b>
155 Mbit/s	<b>OC3</b>
600 Mbit/s	<b>Wireless 802.11n</b>
622 Mbit/s	<b>OC12</b>
1 Gbit/s	<b>Gigabit Ethernet</b>
2.5 Gbit/s	<b>OC48</b>
9.6 Gbit/s	<b>OC192</b>
10 Gbit/s	<b>10 Gigabit Ethernet</b>
100 Gbit/s	<b>100 Gigabit Ethernet</b>

Tabla 3. Máximo Bitrate por tipo de enlace.

### 8.2 Caudal (Network Throughput)

Es la tasa real que la información es transferida. El caudal es el número de mensajes entregados con éxito por unidad de tiempo El Caudal es controlado por el ancho de banda disponible, así como por la relación de señal-a-ruido disponible y limitaciones de hardware. El caudal para este caso se entenderá que se medirá desde la llegada del primer bit de datos en el receptor, para desacoplar el concepto de caudal del concepto de latencia.

La Ventana de Tiempo es el período durante el cual el caudal es medido. La elección de una ventana de tiempo apropiado a menudo domina los cálculos del caudal, y si la latencia se toma en cuenta o no determinará si la latencia afecta al caudal o no.

### **8.3 Latencia**

Es la demora entre el emisor y el receptor decodificándolo, esto es principalmente una función del tiempo de viaje de las señales, y el tiempo de procesamiento en cualquier nodo que la información atraviesa.

La velocidad de la luz impone un tiempo de propagación mínimo en todas las señales electromagnéticas. No es posible reducir la latencia por debajo de este valor.

sido alterado debido a errores de ruido, interferencia, distorsión o la sincronización de bits.

La proporción de la **tasa de errores de bits (BER)** es el número de errores de bit dividido por el número total de bits transferidos durante un intervalo de tiempo estudiado. BER es una medida de rendimiento sin unidades, a menudo expresada como un porcentaje.

La probabilidad de error de bit  $p$ , es el valor esperado de la BER. La BER se puede considerar como una estimación aproximada de la probabilidad de error de bit. Esta estimación es precisa para un intervalo de tiempo largo y un alto número de errores de bit. (Gaurav Shah, Andrés Molina, Matt Blaze, 2006, Keyboards and Covert Channels, capítulo 8)

## 9. Medición del caudal de red

El caudal de una red puede medirse utilizando diversas herramientas disponibles en diferentes plataformas.

### **Razones para medir el caudal en redes.**

La gente a menudo se preocupa sobre la medición de la capacidad máxima del caudal de datos en bits por segundo de un enlace de comunicaciones o acceso a la red.

Un método típico de realizar una medición es la transferencia de un archivo "grande" de un sistema a otro sistema y medir el tiempo requerido para completar la transferencia o copia del archivo.

El caudal se calcula dividiendo el tamaño del archivo por el tiempo que se demora en recibir el caudal, en megabits, kilobits o bits por segundo.

$$\text{Caudal} = \text{Tamaño de archivo} / \text{tiempo de transferencia}$$

Desafortunadamente, los resultados de un ejercicio de este tipo a menudo se traducirá en el goodput que es menor que el caudal de datos máximo teórico, lo que lleva a creer que el enlace de comunicaciones no está operando correctamente.

De hecho, hay muchos encabezados reconocidos en el caudal en adición a las encabezados generales de transmisión, incluyendo la latencia, el tamaño de la ventana de recepción de TCP y las limitaciones del sistema, lo que significa que la goodput calculada no refleja el caudal máximo alcanzable.

### **9.1 Teoría de la medición**

El ancho de banda máximo se puede calcular como sigue:

Por lo general se lleva a cabo al tratar de descargar o cargar la máxima cantidad de datos en un determinado período de tiempo, o una cierta cantidad de datos en la cantidad mínima de tiempo.

Por esta razón, las pruebas de ancho de banda pueden retrasar las transmisiones por Internet a través de la conexión a Internet, mientras se llevan a cabo.

### 9.3 Nomenclatura de las medidas de caudal

El caudal de los enlaces de comunicación se mide en bits por segundo (bit / s), kilobits por segundo (kbit / s), megabits por segundo (Mbit / s) y gigabits por segundo (Gbit / s).

Bit rates		
Nombre	Símbolo	Múltiplo
<b><u>Prefijos Decimales (SI)</u></b>		
kilobit por segundo	kbit/s	$10^3$
megabit por segundo	Mbit/s	$10^6$
gigabit por segundo	Gbit/s	$10^9$
terabit por segundo	Tbit/s	$10^{12}$
<b><u>Prefijos Binarios (IEC 80000-13)</u></b>		
kibibit por segundo	Kibit/s	$2^{10}$
mebibit por segundo	Mibit/s	$2^{20}$
gibibit por segundo	Gibit/s	$2^{30}$
tebibit por segundo	Tibit/s	$2^{40}$

Unidades de información (del byte)			
Sistema Internacional (decimal)		ISO/IEC 80000-13 (binario)	
Múltiplo (símbolo)	SI	Múltiplo (símbolo)	ISO/IEC
kilobyte (kB)	$10^3$	kibibyte (KiB)	$2^{10}$
megabyte (MB)	$10^6$	mebibyte (MiB)	$2^{20}$
gigabyte (GB)	$10^9$	gibibyte (GiB)	$2^{30}$
terabyte (TB)	$10^{12}$	tebibyte (TiB)	$2^{40}$
petabyte (PB)	$10^{15}$	pebibyte (PiB)	$2^{50}$
exabyte (EB)	$10^{18}$	exbibyte (EiB)	$2^{60}$
zettabyte (ZB)	$10^{21}$	zebibyte (ZiB)	$2^{70}$
yottabyte (YB)	$10^{24}$	yobibyte (YiB)	$2^{80}$

En esta aplicación, kilo, mega y giga son los prefijos estándar del Sistema Internacional de Unidades (SI) que indican la multiplicación por 1000 (kilo), 1.000.000 (mega), y 1000000000 (giga).

Los tamaños de archivo se miden en bytes - kilobytes, megabytes y gigabytes, donde un byte es de ocho bits.

En los libros de texto modernos un kilobyte se define como 1000 bytes, un megabyte como millón de bytes, etc., de acuerdo con la **norma 1998 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)**. Sin embargo, la convención adoptada por los

sistemas Windows es definir 1 kilobyte es como 1024 (o  $2^{10}$ ) bytes, que es igual a 1 kibibyte. Del mismo modo, un tamaño de archivo de "1 megabyte" es  $1024 \times 1024$  byte, igual a 1 mebibyte), y "1 gigabyte"  $1024 \times 1024 \times 1024 = 1$  byte gibibyte).

*Un circuito de '64 k', por lo tanto, no transmitirá un archivo de '64 k' en un segundo.*

*En la actualidad, un archivo de 64 kilobytes es de  $64 \times 1024 \times 8$  bits de tamaño y el circuito de 64 k transmitirá bits a una tasa de  $64 \times 1000$  bit / s, por lo que la cantidad de tiempo necesario para transmitir un archivo de 64 kilobytes sobre un circuito de 64 k será por lo menos  $(64 \times 1024 \times 8) / (64 \times 1000)$  segundos, lo que resulta ser 8,192 segundos.*

#### **9.4 Compresión de datos en el caudal**

Algunos equipos pueden mejorar las cosas mediante la compresión de los datos a medida que se envía. Esta es una característica de la mayoría de los módems analógicos y de varios sistemas operativos populares. Si el archivo de 64 K se puede reducir por la compresión, el tiempo necesario para transmitir puede ser reducido. Esto se puede hacer en forma invisible para el usuario, por lo que un archivo altamente compresible puede ser transmitido considerablemente más rápido de lo esperado. Como esta compresión "invisible" no puede ser fácilmente deshabilitada, se deduce por lo tanto, que al medir el rendimiento mediante el uso de archivos y cronometrar el tiempo para transmitir, uno debe utilizar los archivos que no se pueden comprimir.

Típicamente, esto hace usando un archivo aleatorio de datos, que se hace más difícil comprimir cuanto más cercano a un archivo aleatorio este sea.

Suponiendo que sus datos no se pueden comprimir, los 8,192 segundos para transmitir un archivo de 64 kilobytes sobre un enlace de comunicaciones de 64 kilobits / s es un tiempo mínimo teórico que no se logra en la práctica.

Esto es debido al efecto de los encabezados que se utilizan para dar formato a los datos en una manera acordada de modo que ambos extremos de una conexión tienen una visión consistente de los datos.

Hay por lo menos dos cuestiones que no son inmediatamente obvias para la transmisión de archivos comprimidos.

(1) El caudal de la red propiamente dicha, no se mejora por la compresión. Desde la perspectiva de extremo a extremo (servidor a cliente) la compresión mejora el caudal. Eso es porque el contenido de la información para la transmisión de la misma cantidad se incrementa a través de la compresión de archivos.

(2) Comprimir archivos en el servidor y el cliente usa más recursos de procesador en ambos extremos. El servidor tiene que usar su procesador para comprimir los archivos, si no están comprimidos. El cliente tiene que descomprimir los archivos a su recepción. Esto puede ser considerado un costo (para el servidor y el cliente) por el beneficio del incremento del caudal de extremo a extremo (aunque el caudal no ha cambiado para la red propiamente dicha).

### **9.5 Los encabezados de transmisión y el formato de datos**

Un enlace de comunicaciones común utilizado por muchas personas es el arranque-parada (start-stop) asíncrono o simplemente enlace serial "asíncrono". Si se tiene un módem externo conectado al computador de casa o de la oficina, lo más probable es que la conexión es a través de una conexión en serie asíncrona. Su ventaja es que es simple, se puede implementar utilizando sólo tres cables: Enviar, Recibir y Señal de Tierra (o Señal Común). En una interfaz RS232, una conexión inactiva tiene una tensión negativa continua aplicada. Un bit 'cero' se representa como una diferencia de voltaje positiva con respecto a la señal de tierra y un bit "uno" es un voltaje negativo con respecto a señal de tierra, por lo tanto, indistinguibles del estado de reposo. Esto significa que usted necesita saber cuándo un bit "uno" comienza a distinguirse del inactivo. Esto se realiza acordando de antemano que tan rápido los datos se transmitirán sobre un enlace, luego, se utiliza un bit de inicio para indicar el inicio de un byte - Este bit de inicio será un bit "cero". Bits de parada son bits 'uno' es decir voltaje negativo.

En realidad, más cosas se habrán acordado de antemano - la velocidad de transmisión de bits, el número de bits por carácter, la paridad y el número de bits de parada (que

significa el final de un carácter). Así que una designación de 9600-8-E-2 sería 9.600 bits por segundo, con ocho bits por carácter, paridad par y dos bits de parada.

Una configuración común para una conexión serial asíncrona sería 9600-8-N-1 (9600 bit / s, 8 bits por carácter, sin paridad y 1 bit de parada) - un total de 10 bits transmitidos para enviar un carácter de 8 bits (un bit de inicio, los 8 bits que componen el byte transmitido y un bit de parada). Esta es un encabezado del 25%, por lo que un enlace serial asíncrono de 9600 bits/s no transmitirá datos a 9600/8 bytes por segundo (1200 bytes / s), pero en realidad, en este caso 9600/10 bytes por segundo (960 byte/s), que es considerablemente más lento de lo esperado.

Esto puede empeorar. Si se especifica la paridad y utilizamos 2 bits de parada, el encabezado para llevar un carácter de 8 bits es de 4 bits (un bit de inicio, unos bits de paridad y dos bits de parada) - o el 50%.

En este caso una conexión de 9600 bit/s llevará 9600/12 byte / s (800 bytes / s). Interfaces Asíncronas seriales comúnmente soportarán velocidades de transmisión de bits de hasta 230,4 kbit / s. Si está configurado para no tener paridad y un bit de parada, esto significa que la velocidad de transmisión de bytes es 23.04 kbytes / s.

La ventaja de la conexión serial asíncrona es su simplicidad. Una desventaja es su baja eficiencia en llevar los datos. Esto se puede superar mediante el uso de una interfaz síncrona.

En este tipo de interfaz, se añade una señal de reloj en un cable separado, y los bits se transmiten en sincronía con el reloj - la interfaz ya no tiene que buscar los bits de inicio y parada de cada carácter individual - sin embargo, es necesario tener un mecanismo para asegurar que los relojes de envío y recepción se mantienen en sincronía, es así que los datos se dividen en tramas de múltiples caracteres separados por delimitadores conocidos.

Hay tres esquemas comunes de codificación para las comunicaciones en tramas - HDLC, PPP y Ethernet.

### **9.5.1 Esquema de codificación HDLC**

Cuando se utiliza HDLC (High-Level Data Link Control), en lugar de cada byte teniendo un inicio, la paridad opcional y uno o dos bits de parada, los bytes se reúnen en una trama. El inicio y el final de la trama son señalados por una "bandera", y la detección de errores se lleva a cabo por la secuencia de verificación de trama. Si la trama tiene una dirección de tamaño máximo de 32 bits, una parte de control de tamaño máximo de 16 bits y una secuencia de verificación de trama de tamaño máximo de 16 bits, el encabezado por trama podría ser tan alto como 64 bits. Si cada trama es transportada por un solo byte, la eficiencia del caudal de transmisión de datos sería extremadamente baja. Sin embargo, los bytes normalmente se reúnen entre sí, por lo que incluso con un encabezado máximo de 64 bits, tramas que transportan más de 24 bytes son más eficientes que las conexiones seriales asíncronas. Como las tramas pueden variar en tamaño, ya que pueden tener diferentes números de bytes que se transportan como datos, esto significa que el encabezado de una conexión HDLC no es fijo.

### **9.5.2 Esquema de codificación PPP**

El "protocolo de punto a punto" (PPP) está definido por los documentos de Solicitud de Internet Para Comentario RFC 1570, RFC 1661 y RFC 1662.

En lo que respecta al tramado de paquetes, PPP es bastante similar a HDLC, pero admite métodos de delimitación de tramas tanto de orientación a bits, así como también de orientación a bytes ("octeto-relleno") mientras se mantiene la transparencia de datos.

### **9.5.3 Esquema de codificación Ethernet**

Ethernet es una tecnología de "red de área local" (LAN), que también es en tramas. La forma en que la trama está definida eléctricamente en una conexión entre dos sistemas es diferente de la tecnología típica de redes WAN que utiliza HDLC o PPP implementados, pero estos detalles no son importantes para los cálculos de caudal. Ethernet es un medio compartido, de manera que no se garantiza que sólo los dos sistemas que están transfiriendo un archivo entre sí tendrán acceso exclusivo a la conexión. Si varios sistemas están tratando de comunicarse simultáneamente, el

rendimiento entre cualquier par puede ser sustancialmente menor que el ancho de banda nominal disponible.

## **9.6 Transporte de datos en protocolos de bajo nivel**

Enlaces dedicados punto a punto no son la única opción para muchas conexiones entre los sistemas. Servicios basados en Frame Relay, ATM, MPLS también se pueden utilizar. Cuando se calcula o estima caudales de datos, los detalles de los formatos de trama/celda/paquete y la aplicación detallada de tecnología, se necesita entender la implementación.

### **9.6.1 Transporte de datos en Frame Relay**

Frame Relay utiliza un formato HDLC modificado para definir el formato de trama que transporta datos.

### **9.6.2 Transporte de datos en ATM**

El "modo de transferencia asíncrono" (ATM) utiliza un método radicalmente diferente de transportar datos. En lugar de utilizar tramas de longitud variable o paquetes, los datos son transportados en células de tamaño fijo. Cada célula es de 53 bytes de largo, con los primeros 5 bytes definidos como el encabezamiento y el 48 bytes siguientes como carga útil. Las redes de datos generalmente requieren paquetes de datos que son mayores de 48 bytes, por lo que hay un proceso de adaptación definido que especifica cómo los paquetes grandes de datos deben dividirse en una forma estándar para ser transportado por las células más pequeñas.

Este proceso varía de acuerdo a los datos transportados, por lo que en la nomenclatura ATM, hay diferentes Capas de Adaptación ATM. El proceso definido para la mayoría de los datos se denomina capa de adaptación ATM N° 5 o AAL5.

Entender el caudal en enlaces ATM requiere un conocimiento de que capa de adaptación ATM se ha utilizado para los datos que se transportaron.

### **9.6.3 Transporte de datos en MPLS**

La conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS) añade una marca estándar o cabecera conocido como "etiqueta" a los paquetes de datos existentes. En ciertas

situaciones, es posible utilizar MPLS de una manera "apilada", de modo que las etiquetas se añaden a los paquetes que ya han sido etiquetados.

Las conexiones entre los sistemas MPLS también pueden ser "nativas", sin ningún protocolo de transporte subyacente, o el etiquetado de paquetes MPLS se pueden transportar como carga útil dentro de los paquetes frame relay o HDLC. Cálculos de caudal correctos deben tomar en cuenta este tipo de configuraciones.

Por ejemplo, un paquete de datos podría tener dos etiquetas MPLS adjuntas a través de "apilamiento de etiquetas", luego pueden ser colocados como carga útil dentro de una trama HDLC. Esto genera más sobrecarga que tiene que tenerse en cuenta que una sola etiqueta MPLS adjunta a un paquete el cual es entonces enviado 'nativamente', sin protocolo subyacente a un sistema receptor.

### **9.7 Transporte de datos en protocolos de nivel superior**

Pocos sistemas transfieren archivos y datos simplemente copiando el contenido del archivo en el campo 'datos' de tramas HDLC o PPP - otra capa de protocolo se utiliza para dar formato a los datos dentro del campo "Datos" de la trama HDLC o PPP. El protocolo de este tipo más comúnmente utilizado es el Protocolo de Internet (IP), definida por RFC 791. Este impone sus propios encabezados generales.

Pocos sistemas simplemente copian el contenido de los archivos en paquetes IP, pero utilizan otro protocolo que administra la conexión entre dos sistemas - TCP (Transmission Control Protocol), que se define en el RFC 1812. Este añade su propio encabezado.

Por último, una capa de protocolo final gestiona el proceso de transferencia de datos real. Un protocolo que se utiliza comúnmente para esto es el "protocolo de transferencia de archivos" (FTP), definido por RFC 959.

### **9.8 Herramientas disponibles para la medición del caudal**

Esta sección no puede ser completa porque hay muchas herramientas disponibles, algunos de los cuales son propiedad exclusiva y específica para aplicaciones de proveedores.

Algunas de estas herramientas pueden ser utilizadas con fines nefastos. El uso de estas herramientas, posiblemente, puede llevar a consecuencias perjudiciales, incluso si quien la utiliza tiene sólo buenas intenciones.

Así que el uso de este debe, como mínimo, hacerse con precaución y una buena comprensión de las herramientas.

- HTTPing
- HTTPing for Android
- SpeedOf.Me, HTML5 Speed Test
- Iperf bandwidth measuring tool
- Pingb bandwidth estimating tool

## 10. ¿Qué afecta el rendimiento de una red WAN?

### 10.1 Causas principales del rendimiento de la red:

#### 10.1.1 Latencia

La latencia, es el tiempo de ida y vuelta que resulta de aplicaciones y protocolos que conversan, agravados por la distancia sobre la WAN.

Un servidor envía paquetes, pregunta si el otro servidor lo recibió, el otro servidor responde, y van de ida y vuelta. Este tipo de comunicaciones repetidas puede pasar de 2.000 a 3.000 veces para enviar un solo archivo de 60 MB. Una transacción de algo simple puede introducir latencia de 20 ms a 1200 ms por transacción de un solo archivo.

#### 10.1.2 Tamaño de la ventana TCP

Cuando se añade más ancho de banda no necesariamente mejorará el rendimiento de la WAN.

El tamaño de la ventana TCP limita el caudal para cada transmisión de paquetes. Mientras más ancho de banda puede dar un tubo general más grande para manejar

más transacciones, cada transacción específica sólo puede ir a través de un tubo más pequeño, y eso a menudo retrasa el rendimiento de las aplicaciones sobre la WAN. (Gaurav Shah, Andrés Molina, Matt Blaze, Keyboards and Covert Channels, 2006)

## Capítulo 2: Diagnóstico del problema estudiado

La situación actual de un mundo globalizado, ha hecho que las comunicaciones sean parte importante de toda organización, por grande o pequeña que esta fuera, de tal manera que las herramientas informáticas son imprescindibles para mantener una adecuada comunicación y coordinación en todos los entes de la sociedad.

El Organismo Internacional parte de este análisis, cuenta con 186 países miembros conectados en una Red de Área Amplia (WAN por sus siglas en inglés), en los cuales se mantiene un estándar de infraestructura para la red local (LAN por sus siglas en inglés), la misma que a su vez se categoriza de acuerdo al número de personas que trabajan en las diferentes oficinas de país, teniendo así 3 categorías, pequeña, mediana o grande.

Estas categorías a su vez marcan el tipo de equipos con los que cuenta la LAN de cada país, estos equipos se diferencian entre una categoría y otra por la capacidad de los mismos siendo así que en los países de menor tamaño se cuenta con equipos adecuados para manejar un número inferior a 50 usuarios, los países de tamaño medio cuentan con equipos para manejar un volumen de hasta 100 usuarios y los países considerados grandes tienen capacidad para albergar más de 100 usuarios.

Cada una de estas oficinas cuenta con un data center, una red de área local y un enlace de comunicaciones primario, el mismo que puede ser de dos tipos, MPLS o VSAT, dependiendo de la región del planeta donde se encuentre y de la factibilidad del uso de enlaces de alta velocidad o de enlaces satelitales de alta latencia.

Tanto en los enlaces de alta velocidad como también en aquellos con alta latencia, el incremento en el uso de aplicaciones basadas en web y el uso de la nube, ya sea para el almacenamiento como para el procesamiento de programas de correo electrónico entre otras aplicaciones, hizo necesaria la búsqueda de una optimización de los enlaces existente.

El primer paso que se tomó para mejorar el tiempo de respuesta de las aplicaciones, fue incrementar el ancho de banda en los enlaces en cada país, teniendo como

resultado que a mayor incremento de ancho de banda, lo usuarios incrementaban el uso de la aplicaciones y el enlace se veía saturado nuevamente, causando así el decremento en el tiempo de respuesta a de las aplicaciones.

El segundo paso que se tomó fue la instalación de enlaces secundarios que tenían dos objetivos principales, el primero era fungir como enlace de respaldo en caso que el enlace primario llegue a fallar y el segundo objetivo era el dividir el uso de internet en dos instancias, una instancia en la que se considere el tráfico en la red únicamente de las aplicaciones internas de la organización o intranet, y otra instancia en la que se considere el tráfico dirigido al internet.

Esto requirió un análisis para poder llegar a obtener una solución de optimización del ancho de banda existente sin tener que incrementarlo y evitar así la saturación del enlace con el respectivo decremento en el tiempo de respuesta de las aplicaciones.

Los datos que se capturaron en varios países donde se puede ver los tiempos de respuesta del enlace al realizar varias pruebas se detallan a continuación.

	Prueba	País	Usuario A	Usuario B
1	Abrir la página principal de la intranet.	ARGENTINA	0.04	0.03
		PERU	0.05	0.04
		PAKISTAN	0.07	0.1
		BURUNDI	0.15	0.13
		CAR	0.23	0.14
		Zambia	0.17	0.16
		SUDAN	0.08	0.07
		CHINA	0.06	0.05

	Prueba	País	Usuario A	Usuario B
2	Abrir una página de la intranet.	ARGENTINA	0.09	0.12
		PERU	0.05	0.09
		PAKISTAN	0.06	0.13
		BURUNDI	0.34	0.36
		CAR	1.04	0.4
		Zambia	0.44	0.47
		SUDAN	0.29	0.35
		CHINA	0.11	0.12

	Test	País	Usuario A	Usuario B
3	Abrir otra página de intranet.	ARGENTINA	0.12	0.13
		PERU	0.12	0.13
		PAKISTAN	0.1	0.14
		BURUNDI	0.25	0.27
		CAR	0.37	0.45
		Zambia	0.4	0.35
		SUDAN	0.12	0.16
		CHINA	0.26	0.07

	Test	País	Usuario A	Usuario B
4	Copiar un archivo desde un drive remoto.	ARGENTINA	0.08	0.09
		PERU	0.05	0.1
		PAKISTAN	3.05	3.12
		BURUNDI	1.05	1.08
		CAR	4.11	4.08
		Zambia	1.25	0.48
		SUDAN	1.27	0.54
		CHINA	0.2	0.33

	Test	País	Usuario A	Usuario B
5	Copiar un archivo a un drive remoto.	ARGENTINA	0.16	0.07
		PERU	0.07	0.1
		PAKISTAN	3.52	3.25
		BURUNDI	1.17	1.13
		CAR	1.33	5.41
		Zambia	1.4	1
		SUDAN	2.4	1.28
		CHINA	0.44	0.27

	Test	País	Usuario A	Usuario B
6	Modificar un archive y copiarlo al drive remote.	ARGENTINA	0.08	0.07
		PERU	0.05	0.1
		PAKISTAN	3.46	3.02
		BURUNDI	1.1	1.05
		CAR	1.41	5.52
		Zambia	1.08	0.55
		SUDAN	2.22	1.21
		CHINA	0.37	0.27

	Test	País	Usuario A	Usuario B
7	OPE Launch	ARGENTINA	0.16	0.16
		PERU	0.03	0.04
		PAKISTAN	3.01	3.5
		BURUNDI	5.3	5.55
		CAR	5.32	6.12
		Zambia	0.35	0.34
		SUDAN	0.32	0.31
		CHINA	2.3	2.3

## Capítulo 3: Presentación de resultados

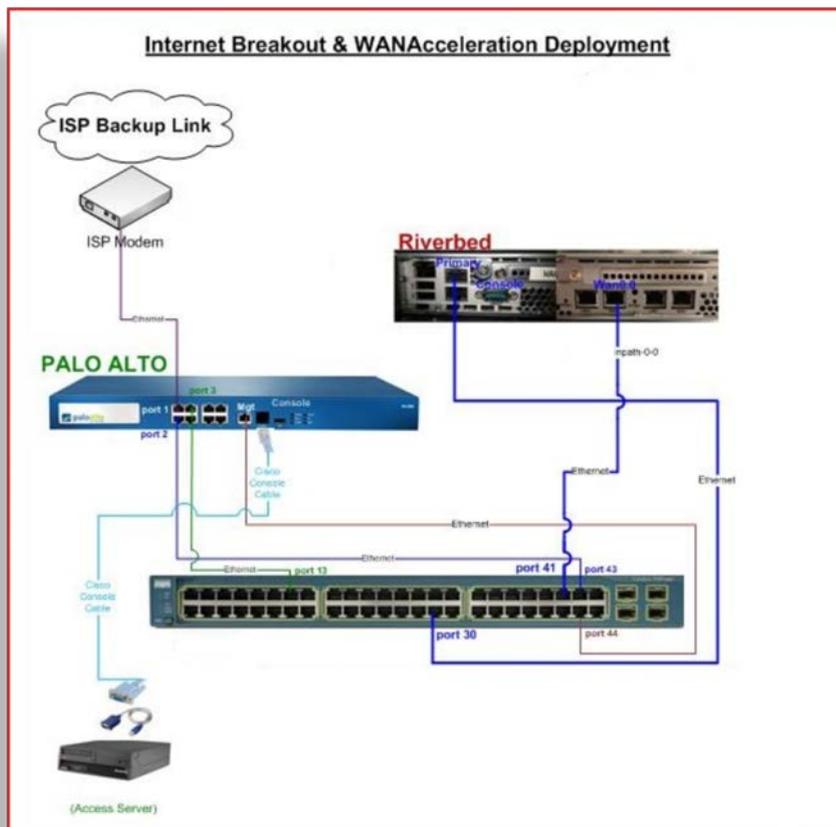
Actualmente existen en el mercado equipos que permiten acelerar la transmisión de la información en redes WAN, estos equipos tienen la finalidad de optimizar el rendimiento de la red sin tener que recurrir a incrementos en el ancho de Banda.

Uno de los equipos de mayor reconocimiento en la optimización y aceleración en redes WAN son los equipos de la empresa Riverbed, los mismos que fueron seleccionados para probar que se puede optimizar una red WAN sin tener que incrementar el ancho de banda.

### 11. Modelo Propuesto

El diagrama de interconectividad propuesto se lo puede ver en la figura 13 a continuación.

Figura 13. Diagrama de interconectividad



Los siguientes conceptos sobre optimizadores WAN hasta el punto 11.6 son tomados del capítulo 1, de la tesis “Estudio de las características, funcionamiento, ventajas y técnicas utilizadas en los optimizadores WAN”, cuyo autor es Javier Naufredo Suarez Armijos, en el año 2012.

### **11.1 Concepto de optimizadores WAN**

La Optimización WAN es la que permite visualizar, controlar, acelerar y asegurar las aplicaciones críticas, optimizando el tráfico, conservando el ancho de banda, del mismo modo que administra y mitiga las aplicaciones recreativas en una solución integral y de forma centralizada, beneficiando desde oficinas centrales, hasta sucursales y a usuarios móviles mientras se controlan los costos de ancho de banda y se incrementa la productividad de los usuarios.

Se enfoca en datos de aplicaciones en masa, como transferencia de archivos, correo electrónico que requieren tecnologías que puedan incrementar el desempeño de la aplicación como compresión, cache, y optimización de protocolos (CIFS Protocolo de Sistema de Archivo Común de Internet, MAPI Interfaz de Programación de Uso de Mensajería, FTP Protocolo de Transferencia de Archivos) que hacen que se reduzca la utilización de ancho de banda y se ahorren costos.

### **11.1 Evaluación de la necesidad de optimizar la WAN**

Las herramientas de optimización WAN permiten mejorar el rendimiento y los tiempos de respuesta en la red, además las aplicaciones por medio de las diferentes técnicas permiten eliminar las transmisiones redundantes, comprimir y priorizar los datos para así reducir el volumen de los protocolos de comunicación. Al mejorar el rendimiento de la red WAN, este tipo de soluciones apoya a disminuir los costos operacionales, así como los de hardware, software y ancho de banda, ayudando a las empresas a mejorar la productividad del usuario.

Con el transcurso del tiempo el incremento del tráfico de datos corporativos pone a prueba el rendimiento de la WAN y la productividad, además no siempre es una solución dotarse de más ancho de banda.

Algunas de las herramientas para la optimización WAN es en muchos casos una excelente solución, debido a que al construir una infraestructura WAN que conecte de forma eficiente las sucursales con las sedes centrales es de mucha importancia para la productividad de los empleados y el éxito del negocio. Una de las principales necesidades es eliminar el efecto de la latencia que existe a nivel de las redes WAN, además con este tipo de soluciones para optimizar la WAN se estará eliminando los cuellos de botella.

### **11.3 Ventajas de los optimizadores WAN**

Las ventajas de los optimizadores WAN es que pueden utilizar un software especializado para incluir mini y macro computadoras como elementos de red, ya que no son limitadas a espacio geográfico para establecer comunicación entre diferentes tipos de PC. Puede llegar a utilizar enlaces de satélites, fibra óptica, aparatos de rayos infrarrojos y de enlaces. Brinda mayor velocidad entre las múltiples sedes de la organización.

La optimización WAN permite aumentar la velocidad de la red entre localizaciones remotas, acelerando la transferencia de ficheros y de muchas aplicaciones como correo, entre otras.

Se conseguirá una velocidad mayor en la red WAN, debido a que las aplicaciones tendrán un mejor rendimiento ya que para esto se hace uso de las técnicas para la optimización WAN como por ejemplo la técnica de compresión.

### **11.4 Desventajas de los optimizadores WAN**

Los equipos deben tener gran capacidad de memoria, si se desea que el acceso sea rápido. Poca seguridad en las computadoras como infección de virus, eliminación de programas, etc. Además una de las principales desventajas es que el costo de los equipos es muy elevado.

### **11.5 Beneficios de los optimizadores WAN**

Las empresas cada vez se unen para utilizar redes WAN para dar conectividad a diferentes instalaciones y soporte a numerosos servicios, equipándolo a funcionalidades y requerimientos a las redes LAN internas.

Uno de estos servicios es el acceso a aplicaciones y bases de datos.

Debido a que los servidores están afianzados y localizados en instalaciones remotas y no son accesibles a través de la LAN.

Esta consolidación de servidores contribuye ventajas positivas a las organizaciones, pero también transporta problemas, como una menor velocidad de acceso a los datos y de ejecución de las aplicaciones.

En muchos equipos de sistemas quieren averiguar si existe la manera de que la velocidad de acceso por WAN no difiera mucho de la LAN, sin que esto requiera incrementar los costos. La solución que se presentaba de forma inmediata era incrementar el ancho de banda, aunque resulta muy costoso y muchas de las veces económicamente inviable.

Sin embargo, este problema en la actualidad se lo puede solucionar por medio de una nueva tecnología que se la conoce como aceleración de aplicaciones WAN, que permite optimizar el rendimiento de las aplicaciones a través de las redes WAN.

Gracias a esta innovadora tecnología es posible asegurar el nivel de servicio de una aplicación extremo a extremo, disponer de una completa transparencia del tráfico WAN y además gestionarlo de forma sencilla pero eficiente a la vez.

### **11.6 Funcionamiento de los optimizadores WAN**

Para lograr optimizar el ancho de banda se utilizan equipos optimizadores que analizan el tráfico en pequeños bloques y crean patrones que se almacenan. Si en algún instante la misma información vuelve a ser transmitida por el equipo, en lugar de volver a transmitir todos los bits, simplemente se envía una referencia de los patrones. El equipo optimizador que se encuentra en el otro extremo recibe la referencia y la reemplaza por todo el tráfico al que ésta representa.

Estos equipos optimizadores no deben ser confundidos con otros equipos que realizan funciones similares, pero son muy diferentes en su funcionamiento, como las cachés, los compresores de tráfico y los traffic shapers.

Los traffic-shapers, por su parte, no reducen la cantidad de información transmitida, sino que aprovechan momentos de exceso de ancho de banda para enviar la información.

A diferencia de las cachés y los compresores, si un texto ha sufrido una pequeña modificación, los optimizadores enviarán sólo la modificación y las referencias a los bloques ya enviados, mientras que las cachés y los compresores vuelven a transmitir toda la información.

Los beneficios en cuanto a optimización no se limitan a reducir el ancho de banda necesario para un determinado nivel de servicio, sino que incluyen también elementos de valor añadido como aceleración de determinadas aplicaciones, capacidad de unificar y securizar servicios, QoS (Calidad de Servicio), obtención de informes y estadísticas sobre tráfico de red y gestión centralizada de la infraestructura.

## **11.7 Tecnología usada por los Aceleradores de Riverbed**

### **11.7.1 Tecnología SteelHead**

SteelHead es una nueva tecnología en la que un dispositivo Steelhead se ubica en un centro de datos y otro dispositivo se ubica en el borde. Steelhead trabaja con cualquier red WAN, ya que se encuentra detrás de los routers, que terminan la WAN en cada extremo. A peor rendimiento de la WAN y a mayor distancia entre los lugares que se conecten, mayor será el efecto de optimización WAN de Steelhead en el rendimiento.

La tecnología SteelHead analiza cada paquete según van entrando y saliendo del router. Desde este punto, el Sistema de Optimización de Riverbed (RIOS<sup>®</sup>), que es el software que potencia el SteelHead, utiliza una combinación de tres tecnologías para aumentar el rendimiento de la WAN. (Riverbed, Octubre 2014, <http://www.riverbed.com/products/wan-optimization/>)

#### **11.7.1.1 Racionalización de datos (Data streamlining)**

- **No reenviar datos redundantes:** El proceso de de-duplicación de datos elimina bytes de la WAN. Los datos que se acceden repetidamente por los usuarios a través de WAN no son enviados repetidamente. En cambio,

pequeñas referencias de 16 bytes se envían para permitir al dispositivo Steelhead saber que estos datos ya se han sido enviados y se pueden re-ensamblar localmente. Una vez enviado, estos datos nunca necesitan ser enviados de nuevo.

- **Referenciación de datos escalable:** Un usuario al descarga un documento desde un servidor de archivos, la tecnología Steelhead ve el archivo en los lugares de envío y recepción y rompe el documento en paquetes y los almacena. Si el usuario modifica el documento y lo envía por correo electrónico a 10 colegas en la ubicación original del archivo. En este caso, los únicos datos enviados a través de la WAN son los pequeños cambios realizados en el documento y las referencias de 16 bytes donde se indica al dispositivo Steelhead, en el otro extremo, la forma de volver a re-ensamblar el documento.
- **Los datos son datos:** Sin importar el formato o aplicación de donde vienen los datos son datos. Eso significa una reducción en lo que necesita ser enviado a través de la WAN. Por ejemplo, las palabras "el" y "a" aparecen en los archivos de varias aplicaciones, estos bytes tienen el mismo aspecto y por lo tanto no necesitan ser enviados. Este tipo de de-duplicación puede quitar 65-95% de bytes que se transmiten por la red WAN.

#### 11.7.1.2 Racionalización de transporte (Transport streamlining)

- **Optimización de transporte:** Racionalización de transporte hace más eficiente a TCP, lo que significa menos información y menos viajes de ida y vuelta. Por ejemplo, TCP tradicional hace lo que se conoce como un "proceso de lento comienzo," donde se envía la información en pequeños trozos y sigue enviando trozos cada vez más grandes hasta que el servidor de recepción no puede manejar el tamaño del fragmento. Entonces se comienza de nuevo como al principio y repite el proceso. La optimización de transporte evita el reinicio y sólo busca el tamaño óptimo de paquetes y envía paquetes sólo en ese tamaño.
- **Combinar racionalización de datos con racionalización del transporte para una mayor eficacia WAN:** Gracias a la racionalización en el transporte,

se hacen menos viajes de ida y vuelta (una reducción de hasta el 98%), y se envían más datos por viaje. Esto se suma a un caudal mucho más alto. Pero es más que eso, porque un solo paquete virtualmente puede llevar megabytes de datos re-empacando la carga útil con referencias de 16 bytes en lugar de datos repetitivos.

### 11.7.1.3 Racionalización de aplicación

Por último, racionalización de aplicación está especialmente afinada para una creciente lista de protocolos de aplicación que incluyen CIFS, HTTP, HTTPS, MAPI, NFS y SQL. Estos módulos específicos entienden el “chattiness” de cada protocolo y trabajan para mantener la conversación en la LAN, donde “chattiness” no es un factor, por lo que no crea latencia, antes de realizar transmisiones a través de la WAN.

## 11.8 Especificaciones de los equipos Riverbed

### Model Specifications: Riverbed Steelhead xx50 Series Appliances

Steelhead Appliances are available in a range of different models to suit the needs of any office.

Model	Small Office Steelhead			Mid-Size Office Steelhead						2050 Series		
	250 Series			550 Series		1050 Series			2050 Series			
Configurations	L	M	H	M	H	U	L	M	H	L	M	H
Profile	Desktop			Desktop			1U			1U		
Upgradeable to	250-M/H	250-H	-	550-H	-	-	1050-M/H	1050-H	-	2050-M/H	2050-H	-
Total Throughput Capacity <sup>a</sup>	1 Mbps	1 Mbps	2 Mbps	2 Mbps	4 Mbps	4 Mbps	8 Mbps <sup>c</sup>	10 Mbps <sup>c</sup>	20 Mbps <sup>c</sup>	45 Mbps <sup>b</sup>		
Optimized TCP and UDP flows <sup>d</sup>	30	125	200	300	600	600	800	1,300	2,300	2,500	4,000	6,000
Raw Capacity	120 GB			160 GB		250 GB	250 GB			500 GB		
Data Store Capacity	40 GB			80 GB		100 GB	100 GB			200 GB		
RSP Partition <sup>k</sup>	55 GB			55 GB		100 GB	100 GB (Default) 200 GB (RAID)			200 GB		
RSP 64 Bit Packages	No						Yes			Yes		
Storage Fault Tolerance	-			-			Optional RAID			RAID		
Front Swappable Drives	-			-			1	1 (default) 4 <sup>o</sup> (RAID)		2 (default) 4 <sup>o</sup> (RAID)		4 <sup>o</sup>
RAM <sup>m</sup>	1 GB			2 GB		2 GB	2 GB	2 GB	4 GB	6 GB		
Expansion Slots (PCI-e) <sup>h</sup>	-			-			1			1		
Onboard Bypass ports (Copper)	2			-			4			4		
Max # of Bypass Ports	2			-			8			8		

(a) Inbound (WAN to LAN) Steelhead capacity is unrestricted; outbound WAN capacity can be expected up to the amount listed. On the 2050, 5050, and 6050, total WAN capacity equals inbound traffic + outbound traffic

(b) No enforced optimized WAN bandwidth limit

(c) For Data Center to Data Center workloads, WAN capacity is up to 1 Gbps. For DC to remote office workloads, recommended WAN capacity is up to 622 Mbps

(d) TCP and UDP flows can be expected up to the amount listed

(e) No PFS support

(f) Data store uses fault tolerant striped configuration

(g) Hot swappable disks

(h) Optional Network Bypass cards: Dual and Quad LX and SX GigE Fiber GigE, Quad Copper GigE, Dual 10GbE SR/LR

(k) Raw disk capacity allocated to the RSP partition. About 7GB is used by RSP package and filesystem. Partner packages need additional storage (based on the size of the package)

(m) RSP requires additional 2GB of memory, 6050 requires 4GB, 7050 requires 8GB. RSP packages on the 550 are limited to 1.5GB memory since the software is unable to use the full 2GB of additional memory.

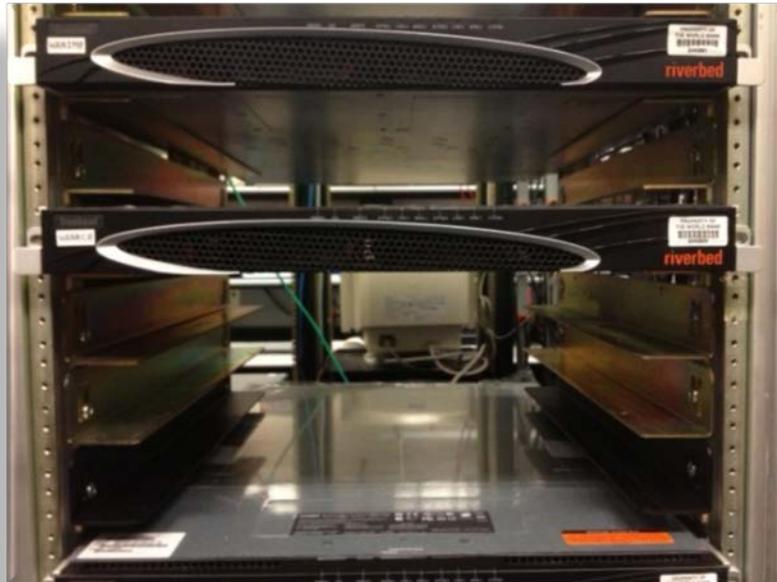
(n) Over 4Gbps of LAN performance with 2.5X data reduction when configured to use jumbo Ethernet frames.

(o) The 5050L and the 1050 B/W increases require RIOS 5.5.7 or 6.0.2 onwards

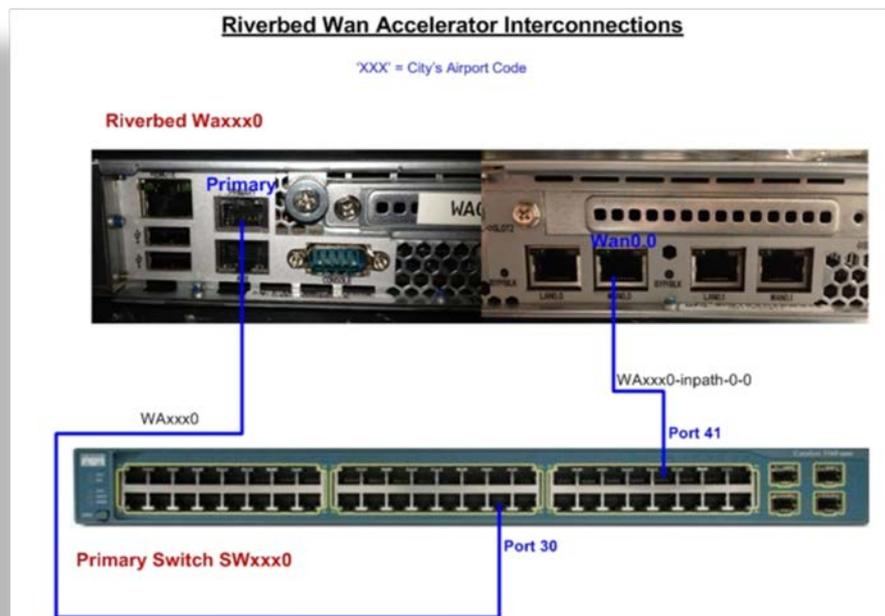
(p) Multiple inpath interfaces were used to achieve this throughput. Up to 40Gbps throughput (rx+tx traffic). Requires version INT 3.0 with XBridge enabled. WCCP and PBR configurations are not supported when XBridge is enabled.

## 12. Aplicación del modelo propuesto

### 12.1 Equipo optimizador WAN de Riverbed instalado en el rack principal.



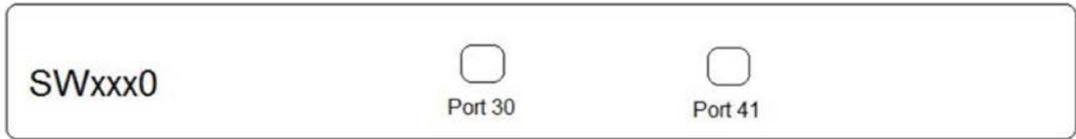
### 12.2 Conexión del Acelerador Riverbed con el Switch primario



### 12.3 Vista posterior de los puertos en el equipo

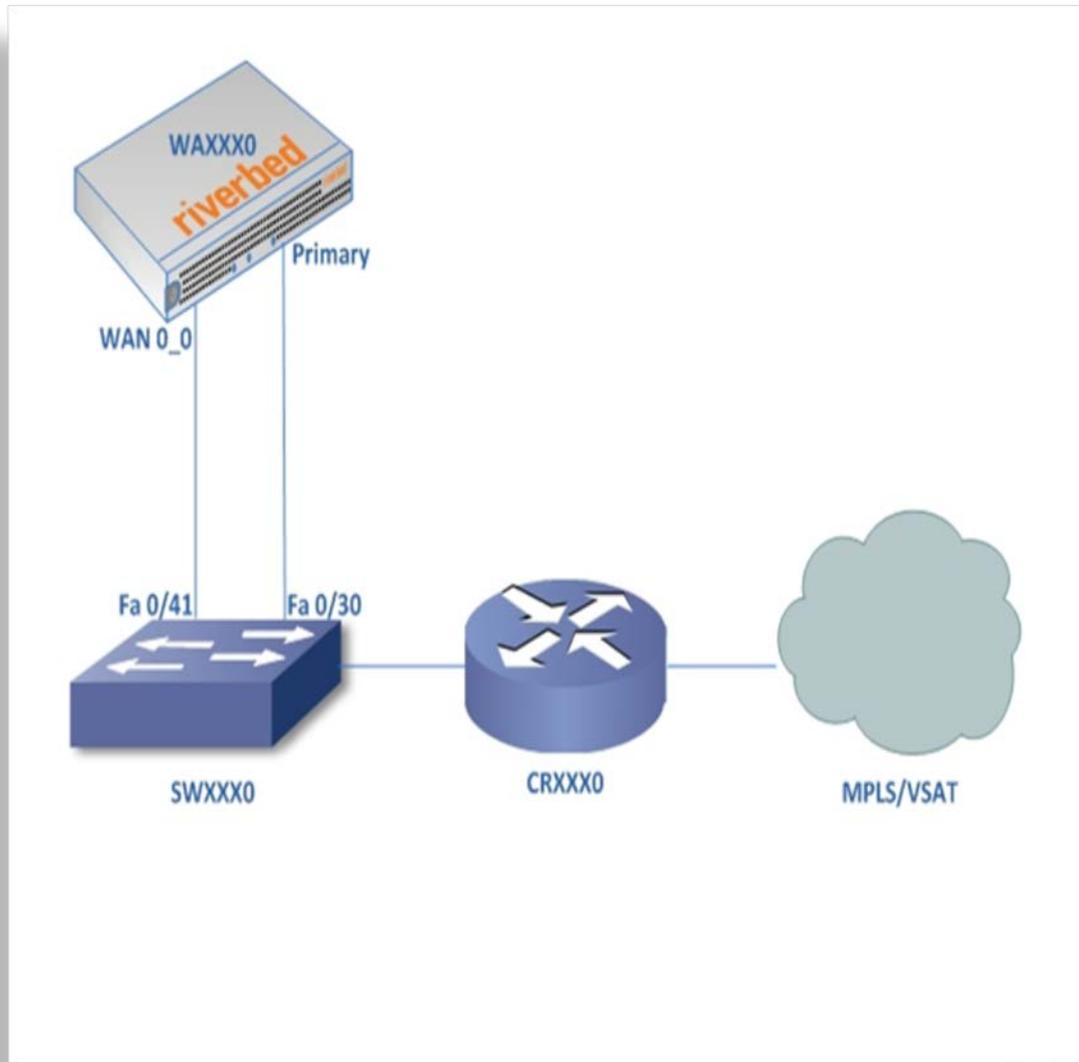


### 12.4 Slots disponibles en el equipo



## 12.5 Diagrama de conectividad WAN

12.6



### **13. Pruebas realizadas con el optimizador Riverbed StellHead.**

Estas pruebas se las ha dividido en 7 pruebas con un total de veinte pasos, los pasos del uno al veinte, se deben realizar antes y después de la instalación del acelerador WANx de Riverbed; preferiblemente realizar la prueba utilizando dos cuentas de usuario diferentes y se deben usar dos equipos diferentes.

#### **13.1 Prueba 1 – Tiempo de acceso a la página principal de la intranet**

- Paso 1: Abrir la página web principal de intranet de la institución.
- Paso 2: Medir el tiempo que toma que la página se cargue totalmente.

#### **13.2 Prueba 2 - Tiempo de acceso a una página web de la intranet**

- Paso 3: Abrir la página web “TRAVEL” desde la intranet de la institución.
- Paso 4: Medir el tiempo que toma que la página se cargue totalmente.

#### **13.3 Prueba 3 – Tiempo de acceso a una segunda página web de la intranet**

- Paso 5: Abrir la página web “TRS” desde la intranet de la institución.
- Paso 6: Medir el tiempo que toma que la página se cargue totalmente.

#### **13.4 Prueba 4 – Tiempo de copia de un archivo desde un servidor en el HUB a un disco local.**

- Paso 7: Conectarse a un drive de red ubicado en el HUB, *W:\WanX test\*.
  - Paso 8: Realizar una búsqueda dentro de uno de los folders dentro del drive de red.
  - Paso 9: Luego realizar la copia de un documento desde el drive de red en el HUB hasta un disco local en el computador local. *TestDoc.docx*.
  - Paso 10: Medir cuanto tiempo toma la copia del archivo.
- No tomar en cuenta el tiempo indicado por el Sistema operativo sino realizar la prueba con un cronometro.

### **13.5 Prueba 5 – Tiempo de copia de un archivo desde un servidor en el HUB a un disco local.**

- Paso 11: Renombrar el mismo archivo que fue copiado al drive local por *TestDoc-COName.docx*.
  - Paso 12 Copiarlo al drive de red, a la misma carpeta de donde fue tomado, *W:\WanX test*.
  - Paso 13: Medir cuanto tiempo toma la copia del archivo.
- No tomar en cuenta el tiempo indicado por el Sistema operativo sino realizar la prueba con un cronometro.

### **13.6 Prueba 6 - Copia de segundo archivo desde un disco local a un servidor en el HUB.**

- Paso 14: Renombrar el archivo del drive local *TestDoc-COName.docx* por *TestDoc-COName Modified.docx*.
  - Paso 15: Abrir en Word el archivo renombrado y borrar las 2 primeras páginas.
  - Paso 16: Grabar el archivo en el drive local.
  - Paso 17: Copiarlo al drive de red, a la misma carpeta de donde fue tomado.
  - Paso 18: Medir cuanto tiempo toma la copia del archivo.
- No tomar en cuenta el tiempo indicado por el Sistema operativo sino realizar la prueba con un cronometro.
  - Al final de este paso se habrán copiado 2 archivos al drive de red.

### **13.7 Prueba 7 - Tiempo para abrir una aplicación web de la institución**

- Paso 19: Abrir la aplicación web “OPE” de la institución.
- Paso 20: Medir el tiempo que toma desde que se da click en el icono hasta que la página está totalmente cargada.

### 13.8 Criterio de selección de los países

Este modelo se lo aplicó a todos los países, sin embargo para realizar este análisis solo se tomó una muestra de ocho países, la selección ha sido realizada tomando en cuenta factores como el tipo de conexión y el tipo de equipo Riverbed instalado.

Adicionalmente se ha tomado en cuenta la ubicación geográfica del país, de tal manera que se incluyen países de las siguientes regiones donde tiene presencia el Organismo Internacional objeto de este análisis. La Tabla 4 muestra los países seleccionados.

- Latinoamérica
- África
- Asia del Este
- Asia del Sur

País	Conexión	Modelo de Riverbed
<b>Argentina</b>	MPLS	1050M
<b>Perú</b>	MPLS	1050M
<b>Pakistán</b>	MPLS	1050M
<b>Burundi</b>	VSAT	1050L
<b>CAR</b>	VSAT	1050L
<b>Zambia</b>	VSAT	1050L
<b>Sudan-Khartoum</b>	VSAT	1050L
<b>China</b>	MPLS	1050H

Tabla 4. Tabla de países seleccionados para las pruebas

### 14. Resultados de la prueba

Los resultados de las pruebas y los cálculos de la optimización detallan el país donde se realizó la prueba, el tiempo que tomó la prueba con el Usuario A y el tiempo que tomó la prueba con el Usuario B; estas pruebas se realizaron antes de la instalación del equipo de optimización de WAN Riverbed. El cálculo de la

optimización se lo realiza por pregunta y dentro de cada pregunta por cada país y por cada usuario.

## 14.1 Resultados consolidados por prueba

### 14.1.1 Resultado prueba 1 – Tiempo de acceso a la página principal de la intranet

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
1	ARGENTINA	0.04	0.03	0.04	0.03	0%	0%
	BURUNDI	0.15	0.13	0.1	0.09	33%	31%
	CAR	0.23	0.14	0.12	0.09	48%	36%
	CHINA	0.06	0.05	0.04	0.03	33%	40%
	PAKISTAN	0.07	0.1	0.07	0.04	0%	60%
	PERÚ	0.05	0.04	0.03	0.04	40%	0%
	SUDAN	0.08	0.07	0.04	0.06	50%	14%
	Zambia	0.17	0.16	0.07	0.07	59%	56%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>33%</b>	<b>30%</b>

### 14.1.2 Resultado prueba 2 - Tiempo de acceso a una página web de la intranet

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
2	ARGENTINA	0.09	0.12	0.13	0.1	-44%	17%
	BURUNDI	0.34	0.36	0.25	0.25	26%	31%
	CAR	1.04	0.4	0.24	0.2	77%	50%
	CHINA	0.11	0.12	0.1	0.09	9%	25%
	PAKISTAN	0.06	0.13	0.11	0.07	-83%	46%
	PERÚ	0.05	0.09	0.05	0.05	0%	44%
	SUDAN	0.29	0.35	0.38	0.24	-31%	31%
	Zambia	0.44	0.47	0.1	0.2	77%	57%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>4%</b>	<b>38%</b>

**14.1.3 Resultado prueba 3 – Tiempo de acceso a una segunda página web de la intranet**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
3	ARGENTINA	0.12	0.13	0.14	0.11	-17%	15%
	BURUNDI	0.25	0.27	0.15	0.17	40%	37%
	CAR	0.37	0.45	0.34	0.16	8%	64%
	CHINA	0.26	0.07	0.32	0.12	-23%	-71%
	PAKISTAN	0.1	0.14	0.07	0.08	30%	43%
	PERÚ	0.12	0.13	0.1	0.1	17%	23%
	SUDAN	0.12	0.16	0.11	0.13	8%	19%
	Zambia	0.4	0.35	0.13	0.2	68%	43%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>16%</b>	<b>22%</b>

**14.1.4 Resultado prueba 4 – Tiempo de copia de un archivo desde un servidor en el HUB a un disco local.**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
4	ARGENTINA	0.08	0.09	0.03	0.02	63%	78%
	BURUNDI	1.05	1.08	0.12	0.15	89%	86%
	CAR	4.11	4.08	0.49	0.05	88%	99%
	CHINA	0.2	0.33	0.13	0.13	35%	61%
	PAKISTAN	3.05	3.12	0.33	0.08	89%	97%
	PERÚ	0.05	0.1	0.02	0.01	60%	90%
	SUDAN	1.27	0.54	0.11	0.01	91%	98%
	Zambia	1.25	0.48	0.26	0.04	79%	92%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>74%</b>	<b>88%</b>

**14.1.5 Resultado prueba 5 – Tiempo de copia de un archivo desde un servidor en el HUB a un disco local.**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	Δ User A	Δ User B
5	ARGENTINA	0.16	0.07	0.02	0.03	88%	57%
	BURUNDI	1.17	1.13	0.13	0.12	89%	89%
	CAR	1.33	5.41	0.23	3.05	83%	44%
	CHINA	0.44	0.27	0.12	0.09	73%	67%
	PAKISTAN	3.52	3.25	0.1	0.05	97%	98%
	PERÚ	0.07	0.1	0.02	0.01	71%	90%
	SUDAN	2.4	1.28	0.1	0.15	96%	88%
	Zambia	1.4	1	0.15	0.08	89%	92%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>86%</b>	<b>78%</b>

**14.1.6 Resultado prueba 6 - Copia de un segundo archivo desde un disco local a un servidor en el HUB.**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	Δ User A	Δ User B
6	ARGENTINA	0.08	0.07	0.02	0.03	75%	57%
	BURUNDI	1.1	1.05	0.12	0.1	89%	90%
	CAR	1.41	5.52	0.07	0.15	95%	97%
	CHINA	0.37	0.27	0.13	0.08	65%	70%
	PAKISTAN	3.46	3.02	0.06	0.04	98%	99%
	PERÚ	0.05	0.1	0.02	0.02	60%	80%
	SUDAN	2.22	1.21	0.15	0.18	93%	85%
	Zambia	1.08	0.55	0.09	0.1	92%	82%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>83%</b>	<b>83%</b>

#### 14.1.7 Resultado prueba 7 - Tiempo para abrir una aplicación web de la institución

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
7	ARGENTINA	0.16	0.16	0.1	0.08	38%	50%
	BURUNDI	5.3	5.55	0.45	0.48	92%	91%
	CAR	5.32	6.12	0.22	0.45	96%	93%
	CHINA	2.3	2.3	1.18	0.59	49%	74%
	PAKISTAN	3.01	3.5	0.2	0.15	93%	96%
	PERÚ	0.03	0.04	0.03	0.02	0%	50%
	SUDAN	0.32	0.31	0.31	0.31	3%	0%
	Zambia	0.35	0.34	0.26	0.24	26%	29%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>49%</b>	<b>60%</b>

#### 14.2 Resultados consolidados país

##### ARGENTINA:

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
1	ARGENTINA	0.04	0.03	0.04	0.03	0%	0%
2		0.09	0.12	0.13	0.1	-44%	17%
3		0.12	0.13	0.14	0.11	-17%	15%
4		0.08	0.09	0.03	0.02	63%	78%
5		0.16	0.07	0.02	0.03	88%	57%
6		0.08	0.07	0.02	0.03	75%	57%
7		0.16	0.16	0.1	0.08	38%	50%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>29%</b>	<b>39%</b>

**BURUNDI**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
1	BURUNDI	0.15	0.13	0.1	0.09	33%	31%
2		0.34	0.36	0.25	0.25	26%	31%
3		0.25	0.27	0.15	0.17	40%	37%
4		1.05	1.08	0.12	0.15	89%	86%
5		1.17	1.13	0.13	0.12	89%	89%
6		1.1	1.05	0.12	0.1	89%	90%
7		5.3	5.55	0.45	0.48	92%	91%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>65%</b>	<b>65%</b>

**CAR:**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
1	CAR	0.23	0.14	0.12	0.09	48%	36%
2		1.04	0.4	0.24	0.2	77%	50%
3		0.37	0.45	0.34	0.16	8%	64%
4		4.11	4.08	0.49	0.05	88%	99%
5		1.33	5.41	0.23	3.05	83%	44%
6		1.41	5.52	0.07	0.15	95%	97%
7		5.32	6.12	0.22	0.45	96%	93%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>71%</b>	<b>69%</b>

**CHINA:**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
1	CHINA	0.06	0.05	0.04	0.03	33%	40%
2		0.11	0.12	0.1	0.09	9%	25%
3		0.26	0.07	0.32	0.12	-23%	-71%
4		0.2	0.33	0.13	0.13	35%	61%
5		0.44	0.27	0.12	0.09	73%	67%
6		0.37	0.27	0.13	0.08	65%	70%
7		2.3	2.3	1.18	0.59	49%	74%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>34%</b>	<b>38%</b>

**PAKISTAN:**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
1	PAKISTAN	0.07	0.1	0.07	0.04	0%	60%
2		0.06	0.13	0.11	0.07	-83%	46%
3		0.1	0.14	0.07	0.08	30%	43%
4		3.05	3.12	0.33	0.08	89%	97%
5		3.52	3.25	0.1	0.05	97%	98%
6		3.46	3.02	0.06	0.04	98%	99%
7		3.01	3.5	0.2	0.15	93%	96%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>46%</b>	<b>77%</b>

**PERÚ:**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
1	PERÚ	0.05	0.04	0.03	0.04	40%	0%
2		0.05	0.09	0.05	0.05	0%	44%
3		0.12	0.13	0.1	0.1	17%	23%
4		0.05	0.1	0.02	0.01	60%	90%
5		0.07	0.1	0.02	0.01	71%	90%
6		0.05	0.1	0.02	0.02	60%	80%
7		0.03	0.04	0.03	0.02	0%	50%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>35%</b>	<b>54%</b>

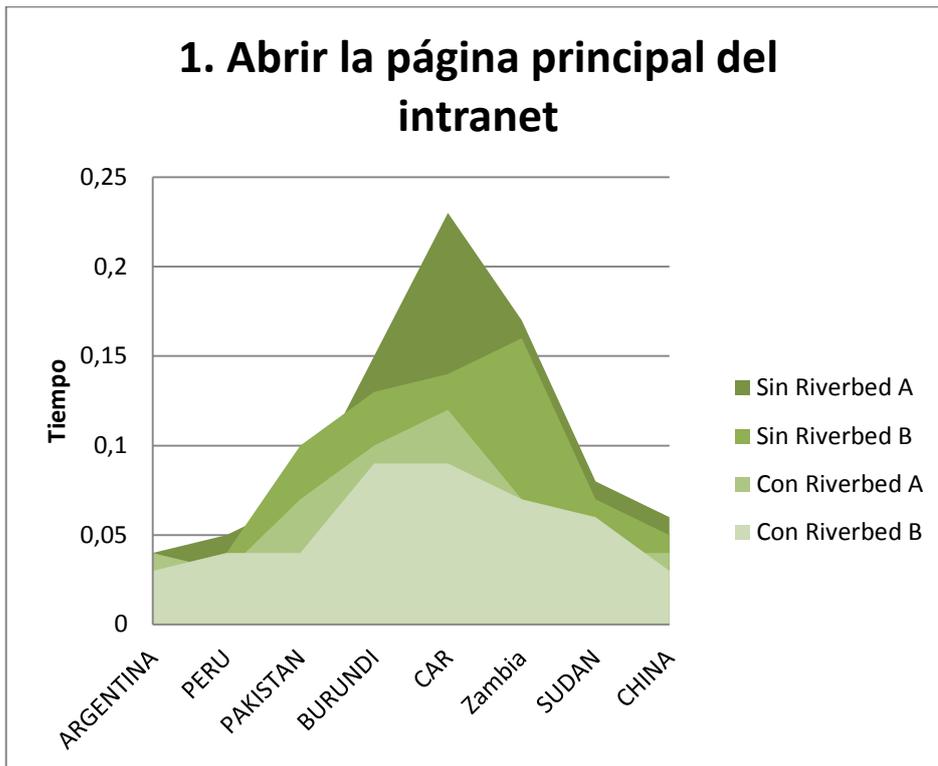
**SUDAN:**

PRUEBA	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	$\Delta$ User A	$\Delta$ User B
1	SUDAN	0.08	0.07	0.04	0.06	50%	14%
2		0.29	0.35	0.38	0.24	-31%	31%
3		0.12	0.16	0.11	0.13	8%	19%
4		1.27	0.54	0.11	0.01	91%	98%
5		2.4	1.28	0.1	0.15	96%	88%
6		2.22	1.21	0.15	0.18	93%	85%
7		0.32	0.31	0.31	0.31	3%	0%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>44%</b>	<b>48%</b>

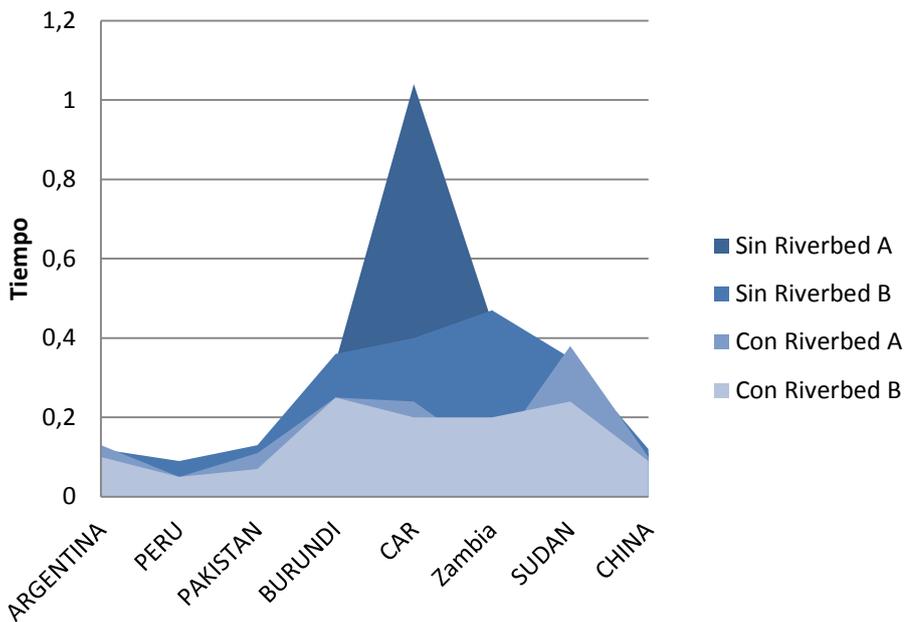
**ZAMBIA:**

	PAÍS	Tiempo antes de Riverbed (seg)		Tiempo después de Riverbed (seg)		Optimización	
		User A	User B	User A	User B	Δ User A	Δ User B
1	ZAMBIA	0.17	0.16	0.07	0.07	59%	56%
2		0.44	0.47	0.1	0.2	77%	57%
3		0.4	0.35	0.13	0.2	68%	43%
4		1.25	0.48	0.26	0.04	79%	92%
5		1.4	1	0.15	0.08	89%	92%
6		1.08	0.55	0.09	0.1	92%	82%
7		0.35	0.34	0.26	0.24	26%	29%
<b>Promedio de mejora:</b>						<b>70%</b>	<b>64%</b>

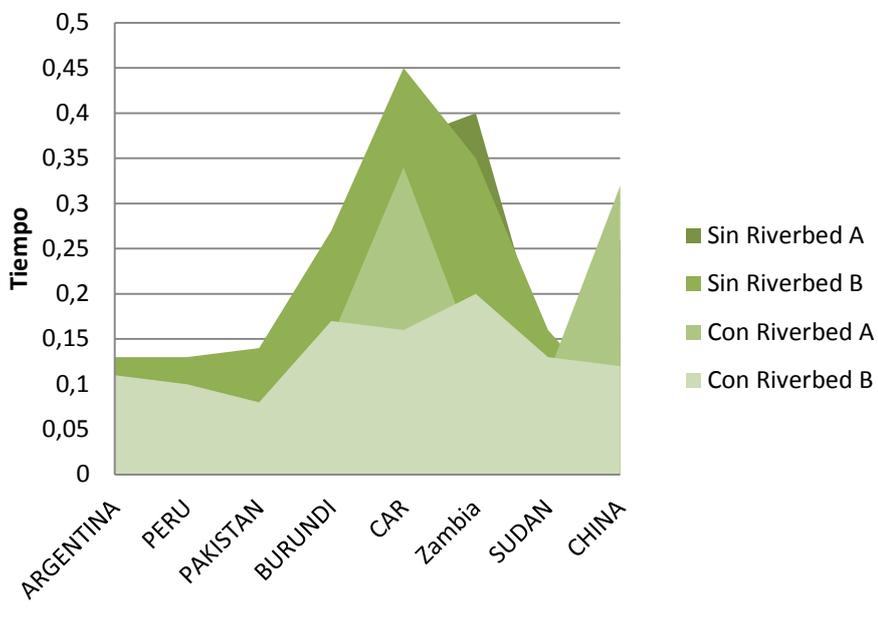
**14.3 Comparación gráfica de los resultados**



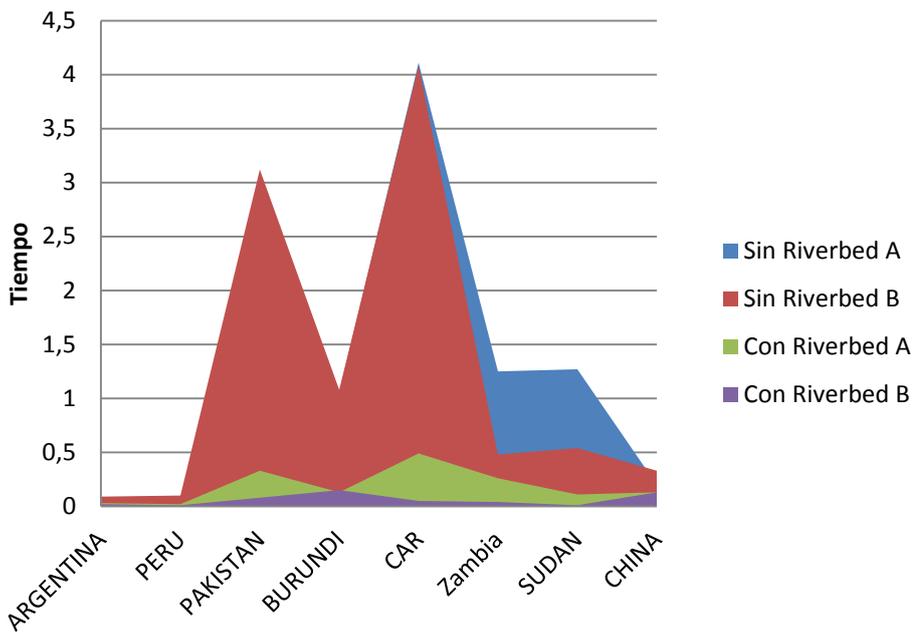
## 2. Abrir una página web del intranet



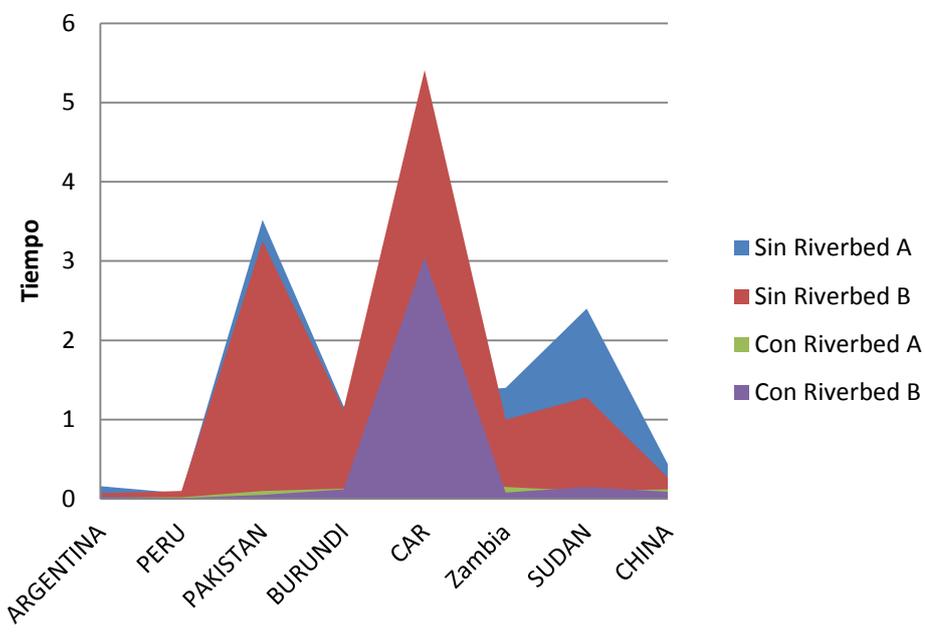
## 3. Abrir una aplicación web del intranet



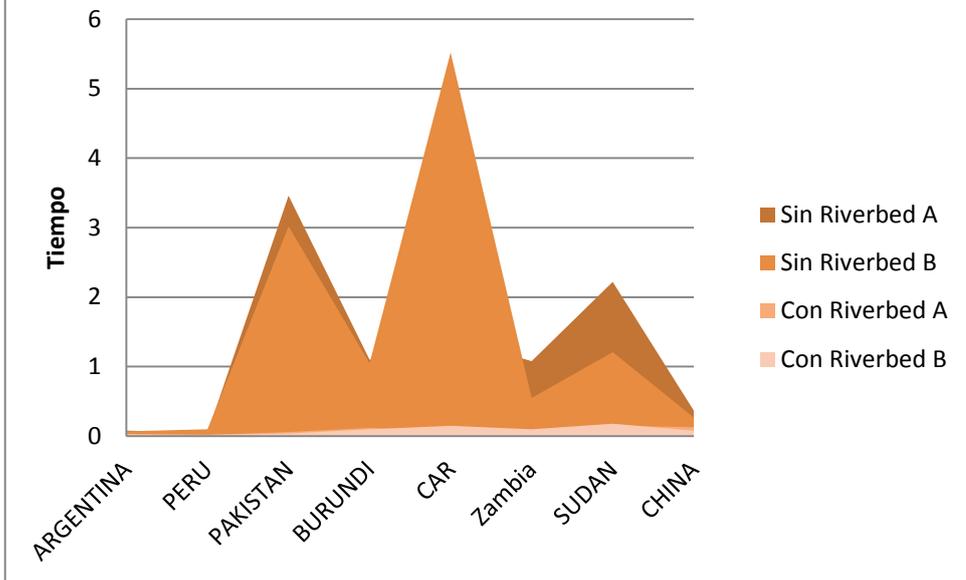
#### 4. Copiar archivo de un drive de red



#### 5. Copiar archivo a un drive de red



## 6. Copiar un archivo modificado a un drive de red



## 7. Abrir una aplicación



#### 14.4 Resultados generales por prueba

	Usuario A	Usuario B	Promedio A y B
<b>Prueba 1:</b>	33%	30%	<b>31%</b>
<b>Prueba 2:</b>	4%	38%	<b>21%</b>
<b>Prueba 3:</b>	16%	22%	<b>19%</b>
<b>Prueba 4:</b>	74%	88%	<b>81%</b>
<b>Prueba 5:</b>	86%	78%	<b>82%</b>
<b>Prueba 6:</b>	83%	83%	<b>83%</b>
<b>Prueba 7:</b>	49%	60%	<b>55%</b>
<b>PROMEDIO GENERAL</b>	<b>49%</b>	<b>57%</b>	<b>53%</b>

#### 14.5 Resultados generales por país, tipo de conexión y equipo utilizado

	Promedio usuario A y B		Tipo de Enlace	Modelo de Equipo
<b>Argentina:</b>	29%	39%	MPLS	1050M
<b>Burundi:</b>	<b>65%</b>	<b>65%</b>	VSAT	1050L
<b>CAR:</b>	<b>71%</b>	<b>69%</b>	VSAT	1050L
<b>China:</b>	<b>34%</b>	<b>38%</b>	MPLS	1050H
<b>Pakistán:</b>	<b>46%</b>	<b>77%</b>	MPLS	1050M
<b>Perú:</b>	<b>35%</b>	<b>54%</b>	MPLS	1050M
<b>Sudan:</b>	<b>44%</b>	<b>48%</b>	VSAT	1050L
<b>Zambia:</b>	<b>70%</b>	<b>64%</b>	VSAT	1050L
<b>PROMEDIO MEJORA GENERAL:</b>	<b>49%</b>	<b>57%</b>	<b>= 53%</b>	

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos identificar que la optimización que se logró luego de la instalación del acelerador WAN, alcanza un promedio de más del 50%, lo que demuestra la hipótesis planteada de que se puede optimizar una red únicamente instalado un dispositivo acelerador de WAN, que a su vez evitan la subida en los costos mensuales por disminuir la necesidad en el incremento en el ancho de banda.

Promedio General por prueba =

## Recomendaciones

El porcentaje de optimización en la prueba dos, es bastante disparejo, lo que hace concluir que el personal encargado de recolectar los datos, no siguió las instrucciones en forma apropiada o que las instrucciones no fueron suficientemente claras. Se recomienda volver a ejecutar esta prueba luego de hacer una revisión de las instrucciones de la misma.

Para tener una mejor comparación, se debe especificar para todas las pruebas, cuantos decimales deben ser tomados en cuenta para los resultados proporcionados.

## Referencias Bibliográficas

[1] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013–2018.

[2] Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2013–2018.

[3] Cisco Networking Academy, Connecting Networks, Companion Guide, 2014

[4] Dr. J.S. Chitode. Analog and Digital Communication, (2009).

[5] Gaurav Shah, Andrés Molina y Matt Blaze, Department of Computer and Information Science, University of Pennsylvania, Keyboards and Covert Channels, <http://crypto.com/papers/jbug-Usenix06-final.pdf>, documento tomado del sitio web en Octubre 2014.

[6] Douglas E. Comer, Computers and Internets, fifth edition, 2009.

[7] Dataroam, ¿What is mobile data?, <http://www.dataroam.co.uk/pages/what-is-mobile-data>, Obtenida en Noviembre 2014.

[8] Andrew S. Tanenbaum y Todd Austin, Structured Computer Organization, 5th edition, 2013.

[9] Dana Shirley Cepeda Rueda, Redes Locales Básicas, Manual de las redes de datos, <http://en.calameo.com/read/003398485ec81aad1e73d>, Obtenida en Noviembre 2014.

[10] Wikipedia, Network Performance, [http://en.wikipedia.org/wiki/Network\\_performance](http://en.wikipedia.org/wiki/Network_performance), Obtenida el 10 de Octubre del 2014.

[11] Wikipedia, Modelo OSI, [http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_OSI](http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI), tomado el 11 de Diciembre del 2014.

[12] PRAKASH C. GUPTA , DATA COMMUNICATIONS AND COMPUTER NETWORKS, (2006).

[13] Dayan Adionel Guimaraes, Signals and Communication Technology, Digital Transmission, (2009).

[14] Wikipedia, Bit rate, <http://en.wikipedia.org/wiki/Bitrate>, Obtenida en Octubre 2014.

[15] A. Alabau y J. Riera, Teleinformática y Redes de Computadores, Segunda Edición, (1992).

[16] Julio César García Álvarez, Comunicaciones II, [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040051/html/capitulos/cap\\_i/tasa\\_informacion.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040051/html/capitulos/cap_i/tasa_informacion.html), Obtenido en Noviembre 2014.

[17] Andrew S. Tanenbaum, Computer Networks, Fourth Edition, 2003

[18] James D. MacCabe, Network Analysis, Architecture, and Design, Third Edition (The Morgan Kaufmann Series in Networking), (2007)

[19] D. Newman, Data Communications, Network Working Group, <http://tools.ietf.org/pdf/rfc2647.pdf>, (1999).

[20] Michael Wolfe, Las ventajas y desventajas de Internet dial-up, [http://www.ehowenespanol.com/ventajas-desventajas-internet-dialup-lista\\_328041/](http://www.ehowenespanol.com/ventajas-desventajas-internet-dialup-lista_328041/), Obtenida en Noviembre 2014.

[21] Javier Naufredo Suarez Armijos, Tesis de Ingeniería de Sistemas, Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, 2012.

[22] Wikipedia, Network Perfomance, [http://en.wikipedia.org/wiki/Network\\_performance](http://en.wikipedia.org/wiki/Network_performance), Obtenido en Diciembre 2014.

[23] Avinash Prasad, Learning approach to link adaptation in Wireless MAN, 2005.

[24] Riverbed, Specification Sheet, [http://media-cms.riverbed.com/documents/SpecSheet-Riverbed-FamilyProduct\\_xx50.pdf](http://media-cms.riverbed.com/documents/SpecSheet-Riverbed-FamilyProduct_xx50.pdf), Obtenida en Octubre 2014.

[25] Cisco Networking Academy Connecting Networks Companion Guide: Connecting to the WAN, (May 2014).