



## Influencia del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismos de transición de Ipv4 a Ipv6

Influence of the volume of traffic on performance in transition mechanisms from Ipv4 to Ipv6

**MSc. Marcos Eduardo Pacheco Briceño**

**Termoeléctrica Monay**

[marcoseduardo500@gmail.com](mailto:marcoseduardo500@gmail.com)

**MSc. Geryk R. Nuñez S.**

**Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Ch c n**

[ikeralejonunez@gmail.com](mailto:ikeralejonunez@gmail.com)

### Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la influencia del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismo de transición IPv4 a IPv6. El mismo estuvo sustentado en las teorías de González (2015), Vega (2012), entre otros. La metodología fue de tipo explicativa según los criterios de Hernández, R. Fernández, C y Baptista, P. (2016); mismos postulados utilizados para justificar la población la cual se considera por el rendimiento de la red frente a la variación del volumen del tráfico, y se tomó una muestra de 50 valores en pasos de 200 Kbits/s, por otro lado, se empleó como método de recolección de datos tablas de valores y fichas técnicas. Para el desarrollo procedimental del estudio el investigador 5 fases a saber: Fase I: Selección de los elementos de los escenarios de prueba, Fase II: Diseño de los escenarios de prueba y establecimiento de volúmenes de tráfico, Fase III: Determinación del efecto del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismos de transición de ipv4 a ipv6, Fase IV: Generación de curvas de rendimiento y Fase V: Discusión de resultados. Finalmente, los resultados mostraron que no existe una influencia del volumen de tráfico sobre el rendimiento en los mecanismos de transición IPv4 a IPv6, concluyendo que el medio de transición si afecta directamente a la variable de interés.

**Palabras claves:** rendimiento, volumen de tr ficos, túneles.

### Abstrac

The objective of this work was to determine the influence of traffic volume on performance in the IPv4 to IPv6 transition mechanism. It was supported by the theories of González (2015), Vega (2012), among others. The methodology was explanatory according to the criteria of Hernández, R. Fernández, C and Baptista, P. (2016); The same postulates used to justify the population, which is considered by the performance of the network compared to the variation of the traffic volume, and a sample of 50 values was taken in steps of 200 Kbits / s, on the other hand, it was



used as a method data collection tables of values and technical sheets. For the procedural development of the studies the researcher 5 phases, namely: Phase I: Selection of the elements of the test scenarios, Phase II: Design of the test scenarios and establishment of traffic volumes, Phase III: Determination of the effect of the volume of traffic on performance in mechanisms of transition from ipv4 to ipv6, Phase IV: Generation of performance curves and Phase V: Discussion of results. Finally, the results showed that there is no influence of traffic volume on performance in the mechanisms transition from IPv4 to IPv6, concluding that the transition medium does directly affect the variable of interest.

**Keywords:** performance, traffic volume, tunnels.

### Introducción

Con el avance de la tecnología a nivel mundial, aumentan de manera proporcional los equipos terminales que requieren o pueden ser conectados al internet. Desde un microondas hasta un servidor de algún servicio de internet requieren acceso al internet. Se sabe que el identificador o la manera de ubicar estos terminales en el universo de la internet, es utilizando el protocolo de internet versión 4 o el IPv4, el cual proporciona ese identificador único desde el cual se puede salir hacia la internet o bien, puede llegar (Sanchez, G. 2017).

Ahora bien, a nivel mundial, el efecto de la globalización tecnológica está llegando a cada rincón y aumentando los equipos que necesitan acceso a la internet, esto está generando que las direcciones IPv4 disponibles se est n agotando. Para hacer frente a esa situación se creó la siguiente versión del protocolo de internet, la versión 6 IPv6, que gracias a su estructura puede fácilmente satisfacer el mercado mundial de direcciones IP públicas (Sanchez, G. 2017).

Resuelto el problema de tener disponible más direcciones públicas gracias al IPv6, seguidamente se presentó el problema de implementarla. Muchos de los actuales proveedores de servicio de internet ISP a nivel mundial basan su infraestructura tecnológica solo bajo el IPv4, así como la mayoría de los equipos terminales del lado del cliente/usuario. No es fácil ni rápido realizar este cambio de protocolo, ya que se podría dejar zonas extensas aisladas unas de otras, además de la inversión técnica – económica necesaria para dicha actualización (Sanchez, G. 2017).

Por lo anteriormente expuesto, se han ido desarrollando métodos que permiten ir haciendo paulatinamente esta transición entre el protocolo IPv4 hacia el protocolo IPv6, llamados comúnmente Métodos de transición IPv4 a IPv6. En la presente investigación se discutió la posible Influencia del volumen del tráfico sobre el rendimiento en métodos de transición IP4 a IPv6.

### Metodología

La presente investigación se cataloga como explicativa, ya que el investigador tiene como interés "explicar por qué ocurre un fenómeno y en que condiciones se



manifiesta, o por qué se relacionan dos o mas variables “ (Hernández et.al., 2016, p.108), debido a que permitió establecer la relación entre la variable independiente, la cual es volumen de tráfico con respecto a la variable dependiente, como lo es el rendimiento de la red de datos, adicionalmente se determinó si el volumen de tráfico afecta el rendimiento de la red al utilizar los mecanismos de transición, proporcionando una justificación en la ocurrencia de este fenómeno, para ello se desarrollaron 5 fases basadas en los criterios del investigador Pacheco (2019), el cual ajusta su investigación al procedimiento de diseño para verificar y analizar posteriormente las condiciones de los elementos de los diferentes escenarios del estudio, la cuales se presentan a continuación.

### **Fase I: Selección de los elementos de los escenarios de prueba**

En esta fase se llevó a cabo la selección de cada uno de los componentes, tanto de hardware como de software, necesarios para la creación de los escenarios de prueba, tomando en cuenta todas las pruebas que debieron ser realizadas en el presente estudio para poder alcanzar los resultados deseados. Al igual como lo planteó en su investigación González (2014), se generó una matriz de parámetros de acuerdo a los elementos utilizados en cada escenario de prueba. Dicha matriz tuvo una ponderación entre 0 y 100 puntos por cada uno de los criterios, donde se obtuvo el promedio de la suma de los mismos, para luego determinar los elementos óptimos para la creación de los escenarios de prueba

### **Fase II: Diseño de los escenarios de prueba y establecimiento de volúmenes de tráfico**

En esta fase se realizó el diseño de los escenarios de prueba concernientes a esta investigación. En primera instancia, se diseñaron los escenarios de control y posterior los escenarios evaluados, según el protocolo empleado y la programación de los equipos. En el primer escenario los datos atraviesan la red configurada con protocolo IPv4 de manera dinámica tanto en las estaciones de trabajo como en los dispositivos de enrutamiento, donde estos últimos fueron conectados a través de un router el cual simuló la Internet a través de El proveedor de servicios de Internet, (**ISP**, por las siglas en inglés de **Internet Service Provider**) a través de interfaces fastEthernet con cable UTP cat 5e con una velocidad máxima de 1.000 Mbps.

Un segundo escenario similar al anterior, con protocolo IPv4 de manera dinámica tanto en las estaciones de trabajo como en los dispositivos de enrutamiento, donde estos últimos fueron conectados a través de un ISP real con unas prestaciones teóricas de 10 Mbps. en ambos extremos Un tercer escenario, en este caso de control o referencia, estuvo constituido por los mismos dispositivos presentes en el primer caso, sin embargo, en éste hubo una variación en cuanto al protocolo de direccionamiento utilizado y el proveedor de servicio de internet (ISP), que fue bajo IPv6, el cual de acuerdo a su naturaleza, puede representar cambios significativos en los tiempos de transmisión.



Un cuarto escenario, similar al caso anterior pero bajo un ISP real con direccionamiento IPV6, lo cual por la indisponibilidad en la región de un proveedor de servicios de internet (ISP) bajo esa plataforma el mismo no pudo ejecutarse

Un quinto escenario clasificado como de control, donde se utilizaron los mismos dispositivos, configurando para ello sus respectivas redes LAN con el protocolo IPv6: Las WAN's estuvieron conformada por un enlace configurado y simulado bajo un ISP con IPv4, simulando un enlace suministrado por un proveedor de servicios de telecomunicaciones. De igual manera, este escenario de prueba se realizó a través de interfaces fastEthernet con cable UTP cat 5e con una velocidad máxima de 1.000 Mbps. En dicho enlace se configuró un túnel manual como mecanismo de transición igual que en los casos anteriores, donde los datos transmitidos por las estaciones de trabajo deben atravesar el túnel como protocolo pasajero para llegar al destino

Un sexto escenario donde se utilizaron los mismos dispositivos, configurando para ello sus respectivas redes LAN con el protocolo IPv6: Las WAN's de acceso estuvo conformada por un enlace configurado bajo un ISP con IPv4 y con puntos de accesos remotos, separados geográficamente. De igual manera, este escenario realizó a través de interfaces fastEthernet con cable UTP cat 5e con una velocidad máxima de 1.000 Mbps. En dicho enlace se configuró un túnel manual como mecanismo de transición, donde los datos transmitidos por las estaciones de trabajo deben atravesar el túnel como protocolo pasajero para llegar al destino.

Una vez establecidos los escenarios de prueba, así como también los elementos de hardware y software requeridos para los mismos, se requirió establecer los volúmenes de tráfico necesarios, los cuales se enviaron en uno de los extremos de la red y, al ser recibidos en el otro extremo, estos arrojaron nuevos datos que permitieron crear una matriz con la cual se generó un modelo de comportamiento, determinando el rendimiento obtenido para ciertos volúmenes de tráfico en mecanismos de transición Ipv4 a Ipv6 utilizando túneles manuales.

Los volúmenes de tráfico se obtuvieron empleando un software generador de tráfico con soporte IPv4 e IPV6 denominado lpef-2.0.9-win64 en modo cliente, el cual permiten generar datos desde un dispositivo emisor, hasta un receptor en un destino especificado. El tráfico generado se creó a partir un tamaño inicial de 200 Kbps incrementándose progresivamente en la misma magnitud cada vez, hasta alcanzar un máximo de 10 Mbps con el fin de sobrepasar la capacidad del canal del ISP disponible en la región, todo esto hasta completar 50 valores, los cuales fueron suficientes para delinear el comportamiento del modelo en cada uno de los escenarios de prueba, permitiendo completar la matriz de datos con la cual se realizó el tratamiento estadístico que permitió lograr los objetivos planteados

### **Fase III: Determinación del efecto del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismos de transición de ipv4 a ipv6**

Durante el envió de los datos, los mismos deben ser capturados en el destino especificado, mediante un software analizador de protocolos. Cabe destacar que en esta investigación se contó tanto con lpef-2.0.9-win64 en modo servidor, como con Wireshark como medio de obtención o captura de dichos datos. La información



arrojada fue clasificada en dos categorías: datos de la fuente o emisor y datos de destino o receptor. La mismas, se emplearon en la generación de la curva de rendimiento de cada escenario, logrando de esta manera determinar el efecto del volumen de tráfico en cada uno de estos, con lo cual establecer comparaciones entre el rendimiento utilizando solo IPv4, utilizando solo IPv6, y por ultimo utilizando Ipv4 e IPv6 a través de un túnel manual GRE, como mecanismo de transición.

Una vez obtenidos los valores en cada escenario de prueba, se procedió a registrarlos en una tabla comparativa, con el fin de analizar los valores o mediciones obtenidas, delineando de esta manera su comportamiento en cada una de las pruebas. Dichas estadísticas permitieron completar la ficha técnica de recolección de datos, como se muestra en el apéndice 1,2,3 y 4 respectivamente, creando así una matriz que permita analizar el comportamiento para determinar la influencia del volumen de tráfico en mecanismos de transición de IPv4 a IPv6.

#### **Fase IV: Generación de curvas de rendimiento**

Luego de obtenida la matriz de datos de los seis escenarios planteados, esta permitió modelar la curva de influencia del volumen de tráfico sobre el rendimiento, generada por los mecanismos de transición de Ipv4 a Ipv6. Las gráficas de las curvas obtenidas se representaron en el eje cartesiano, donde el eje horizontal (x) corresponde a la variable independiente, volumen de tráfico, la cual fue manipulada por el investigador y, por otro lado, el eje vertical (y) corresponde a la variable dependiente la cual está dada por el rendimiento.

La curva de influencia de rendimiento se generó mediante el método correlacional de estimación de curvas bajo el paquete estadístico SPSS 23, con la finalidad de representar gráficamente el comportamiento del rendimiento en túneles manuales como mecanismo de transición Ipv4 a Ipv6, por medio de un modelo matemático. Además, permitió realizar una comparación de la curva de comportamiento en los escenarios contemplados con el fin de evaluar su desempeño.

#### **Fase V: Discusión de los resultados**

Esta última fase tuvo como objetivo analizar los resultados de los cálculos obtenidos en cada escenario de prueba, con el fin de delinear la curva de comportamiento de la influencia del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismos de transición de IPv4 a IPv6. A diferencia de la metodología empleada por González (2015), se contempló utilizar protocolos de enrutamiento dinámicos y aumentar el volumen del trafico presente en la red simulando una red activa, ahora bien en contraste con Vega (2011) se evaluó el método de transición en sí, es decir se tomó en cuenta los tiempos de propagación y de transmisión de los volúmenes de trafico enviados, con el fin de obtener unos resultados más fidedignos por lo que se pudo contemplar realmente todos los procesos por los cuales atraviesa la información en su tránsito a través del mecanismo de transición, es decir, el túnel manual.

## Análisis de Resultados

### Fase I: Selección de elementos de los escenarios de prueba

Para la selección de los elementos de los escenarios de prueba, fue necesario en primer término determinar los requerimientos mínimos para realizar la transmisión de datos en cada uno de los escenarios de prueba, estos estuvieron conformados en cuanto a hardware por tres (3) enrutadores, cuatro (4) computadores, ocho (8) cables UTP categoría 5E y dos (2) swiche pasivos.

Por otro lado, de acuerdo con los requerimientos de software, los enrutadores debían poseer un sistema operativo que soportase los protocolos IPv4 e Ipv6, así como también, el establecimiento de mecanismos de transición, específicamente el manejo de túnel manual; asimismo, ambas computadoras utilizaron el mismo sistema operativo, el mismo analizador de protocolos y el mismo software de generación de tráfico. Para la selección del hardware, de acuerdo con los costos asociados y su adquisición, se tomaron en cuenta dos alternativas de enrutadores, pertenecientes a las marcas Cisco y Mikrotik. En el cuadro 1 se describen los parámetros que se establecieron para selección de los mismos.

**Cuadro 1: Parámetros para selección del enrutador**

Evaluacion Tecnico - Economicas				
N	Caracteristicas	Criterio	Alternativas	
			Opcion 1 <b>Cisco</b>	Opcion 2 <b>Mikrotik</b>
1	Disponibilidad	Facil acceso en el mercado local	100	100
2	Compatibilidad	Soporte de mecanisco de transicion	100	100
3	Adquisicion	Según Criterio:		
		a) Prestado	50	0
		b) Alquilado	0	0
		c) Comprado	100	100
4	Funcionalidad	Soporte y configuracion de IPv4 a IPv6	100	100
5	Flexibilidad de Operación	Facil transporte e instalacion	100	100
6	Costo	Según su precio	55	65
Total:			75,625	70,625

Fuente: Elaboración Propia (2018)

En relación con lo descrito en el cuadro 1, para la selección de los enrutadores se realizó la comparación de dos marcas reconocidas en el mercado, donde se evidenció que Cisco era la marca con la cual el investigador decidió realizar su investigación, debido a la facilidad de adquisición, así como también por la compatibilidad entre protocolos y las funcionalidades que ofrece el mismo. En el cuadro 2 se muestran los detalles técnicos completos de los equipos seleccionados:

Cuadro 2: *Ficha técnica del enrutador seleccionado*

Modelo	Cisco 1905
memoria Dram	256 MB
memoria flash	256 MB
Protocolo enrutamiento	IPv4, IPv6, static routes, Open Shortest Path First (OSPF), Enhanced IGRP (EIGRP), Border Gateway Protocol (BGP), BGP Router Reflector, Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS), Multicast Internet Group Management Protocol (IGMPv3) Protocol Independent Multicast sparse mode (PIM SM), PIM Source Specific Multicast (SSM), Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP), IPsec, generic routing encapsulation (GRE), Bidirectional Forwarding Detection (BFD), IPv4-to-IPv6 Multicast, MPLS, Layer 2 Tunneling Protocol Version 3 (L2TPv3), 802.1ag, 802.3ah, and Layer 2 and Layer 3 VPN.
Estandares	IEEE 802.1, IEEE 802,3 af, IEEE 802.3ah, IEEE 802.1 ah, IEEE 802,1 ag
Energia	100 - 240 VAC
Peso	3,175 Kg
Dimensiones	1,75 x 13,5 x 11,5 in

Fuente: Elaboración propia (2018)

Para la selección del hardware de las computadoras, de la misma manera como se hizo en la selección del enrutador, se compararon dos alternativas, esta vez Compaq y Acer, considerando para ello ciertas características como los costos asociados, disponibilidad, facilidad de adquisición, funcionalidad flexibilidad de operación, entre otros, representados en el cuadro 3 donde se describen los parámetros para selección de los mismos.

Cuadro 3: *Parámetros de selección de computadores*

N	Características	Criterio	Alternativas	
			Opcion 1	Opcion 2
			<b>Compaq</b>	<b>Acer</b>
1	Disponibilidad	Facil acceso en el mercado local	100	100
2	Compatibilidad	Soporte de mecanisco de transicion	100	100
3	Adquisicion	Según Criterio:		
		a) Prestado	0	100
		b) Alquilado	0	0
		c) Comprado	100	100
4	Funcionalidad	Soporte y configuracion de IPv4 a IPv6	100	100
5	Flexibilidad de Operación	Facil transporte e instalacion	100	100
6	Costo	Según su precio	80	80
Total:			72,5	85

Fuente: Elaboración propia (2018)

De acuerdo con los datos presentados en el cuadro 3 se pudo evidenciar que la alternativa más viable era el modelo Acer, debido a su facilidad de adquisición, compatibilidad y funcionalidad, la cual cumplía con los requerimientos mínimos para lograr establecer los escenarios de prueba. Seguidamente en el cuadro 4 se muestra la ficha técnica de los computadores seleccionados.

Cuadro 4: *Computadores seleccionados*  
Características equipos seleccionados

Procesador	AMD Dual-Core Processor E450
Tipo	Portatil
Memoria ram	4 GB DDR 3 memory
Disco duro	500 GB HDD
Tarjeta de red	Atheros AR8152/8158 PCI-E Fast Ethernet Controller (NDIS 6.20)

Fuente: Elaboración propia (2018)

Por otro lado, para la selección del sistema operativo que se instaló en cada computador, se establecieron 2 alternativas de software, Windows 7 y Windows 10, donde la más opción más conveniente para la puesta en marcha de los escenarios de prueba fue la utilización de Windows 7, debido a que este cuenta con los requisitos necesarios para la transmisión de datos, como la compatibilidad de protocolos y su facilidad en su adquisición, entre otros criterios para su selección como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5: *Parámetros para selección de Sistema Operativo*  
Evaluación Técnico - Economicas

N	Características	Criterio	Alternativas	
			Opcion 1 <b>Windows 7</b>	Opcion 2 <b>Windows 10</b>
1	Disponibilidad	Facil acceso en el mercado local	100	100
2	Compatibilidad	Soporte de mecanisco de transicion	100	90
3	Adquisicion	Según Criterio:		
		a) Prestado	0	0
		b) Alquilado	0	0
		c) Comprado	100	100
4	Funcionalidad	Soporte y configuracion de IPv4 a IPv6	100	100
5	Flexibilidad de Operación	Facil transporte e instalacion	100	100
6	Rendimiento	En funcion a los equipos	100	70
Total:			75	70

Fuente: Elaboración propia (2018)

## Fase II. Diseño de los escenarios de prueba y establecimiento de volúmenes de tráfico

Para el desarrollo de esta fase se implementaron cinco escenarios de prueba. En el primer escenario, tanto los computadores en la red LAN como los enrutadores, estuvieron configurados con el protocolo IPv4. Cabe destacar que las rutas configuradas en ambos enrutadores fueron de tipo dinámica. En la figura 1, se muestra detalladamente la conformación del primer escenario de prueba.



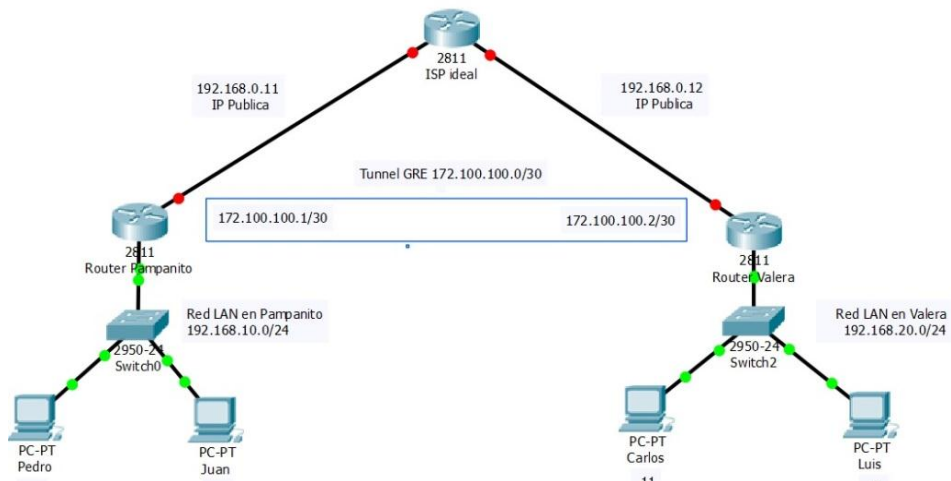


Figura 1. Primer escenario de prueba (IPv4 to IPv4 ideal)  
Fuente: Elaboración propia (2018)

El segundo escenario de prueba estuvo conformado con los mismos equipos y configuraciones de la prueba anterior, en lo que respecta a enrutadores, equipos terminales y protocolos. La diferencia radicó en que para esta prueba se utilizó un proveedor de servicio de internet (ISP) real, en funcionamiento y además, disponible en la región. En la figura 2 se muestra detalladamente la conformación de este escenario de prueba.

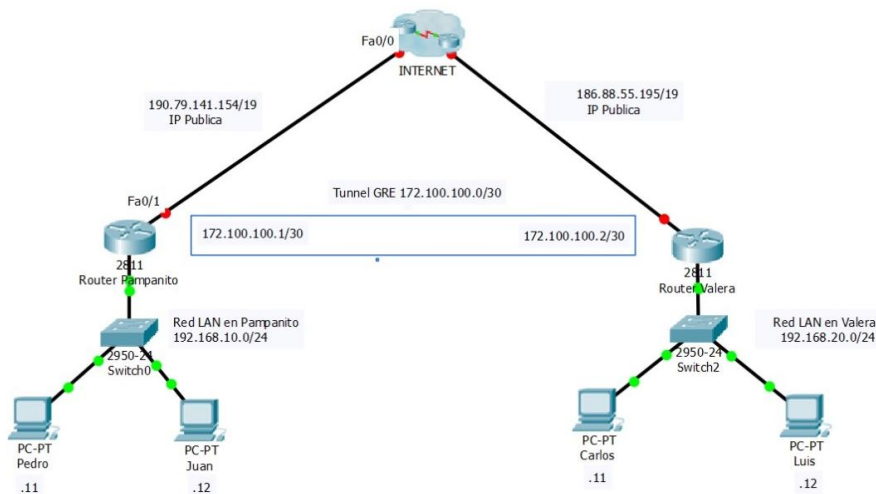


Figura 2. Segundo escenario de prueba (IPv4 to IPv4 real)  
Fuente: Elaboración propia (2018)

En el tercer escenario, se configuraron ambos protocolos, es decir IPv6 para los computadores ubicados en la LAN, así como también las interfaces del enrutador que están configuradas como puerta de enlace de dichas redes. Sin embargo, el enlace WAN se configuró con el protocolo IPv4, simulando el direccionamiento dado

por los proveedores de servicios de internet que aun implementan IPv4. La figura 3 detalla el esquema de conformación del tercer escenario de prueba.

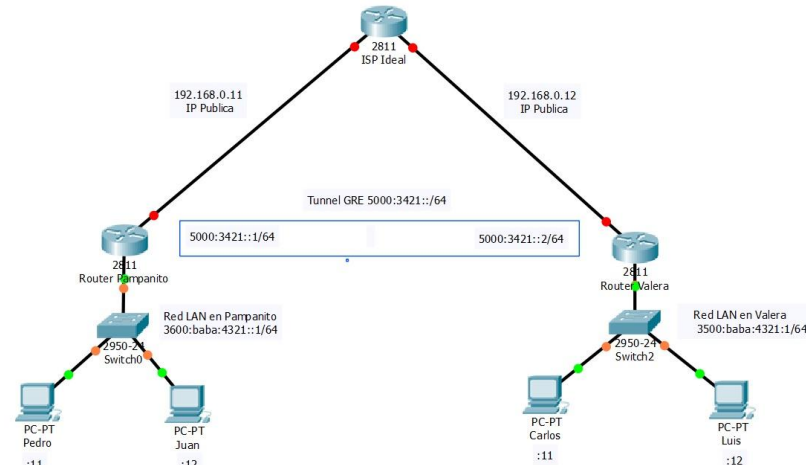


Figura 3. Tercer Escenario de Prueba (IPv6 to IPv4 Ideal)  
Fuente: Elaboración propia (2018)

El cuarto escenario de prueba estuvo conformado con los mismos equipos y configuraciones de la prueba anterior refiriéndose a enrutadores, equipos terminales y protocolos, salvo que en este prueba se utilizó un proveedor de servicio de internet (ISP) real y en funcionamiento disponible en la región. En la figura 4 se muestra detalladamente la conformación de este escenario de prueba.

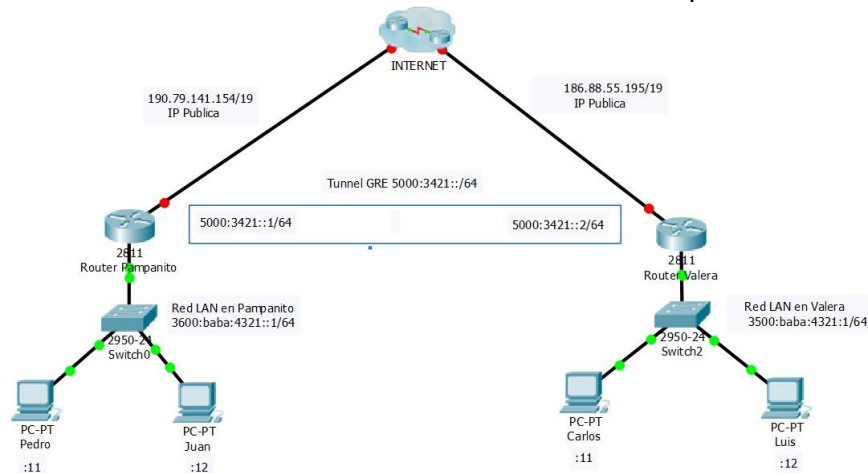


Figura 4. Cuarto escenario de prueba (IPv6 to IPv4 real)  
Fuente: Elaboración propia (2018)

El quinto escenario de prueba estuvo conformado por los mismos dispositivos, diferenciándose en que sus configuraciones de direccionamiento se basaron en el protocolo Ipv6 tanto para los computadores ubicados en la red LAN, como para los enlaces de la red WAN. La topología de la red implementada en el quinto escenario de prueba se muestra detalladamente en figura 5.

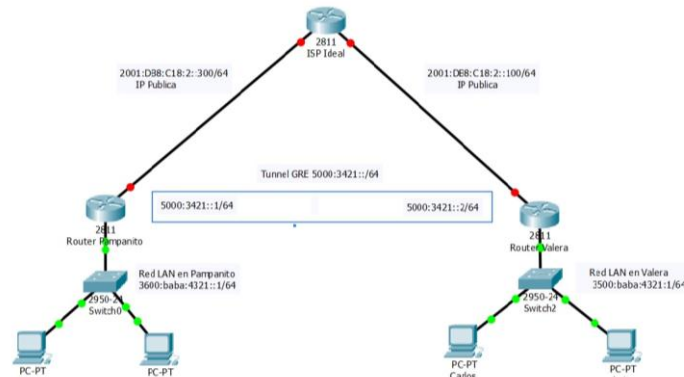


Figura 5. Quinto escenario de prueba (IPv6 to IPv6 Ideal)  
Fuente: Elaboración propia (2018)

Una vez configurados e implementados los escenarios de prueba, se procedió a realizar los envíos de cada uno de los volúmenes de tráfico establecidos de igual manera para todos los escenarios, con la finalidad de mantener la exactitud y confiabilidad del experimento. Inicialmente, antes del envío del tráfico de datos, se puso en funcionamiento el Wireshark para realizar cada una de las capturas de los paquetes y los parámetros de envío y recepción de cada uno de los volúmenes de tráfico, tanto en el emisor como en el receptor; luego se ejecutó el generador de tráfico IPERF en ambos extremos de la red, el cual posee un mecanismo estadístico que permite corroborar lo registrado por el analizador de protocolos. Posteriormente se generó una matriz de datos para el cálculo de rendimiento. En el cuadro 6 se muestran los volúmenes de tráfico utilizados en este experimento, la misma se describe a continuación

Cuadro 6  
Volúmenes de tráfico establecidos

N	Volumen de Tráfico inyectado expresado en Mbits/seg	N	Volumen de Tráfico inyectado expresado en Mbits/seg
1	0,200	26	5,200
2	0,400	27	5,400
3	0,600	28	5,600
4	0,800	29	5,800
5	1,000	30	6,000
6	1,200	31	6,200
7	1,400	32	6,400
8	1,600	33	6,600
9	1,800	34	6,800
10	2,000	35	7,000
11	2,200	36	7,200
12	2,400	37	7,400
13	2,600	38	7,600
14	2,800	39	7,800
15	3,000	40	8,000
16	3,200	41	8,200
17	3,400	42	8,400
18	3,600	43	8,600
19	3,800	44	8,800
20	4,000	45	9,000
21	4,200	46	9,200
22	4,400	47	9,400
23	4,600	48	9,600
24	4,800	49	9,800
25	5,000	50	10,000

Fuente: Elaboración propia (2018)



### Fase III: Determinación del efecto del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismos de transición ipv4 a ipv6

Para determinar la influencia del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismos de transición, específicamente túnel manual, se procedió a utilizar las estadísticas arrojadas por el analizador de protocolos Wireshark conjuntamente con las del generador de tráfico IPERF, para cada uno de los volúmenes de tráfico luego de realizados los envíos de datos. Dichas estadísticas permitieron completar la ficha técnica de recolección de datos, como se muestra en los anexos A, B, C, D, E respectivamente, creando así una matriz que permita analizar el comportamiento para determinar la influencia del volumen de tráfico en mecanismos de transición de IPv4 a IPv6.

En el cuadro 7 se puede apreciar los rendimientos obtenidos para cada uno de los escenarios de prueba. En el mismo se evidencia que en los tres escenarios de prueba bajo simulación, disminuye un poco el rendimiento de la red, pero luego se mantiene casi constante a medida y en proporción que aumentan el volumen del tráfico inyectado a la red. Por otro lado puede observarse que en los escenarios bajo un ISP real la saturación del canal ocurre para tamaños de archivos menores que en el escenario simulado, y el rendimiento cae ligeramente en los valores iniciales cuando se utiliza solamente el protocolo IPv4

Cuadro 7  
*Rendimiento escenarios planteados con túnel Manual con ISP simulado e ISP real*

N°	Volumen de Tráfico (bits/seg)	Rendimiento IPv4 to IPv4 Simulado	Rendimiento IPv4 to IPv4 Real	Rendimiento IPv6 to IPv4 Simulado	Rendimiento IPv6 to IPv4 Real	Rendimiento IPv6 to IPv6 Simulado
1	200.000	98,0000	101,8557	97,6000	98,0000	97,0297
2	400.000	99,1919	102,2917	98,9899	98,9899	98,5859
3	600.000	97,8667	103,1579	97,6000	97,8667	97,6000
4	800.000	97,9000	98,1633	98,7879	97,6000	97,8000
5	1.000.000	95,2000	59,4747	96,1616	71,5385	95,2000
6	1.200.000	95,3333	45,8667	96,2963	53,1392	96,2963
7	1.400.000	95,4286	38,2857	96,7835	40,2219	96,3925
8	1.600.000	95,5000	30,3000	97,3496	36,2981	95,5000
9	1.800.000	95,5556	26,6222	96,0718	32,5079	95,5556
10	2.000.000	95,6000	24,6800	95,2000	29,7143	97,1429
11	2.200.000	97,2171	22,9091	95,8478	26,8881	95,2727
12	2.400.000	96,2963	19,0909	95,3333	25,3968	95,3333
13	2.600.000	95,3846	17,6224	95,3846	23,7491	95,3846
14	2.800.000	95,4286	17,0274	95,4286	20,5986	95,4286
15	3.000.000	95,2000	15,7360	96,4310	17,8286	95,2000
16	3.200.000	95,5000	16,6584	95,2500	17,5000	96,2121
17	3.400.000	95,2941	13,6235	95,2941	16,7904	95,2941
18	3.600.000	97,5057	14,1111	95,3333	15,8942	96,2963
19	3.800.000	96,3317	11,7053	96,3317	15,1178	95,3684
20	4.000.000	97,1429	11,9798	95,4000	14,6408	95,2000
21	4.200.000	95,2381	11,4476	96,2001	13,5692	95,4286
22	4.400.000	96,2351	10,1455	95,2727	12,7448	96,2351
23	4.600.000	95,3043	9,9826	96,1699	10,9814	95,3043
24	4.800.000	96,2963	9,1167	95,3333	11,2945	96,2963
25	5.000.000	95,3600	9,1475	95,3600	10,9410	96,3232

Fuente: Elaboración propia (2018)

Cuadro 7  
(Cont)

N°	Volumen de Tráfico (bits/seg)	Rendimiento IPv4 to IPv4 Simulado	Rendimiento IPv4 to IPv4 Real	Rendimiento IPv6 to IPv4 Simulado	Rendimiento IPv6 to IPv4 Real	Rendimiento IPv6 to IPv6 Simulado
26	5.200.000	96,3481	8,2308	96,1927	10,7101	95,2308
27	5.400.000	95,2593	8,7852	95,2593	9,4302	97,2033
28	5.600.000	95,2857	8,9143	96,3925	8,8435	95,2857
29	5.800.000	95,3103	6,9931	96,2731	9,1297	96,2731
30	6.000.000	96,2963	6,6936	95,3333	8,5825	95,4667
31	6.200.000	95,3548	6,5419	95,3548	8,4178	95,2258
32	6.400.000	97,1939	0,5693	96,2121	7,7284	95,2500
33	6.600.000	95,2727	6,3789	95,3939	7,1096	97,2171
34	6.800.000	95,2941	5,8941	97,2389	7,1857	95,2941
35	7.000.000	95,3143	5,3975	96,2771	7,2527	95,2000
36	7.200.000	97,2789	5,6889	96,2963	6,2540	95,2222
37	7.400.000	95,4595	5,3418	96,3145	6,6821	95,2432
38	7.600.000	95,2632	5,4180	95,3684	6,4461	95,2632
39	7.800.000	95,2821	5,1795	95,2821	6,1144	95,2821
40	8.000.000	95,3000	4,7100	96,2626	6,0577	95,3000
41	8.200.000	95,3171	4,0195	96,1813	5,9568	95,2195
42	8.400.000	95,2381	4,6205	95,2381	5,5329	97,1817
43	8.600.000	95,8421	4,6420	97,7693	5,3195	94,8837
44	8.800.000	96,4187	4,4364	96,0307	4,6234	95,4545
45	9.000.000	95,1111	3,6260	95,1111	4,8205	96,0718
46	9.200.000	97,6043	4,0034	95,6522	5,0435	95,6522
47	9.400.000	95,3191	3,6546	95,3191	4,7791	97,2644
48	9.600.000	95,0000	3,9917	95,7661	4,4872	95,0000
49	9.800.000	97,4594	3,5967	96,4750	3,8359	96,4750
50	10.000.000	95,2000	3,3778	95,2000	4,2615	96,1616

Fuente: Elaboración propia (2018)

#### Fase IV: Generación de curvas de rendimiento

Luego de obtenidos los resultados, se procedió a graficar los valores contrastando el volumen de tráfico contra el rendimiento. Para ello, se utilizó el paquete estadístico SPSS. Es así como, mediante el método de regresión de estimación curvilínea, se probaron diferentes modelos de curvas, siendo el modelo de estimación inversa el que más se aproximó al modelo para curvas de rendimiento bajo un ISP simulado, y del cual se obtuvo la curva que se muestra en el grafico 1.

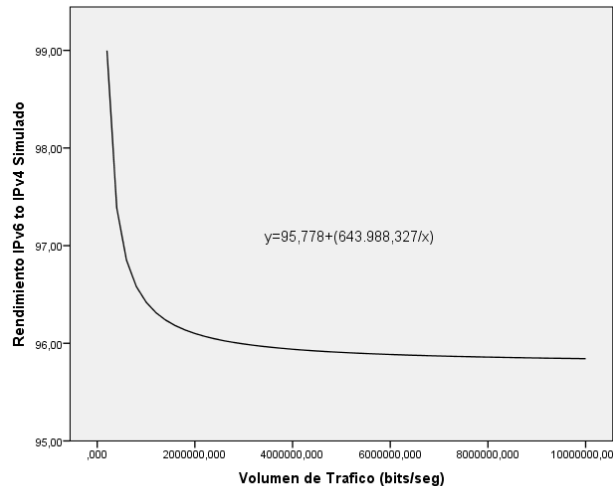


Grafico 1. Volumen de tráfico vs Rendimiento IPv6 to IPv4 con ISP simulado  
Fuente: Elaboración Propia (2018)

La curva resultante para el modelo de rendimiento de mecanismos de transición IPv6 over IPv4 con túnel manual GRE inicia en orden descendente, con algunos valores cercanos al 100% de la capacidad del canal. Esta curva arrojó como resultado la siguiente ecuación:  $y = 95,778 + (643.988,327/x)$ ; donde “x” está representada sobre el eje horizontal y representa al volumen del tráfico inyectado, mientras que “y” representa el rendimiento obtenido.

Cuando se contrasta la gráfica del modelo de rendimiento en mecanismos de transición con las gráficas obtenidas de los escenarios de control IPv4 to IPv4 simulado con una ecuación  $y = 95,685 + (670.277,772/x)$ ; donde “x” está representada sobre el eje horizontal y representa al volumen del tráfico inyectado, mientras que “y” representa el rendimiento obtenido. En el escenario de control IPv6 to IPv6 simulado, la mejor aproximación resultó una ecuación  $y=95,668 + (515.660,741/x)$ ; donde “x” está representada sobre el eje horizontal y representa al volumen del tráfico inyectado, mientras que “y” representa el rendimiento obtenido. Respectivamente y bajo un ISP simulado, es decir, todos los escenarios de prueba bajo la misma condición, se obtiene lo mostrado en el gráfico 2.

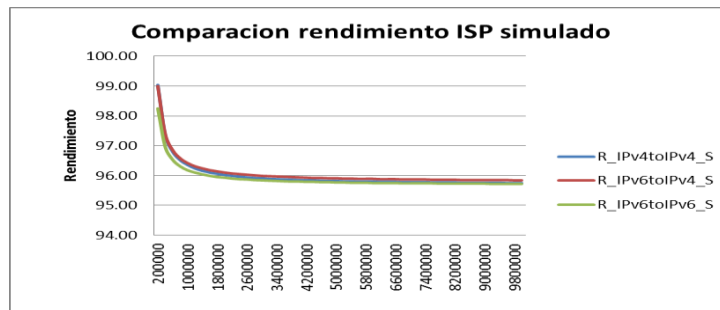
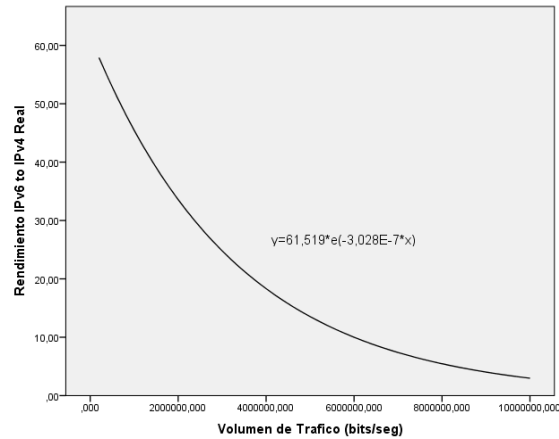


Gráfico 2. Comparación del volumen de tráfico sobre el rendimiento en los diferentes escenarios de prueba  
Fuente: Elaboración propia (2018)

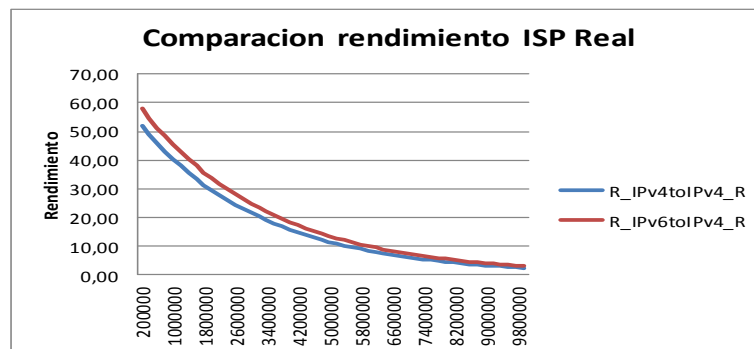
En el gráfico 2 se observa el comportamiento de los tres escenarios de prueba planteado en esta fase de la investigación; a su vez se puede apreciar que en los tres escenarios se tiene un comportamiento similar con pequeñas variaciones en el rendimiento. Luego de obtenidos los resultados basados en la simulación de un ISP, se dio inicio a obtener los resultados, ahora sobre la plataforma de un ISP real como lo es la CANTV; de igual manera que en la etapa anterior se procedió a graficar los valores contrastando el volumen de tráfico contra el rendimiento. Para ello se utilizó de igual forma el paquete estadístico SPSS. Mediante el método de regresión de estimación curvilínea, se probaron diferentes modelos de curvas, siendo el modelo de estimación exponencial la que más se aproximó al modelo para curvas de rendimiento bajo un ISP real, obteniendo la curva generada y mostrada en el gráfico 3.



**Gráfico 3.** Volumen de tráfico vs Rendimiento IPv6 to IPv4 con ISP real  
Fuente: Elaboración propia (2018)

La curva resultante para el modelo de rendimiento de mecanismos de transición IPv6 over IPv4 con túnel manual GRE sobre un ISP real, inicia en orden descendente, con algunos valores cercanos al 60% de la capacidad del canal. Esta curva arrojó como resultado la siguiente ecuación:  $y = 61,519 * e^{(-3,028E-7 * x)}$ ; donde “x” está representada sobre el eje horizontal y representa al volumen del tráfico inyectado, mientras que “y” representa el rendimiento obtenido.

Cuando se contrasta la gráfica del modelo de rendimiento en mecanismos de transición con las gráficas obtenidas de los escenarios de control IPv4 to IPv4 real del cual resultó una ecuación  $y = 55,298 * e^{(-3,145E-7 * x)}$ ; donde “x” está representada sobre el eje horizontal y representa al volumen del tráfico inyectado, mientras que “y” representa el rendimiento obtenido. En el escenario de control IPv6 to IPv6 real, no se pudo realizar el experimento debido a que actualmente en la región no se dispone de un proveedor de servicios de internet en el cual base su plataforma en el protocolo IPv6, por lo tanto la comparación entre escenarios disponibles se muestra a continuación en el gráfico 4.



**Gráfico 4.** Comparación del volumen de tráfico sobre el rendimiento en los diferentes escenarios con ISP real  
Fuente: Elaboración propia (2018)



En el grafico 4, se observa el comportamiento de dos de los tres escenarios de prueba planteado en esta fase de la investigación al realizar una comparación del volumen de tráfico sobre el rendimiento en los diferentes escenarios con el ISP real, a su vez se puede apreciar que en los dos escenarios ejecutados que se tiene un comportamiento similar con pero ciertas variaciones en el rendimiento, sobre todo en la etapa inicial.

### Discusión de los resultados

Luego del desarrollo de las fases propuestas, se puede discutir varios aspectos, para determinar Influencia del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismos de transición de Ipv4 a Ipv6, es importante destacar la selección de los escenarios de prueba de acuerdo a las alternativas y criterios tomados en consideración por parte del investigador, como lo fueron la selección del software y hardware necesarios para la obtención de los valores del rendimiento de acuerdo al volumen del tráfico inyectado a la red, fueron los más idóneos para realizar el experimento.

En contraste con la metodología empleada por González (2015), en la presente investigación se contempló utilizar protocolos de enrutamiento dinámicos y aumentar el volumen del trafico presente en la red simulando una red activa; ahora bien, en contrate con Vega (2012) se evaluó el método de transición en sí, es decir, se tomaron en cuenta los tiempos de propagación y de transmisión de los volúmenes de trafico enviados con el fin de obtener unos resultados más fidedignos, por lo que se pudieron contemplar realmente todos los procesos por los cuales atraviesa la información en su tránsito a través del mecanismo de transición, es decir, el túnel manual. Es por ello que se complementó la metodología empleada por González (2015) y Vega (2012), derivando una metodología hibrida propia.

Los resultados obtenidos en la simulación de un ISP a través de un tercer router cisco descrito previamente, donde se tiene una comparación concreta y con base científica de los rendimientos con los protocolos involucrados por si solos, se puede concluir que utilizando el método de transición IPv6 over IPv4, a través de un túnel manual GRE, se rechaza la hipótesis alternativa H1 y se acepta la hipótesis H0, la cual establece que no existe influencia significativa del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismos de transición IPv4 a IPv6, generando un modelo que representa de manera exacta el comportamiento del rendimiento en mecanismos de transición.

Los resultados del rendimiento bajo un ISP real confirman la conclusión previa de que no existe una influencia significativa del volumen de tráfico sobre el rendimiento en mecanismos de transición IPv4 a IPv6. No obstante, dicho aporte es descartado por el investigador, dado que la prestación del servicio ofrecido por el actual proveedor de internet en la región es deficiente, lo cual influye significativamente en el resultado de la investigación.

### Referencias Bibliográficas

González, R. (2015). *Influencia del volumen de tráfico sobre el rendimiento en*





*mecanismos de transición IPv4 a IPv6.* Tesis de la Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, Maracaibo-Venezuela.

Hernández, R. Fernández, C y Baptista, P. (2016). Metodología de la Investigación. 6ta. edición. Editorial McGrawHill

Sanchez, G. (2017) Desarrollo de un esquema de traducción de direcciones Ipv6-Ipv4-Ipv6. recuperado: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lis/ahuatzin\\_s\\_ql/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/ahuatzin_s_ql/capitulo2.pdf)

Vega, O. (2012). *Influencia del volumen de tráfico sobre la latencia en túneles VPN IPsec/UDP en enlaces WAN.* (Tesis de la Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, Maracaibo-Venezuela.

## Apéndices

```

C:\Users\MarcosE\iperf-2.0.9-win64>iperf.exe -c 192.168.10.11 -u -b 5000k
Client connecting to 192.168.10.11, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 2027.59 us (kalman adjust)
UDP buffer size: 208 KByte (default)
-----
[ 3] local 192.168.20.11 port 53994 connected with 192.168.10.11 port 5001
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[ 3] 0.0-10.0 sec  6.91 MBytes  5.79 Mbits/sec
[ 3] Sent 4928 datagrams
[ 3] Server Report:
[ 3] 0.0-10.0 sec  6.91 MBytes  5.80 Mbits/sec  0.003 ms  0/ 4928 (0%)

C:\Users\MarcosE\iperf-2.0.9-win64>iperf.exe -c 192.168.10.11 -u -b 6000k
Client connecting to 192.168.10.11, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 1960.00 us (kalman adjust)
UDP buffer size: 208 KByte (default)
-----
[ 3] local 192.168.20.11 port 62327 connected with 192.168.10.11 port 5001
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[ 3] 0.0-10.0 sec  7.15 MBytes  5.99 Mbits/sec
[ 3] Sent 5101 datagrams
[ 3] Server Report:
[ 3] 0.0- 9.9 sec  7.15 MBytes  6.06 Mbits/sec  0.003 ms  0/ 5101 (0%)

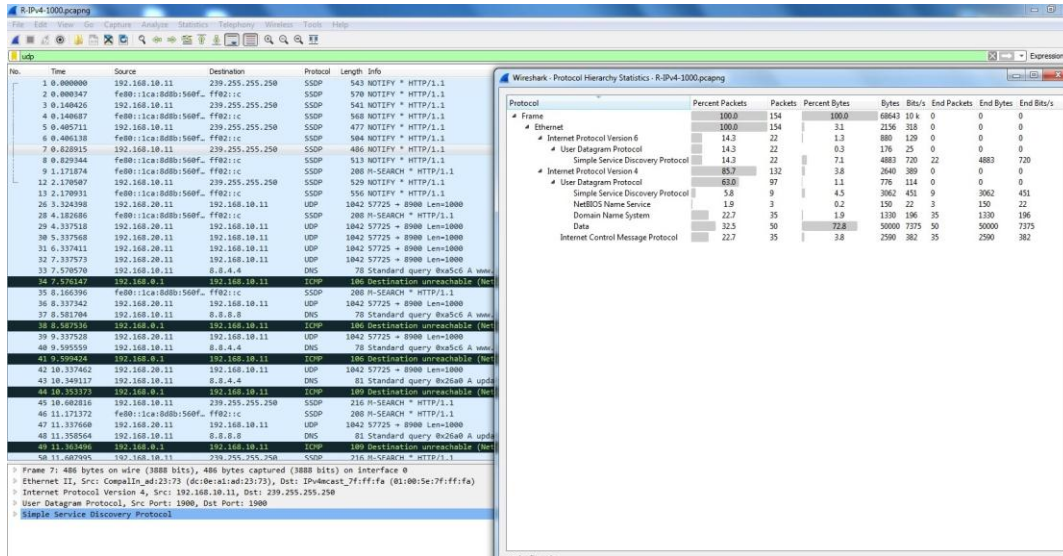
C:\Users\MarcosE\iperf-2.0.9-win64>iperf.exe -c 192.168.10.11 -u -b 6200k
Client connecting to 192.168.10.11, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 1896.77 us (kalman adjust)
UDP buffer size: 208 KByte (default)
-----
[ 3] local 192.168.20.11 port 55496 connected with 192.168.10.11 port 5001
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[ 3] 0.0-10.0 sec  7.39 MBytes  6.19 Mbits/sec
[ 3] Sent 5269 datagrams
[ 3] Server Report:
[ 3] 0.0-10.0 sec  7.39 MBytes  6.23 Mbits/sec  0.010 ms  0/ 5269 (0%)
  
```

Apéndice 1. Pantalla del paquete IPERF modo cliente IPv4  
Fuente: El autor (2018)

```

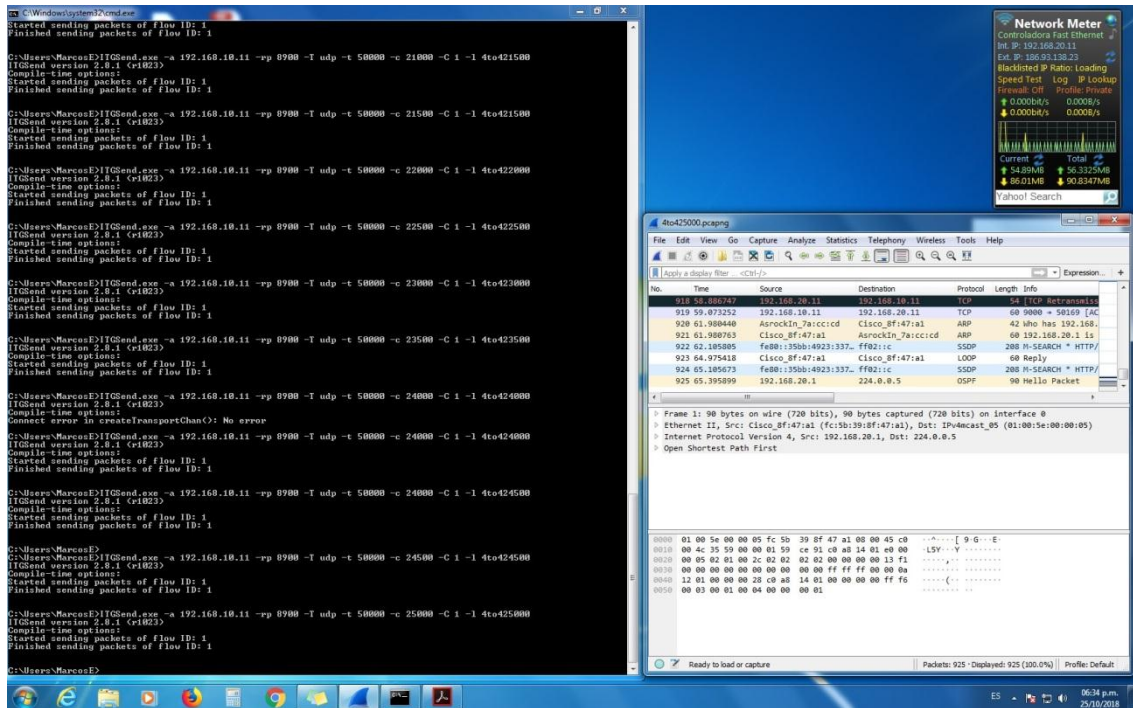
C:\Users\MarcosE\iperf-2.0.9-win64>iperf.exe -s -u
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 208 KByte (default)
-----
[ 3] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 50639
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter      Lost/Total Datagrams
[ 3] 0.0-10.0 sec  245 KBytes    200 Kbits/sec   0.099 ms     0/ 171 (0%)
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 50640
[ 4] 0.0- 9.9 sec  491 KBytes    407 Kbits/sec   0.214 ms     0/ 342 (0%)
[ 3] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 63000
[ 3] 0.0-10.0 sec  734 KBytes    601 Kbits/sec   0.031 ms     0/ 511 (0%)
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 50166
[ 4] 0.0-10.0 sec  979 KBytes    800 Kbits/sec   0.024 ms     0/ 682 (0%)
[ 3] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 61185
[ 3] 0.0-10.0 sec  1.19 MBytes   999 Kbits/sec   0.019 ms     0/ 851 (0%)
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 52618
[ 4] 0.0-10.0 sec  1.43 MBytes   1.20 Mbits/sec  0.016 ms     0/ 1021 (0%)
[ 3] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 57985
[ 3] 0.0-10.0 sec  1.67 MBytes   1.40 Mbits/sec  0.014 ms     0/ 1191 (0%)
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 59029
[ 4] 0.0-10.0 sec  1.91 MBytes   1.60 Mbits/sec  0.012 ms     0/ 1360 (0%)
[ 3] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 58909
[ 3] 0.0-10.0 sec  2.15 MBytes   1.80 Mbits/sec  0.010 ms     0/ 1533 (0%)
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 58242
[ 4] 0.0-10.0 sec  2.39 MBytes   2.00 Mbits/sec  3.004 ms     0/ 1703 (0%)
[ 3] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 52357
[ 3] 0.0- 9.8 sec  2.62 MBytes   2.23 Mbits/sec  0.642 ms     0/ 1870 (0%)
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.20.11 port 63255
[ 4] 0.0- 9.9 sec  2.86 MBytes   2.42 Mbits/sec  0.008 ms     0/ 2041 (0%)
  
```

Apéndice 2. Pantalla del paquete IPERF modo servidor IPv4.  
Fuente: El autor (2018).



Apéndice 3. Pantalla del paquete Wireshark y su herramientas estadísticas. Fuente: El autor (2018).

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN:1856-4194. Volumen 18 Edición No. 1 – Año 2019



Apéndice 4. Pantalla escritorio equipo extremo 2 del tunnel GRE. Fuente: El autor (2018).