

Proyecto de grado

Escalabilidad de Redes Definidas por Software en la Red Académica

Santiago Vidal

Tutores:

Dr. Eduardo Grampín

MSc. Martín Giachino

Instituto de Computación

Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

5 de octubre de 2016

Introducción

Conceptos previos & RAUFlow

Entorno virtual

Pruebas de escala

Conclusiones

Introducción

Conceptos previos & RAUFlow

Entorno virtual

Pruebas de escala

Conclusiones

Introducción

Red Académica Uruguaya (RAU)

- ▶ Emprendimiento de la Universidad de la República, administrado por el Servicio Central de Informática Universitario (SeCIU).
- ▶ Red que conecta instituciones académicas, centros de investigación e instituciones gubernamentales.
- ▶ Parte de la RedClara.

RAU2

RAU2 es un proyecto para reemplazar la infraestructura actual, con el objetivo de brindar más y mejores servicios a las instituciones.

Proyecto RRAP

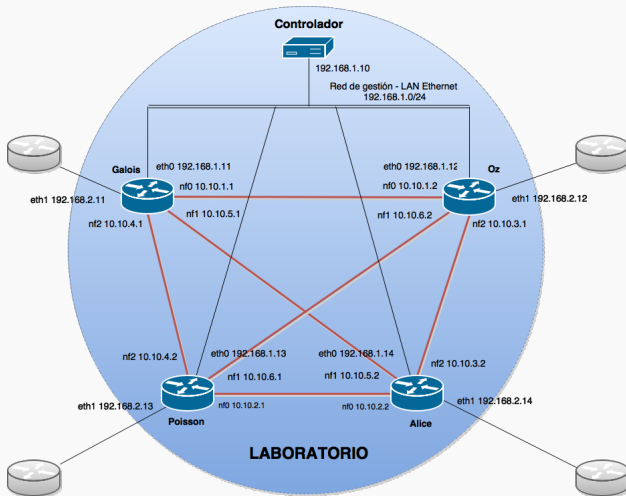
Routers Reconfigurables de Altas Prestaciones

(Emiliano Viotti, Rodrigo Amaro):

- ▶ Proyecto de grado que terminó en agosto de 2015.
- ▶ Construyó un prototipo para la RAU2, basado en SDN.
- ▶ Desarrolló una aplicación para gestión de redes llamada **RAUFlow**, que implementa clasificación y separación de tráfico (VPN).

Proyecto RRAP

Prototipo físico para pruebas funcionales:



Motivación

Contestar las siguientes preguntas:

Motivación

Contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo podemos seguir trabajando sobre la arquitectura RAUflow sin ser limitados por el prototipo físico?

Motivación

Contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo podemos seguir trabajando sobre la arquitectura RAUflow sin ser limitados por el prototipo físico?
2. ¿RAUFlow funciona con topologías más grandes?

Motivación

Contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo podemos seguir trabajando sobre la arquitectura RAUflow sin ser limitados por el prototipo físico?
2. ¿RAUFlow funciona con topologías más grandes?
3. ¿Tiene buena escalabilidad?

Resultados esperados

Resultados esperados

1. Estado del arte en las aplicaciones de SDN (con foco en VPNs), y las herramientas de virtualización disponibles.

Resultados esperados

1. Estado del arte en las aplicaciones de SDN (con foco en VPNs), y las herramientas de virtualización disponibles.
2. Una herramienta que permita virtualizar la arquitectura RAUFlow para pruebas y desarrollo.

Resultados esperados

1. Estado del arte en las aplicaciones de SDN (con foco en VPNs), y las herramientas de virtualización disponibles.
2. Una herramienta que permita virtualizar la arquitectura RAUFlow para pruebas y desarrollo.
3. Diseño e implementación de pruebas para estudiar la escalabilidad de RAUFlow.

Introducción

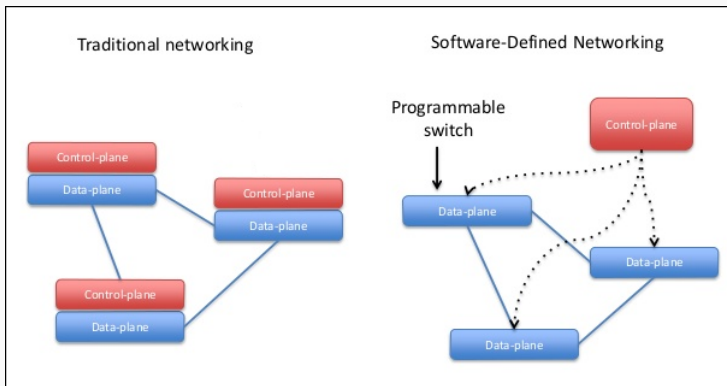
Conceptos previos & RAUFlow

Entorno virtual

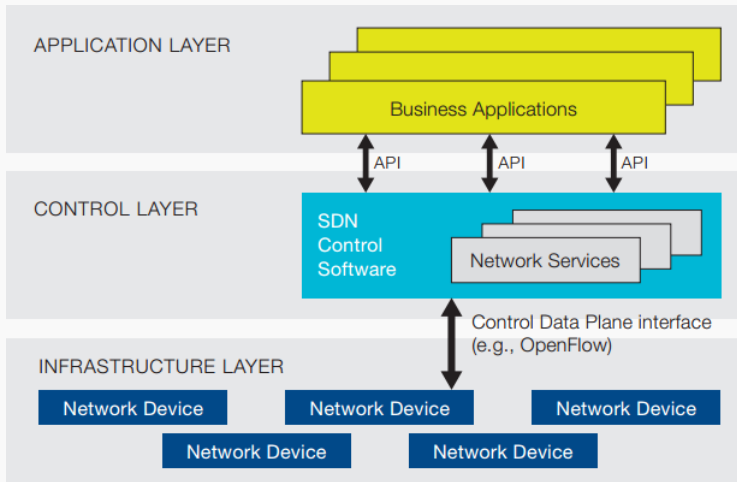
Pruebas de escala

Conclusiones

Redes Definidas por Software (SDN)



Redes Definidas por Software (SDN)



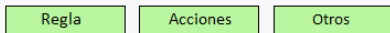
OpenFlow

- ▶ Provee una forma de abstraer las capacidades de un dispositivo.
- ▶ Protocolo de comunicación con el controlador OpenFlow.

OpenFlow

- ▶ Provee una forma de abstraer las capacidades de un dispositivo.
- ▶ Protocolo de comunicación con el controlador OpenFlow.

Flujo:



- ▶ Regla: Define el tipo de tráfico.
- ▶ Acciones: Define qué se debe hacer con los paquetes del flujo (Drop, Output)
- ▶ Otros: Estadísticas, Prioridad, Timeout, etc.

OpenFlow

- ▶ Provee una forma de abstraer las capacidades de un dispositivo.
- ▶ Protocolo de comunicación con el controlador OpenFlow.

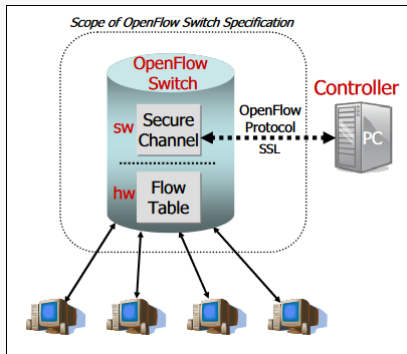
Flujo:

Regla

Acciones

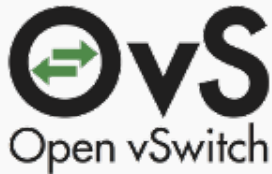
Otros

- ▶ Regla: Define el tipo de tráfico.
- ▶ Acciones: Define qué se debe hacer con los paquetes del flujo (Drop, Output)
- ▶ Otros: Estadísticas, Prioridad, Timeout, etc.



Open vSwitch

- ▶ Switch virtual multicapa.
- ▶ "Production quality"
- ▶ Es utilizado en la arquitectura RAUFlow como implementación (en software) de OpenFlow.



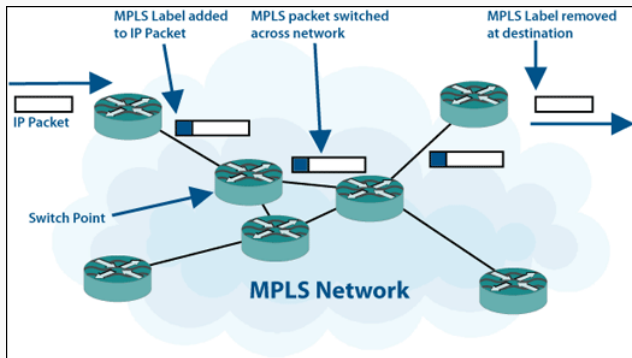
VPN

Red privada que se extiende a través de una red pública, como Internet. Puede ser de capa 2 o 3.



MPLS

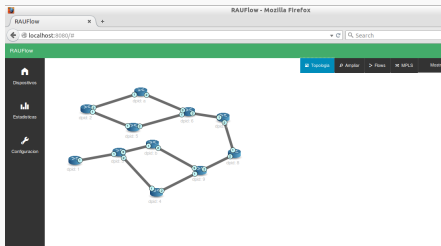
Mecanismo de transporte de datos basado en la conmutación de etiquetas. Es la solución de facto para la implementación de servicios de VPN.



RAUFlow

Aplicación para control de red basada en el controlador Ryu.

1. Implementa servicios de VPN de capa 2 y 3.
2. OpenFlow y MPLS.
3. OSPF y SNMP.

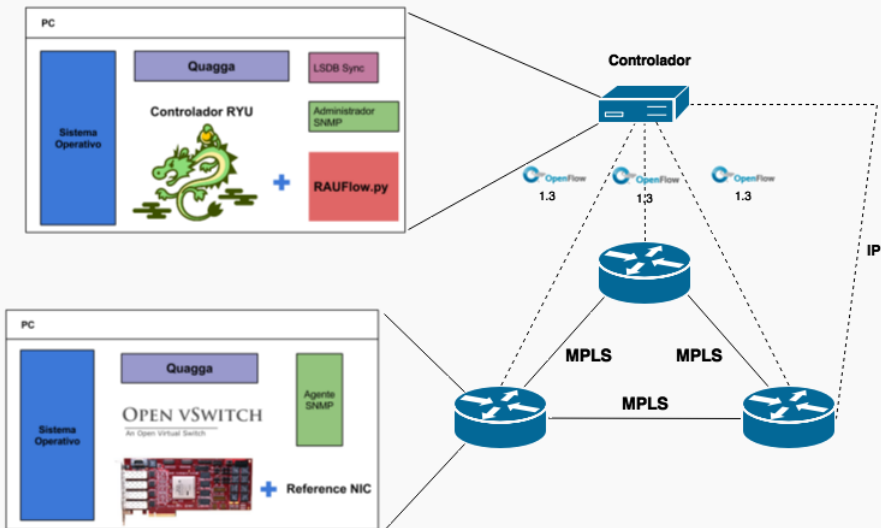


The screenshot shows the RAUFlow web interface with a 'Nuevo servicio' (New service) configuration form open. The form is titled 'Capa 2' and contains the following fields:

- Dirección MAC origen:** 'ab:cd:ef:gh:ij:kl'
- Dirección MAC destino:** 'ab:cd:ef:gh:ij:kl'
- Ethertype:** '0x0000'
- Identificador de VLAN:** 'Rango: 0 - 4095'

A green 'Agregar' (Add) button is located at the bottom of the form. The sidebar on the left shows the 'Configuración' icon selected.

RAUFlow



Introducción

Conceptos previos & RAUFlow

Entorno virtual

Pruebas de escala

Conclusiones

Objetivo

Poder utilizar la arquitectura RAUFlow y RAUSwitch en un entorno virtual para:

- ▶ Experimentos y pruebas.
- ▶ Desarrollo de nuevas funcionalidades sobre RAUFlow.
- ▶ Investigación sobre esquemas híbridos en general.

Requerimientos

Requerimientos funcionales:

- 1.** RAUSwitch virtuales:
 - 1.1** OpenFlow 1.3
 - 1.2** OSPF
 - 1.3** SNMP (no esencial)
- 2.** Hosts virtuales
- 3.** Controlador RAUFlow

Requerimientos

Requerimientos funcionales:

- 1.** RAUSwitch virtuales:
 - 1.1** OpenFlow 1.3
 - 1.2** OSPF
 - 1.3** SNMP (no esencial)
- 2.** Hosts virtuales
- 3.** Controlador RAUFlow

Requerimientos no funcionales:

- 1.** Configurabilidad / Usabilidad
- 2.** Escalabilidad

Siguiente paso

Se descarta una construcción desde cero



Hay que encontrar una herramienta que cumpla los requerimientos

Elección de una herramienta

Herramientas orientadas a SDN

- ▶ Algunas no soportan OpenFlow 1.3
- ▶ Algunas no permiten un controlador externo.
- ▶ **Ninguna contempla switches híbridos!**

Elección de una herramienta

Herramientas orientadas a SDN

- ▶ Algunas no soportan OpenFlow 1.3
- ▶ Algunas no permiten un controlador externo.
- ▶ **Ninguna contempla switches híbridos!**

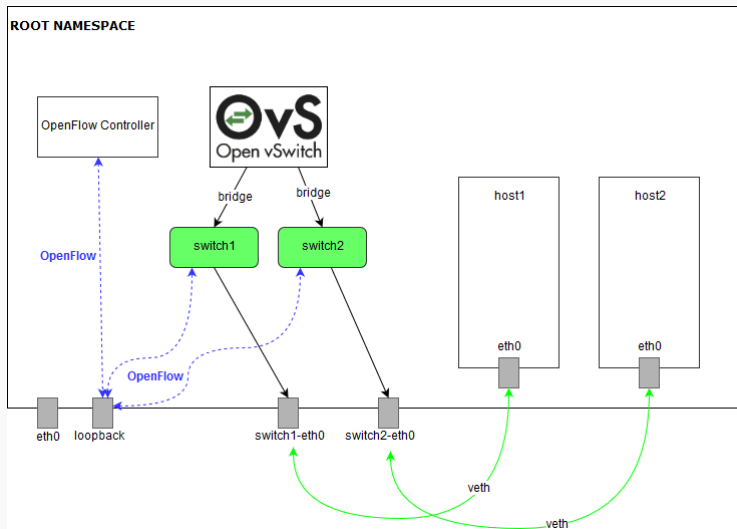
Herramientas de propósito general

- ▶ Algunas no tienen buena configurabilidad.
- ▶ La **escalabilidad** es un gran problema.

Mininet

- ▶ Emulador de redes.
- ▶ Comúnmente utilizado para experimentar con SDN y OpenFlow.
- ▶ Ofrece Hosts y Switches.
- ▶ Virtualización ligera (containers).
- ▶ Cumple todos los requerimientos **excepto** el soporte para switches híbridos.
- ▶ Pero permite al usuario definir sus propias clases de nodos para extender las funcionalidades de las clases que vienen por defecto.

Arquitectura de Mininet



Problema con Mininet tradicional

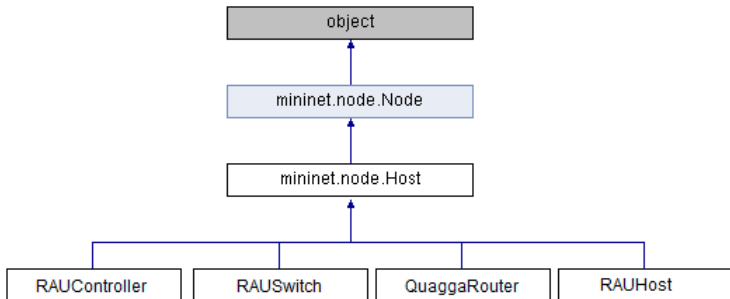
- ▶ Los switches están en el root namespace, así que no es posible que cada uno ejecute su instancia de Quagga.
- ▶ No es posible poner a cada Switch en su propio namespace ya que Open vSwitch no tendría acceso a ellos.
- ▶ Si los switches están en su propio namespace, el controlador OpenFlow (RAUFlow) no puede comunicarse con ellos a través de la interfaz de loopback.

Problema con Mininet tradicional

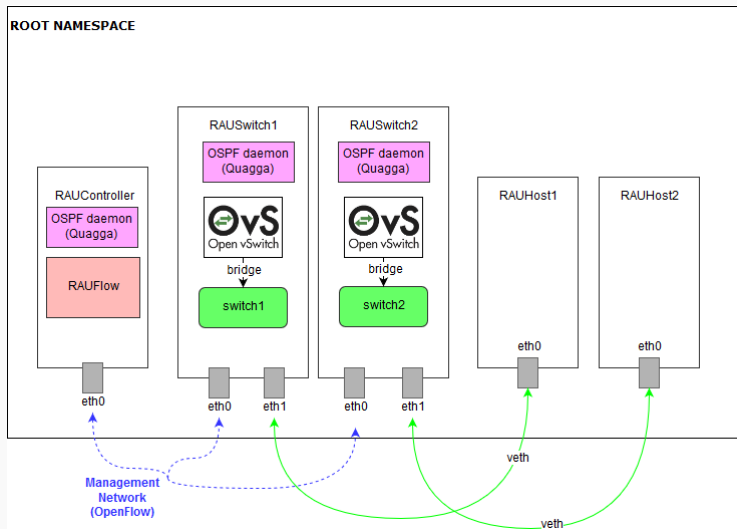
- ▶ Los switches están en el root namespace, así que no es posible que cada uno ejecute su instancia de Quagga.
- ▶ No es posible poner a cada Switch en su propio namespace ya que Open vSwitch no tendría acceso a ellos.
- ▶ Si los switches están en su propio namespace, el controlador OpenFlow (RAUFlow) no puede comunicarse con ellos a través de la interfaz de loopback.

Solución: utilizar Mininet pero como emulador de propósito general.

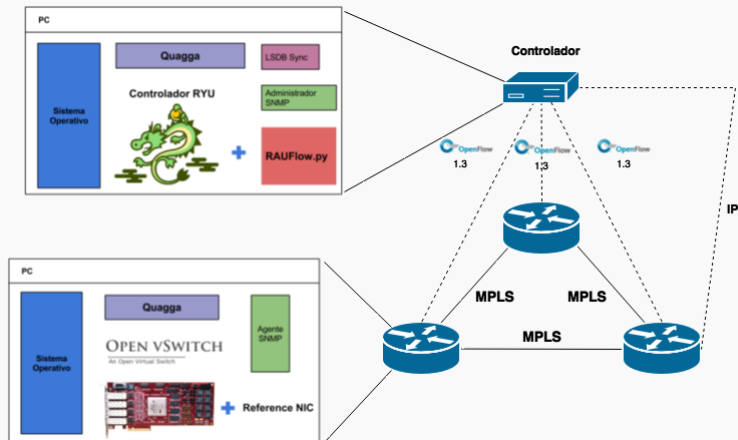
Diseño de la solución



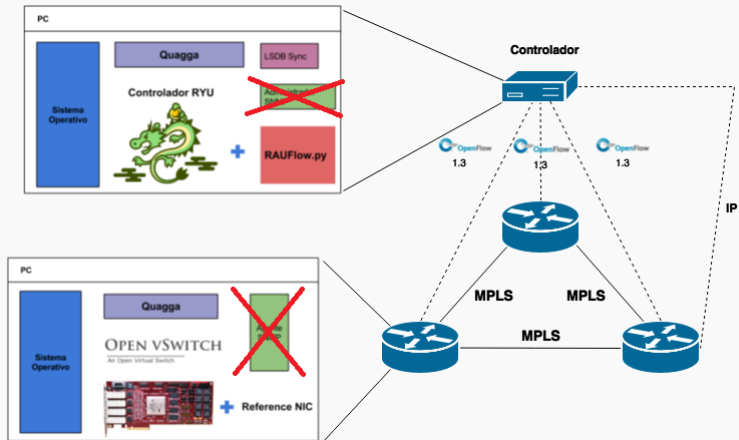
Arquitectura del entorno construido



Eliminación de SNMP



Eliminación de SNMP



Eliminación de SNMP

El envío de datos de las interfaces pasa a implementarse con Open vSwitch (por fuera de OpenFlow).

Ventajas

- ▶ Reduce complejidad de la arquitectura.
- ▶ Reduce carga de cómputo en los switches.

Verificación funcional

Con el entorno construido, el siguiente paso es probar distintos escenarios y topologías para detectar:

- ▶ Problemas con el entorno virtual.
- ▶ Problemas con la arquitectura/código de RAUFlow.

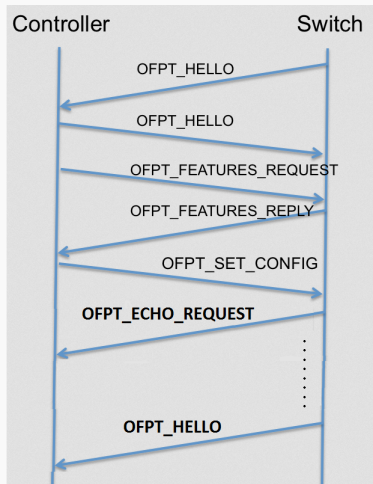
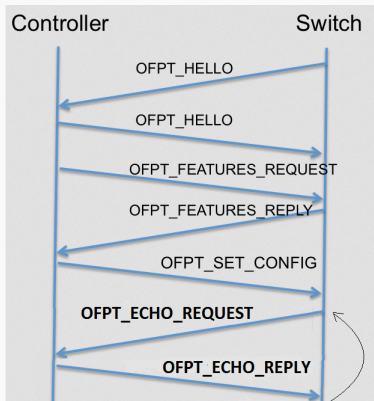
Problemas encontrados

1. **Error en el código de RAUFlow:** error en el algoritmo del camino óptimo. Provocaba una excepción de Python.
2. **Error en el código de RAUFlow:** error en el código que instala los flujos OpenFlow en los nodos. Provocaba que los flujos en cada nodo de un camino tuvieran incorrecto puerto de entrada.

Problemas encontrados

- 3. Posible problema** en el módulo LSDB Sync para leer base de datos topológica de OSPF cuando la topología es muy grande (librería Telnetlib de Python).
- 4. Posible problema** de comunicación en la red de gestión cuando hay muchos switches.

Problemas encontrados



Introducción

Conceptos previos & RAUFlow

Entorno virtual

Pruebas de escala

Conclusiones

Pruebas de escala

Podemos analizar la escalabilidad desde dos frentes:

1. Variable: Tamaño de la topología
Analizar: Creación de los servicios

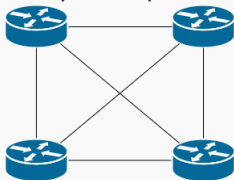
2. Variable: Nivel de carga
Analizar: Rendimiento de la red

✗ Las pruebas no nos dirán valores reales.

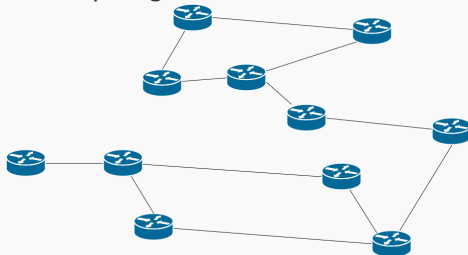
✓ Pero sí nos permiten analizar tendencias y comportamientos

Pruebas de escala: topologías

Topología básica
(prototipo)

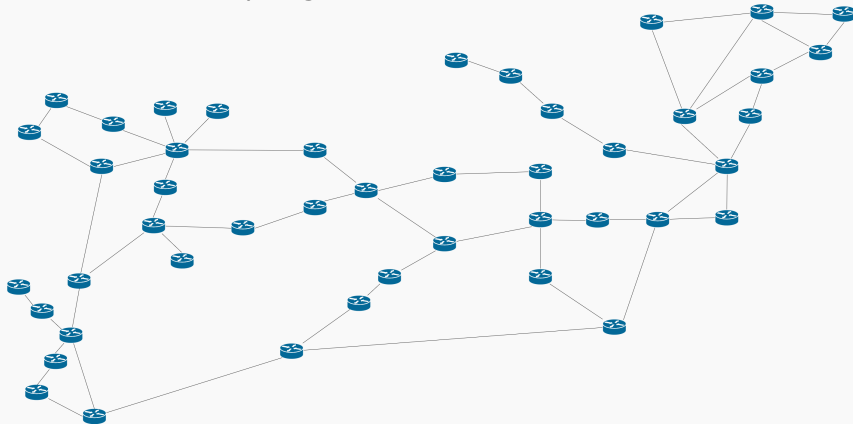


Topología chica (11 nodos)



Pruebas de escala: topologías

Topología mediana (45 nodos)



Tiempos de creación de VPN

VPN de capa 2 (en ms)

Largo del camino	Básica	Chica	Mediana	Grande
1	191	234	311	592
2	N/C	296	611	1204
4	N/C	299	453	1826
6	N/C	313	491	1662
8	N/C	324	567	2692
10	N/C	N/C	481	755
12	N/C	N/C	536	2480

VPN de capa 3 (en ms)

Largo del camino	Básica	Chica	Mediana	Grande
1	17	22	103	418
2	N/C	28	119	675
4	N/C	44	129	1237
6	N/C	53	158	696
8	N/C	60	196	1099
10	N/C	N/C	196	555
12	N/C	N/C	193	971

Tiempos de creación de VPN

VPN de capa 2 (en ms)

Largo del camino	Básica	Chica	Mediana	Grande
1	191	234	311	592
2	N/C	296	611	1204
4	N/C	299	453	1826
6	N/C	313	491	1662
8	N/C	324	567	2692
10	N/C	N/C	481	755
12	N/C	N/C	536	2480




- tiempo


VPN de capa 3 (en ms)

Largo del camino	Básica	Chica	Mediana	Grande
1	17	22	103	418
2	N/C	28	119	675
4	N/C	44	129	1237
6	N/C	53	158	696
8	N/C	60	196	1099
10	N/C	N/C	196	555
12	N/C	N/C	193	971

Tiempos de creación de VPN



Largo del camino	Básica	Chica	Mediana	Grande
1	191	234	311	592
2	N/C	296	611	1204
4	N/C	299	453	1826
6	N/C	313	491	1662
8	N/C	324	567	2692
10	N/C	N/C	481	755
12	N/C	N/C	536	2480



Largo del camino	Básica	Chica	Mediana	Grande
1	17	22	103	418
2	N/C	28	119	675
4	N/C	44	129	1237
6	N/C	53	158	696
8	N/C	60	196	1099
10	N/C	N/C	196	555
12	N/C	N/C	193	971

Tiempos de creación de VPN

VPN de capa 2 (en ms)

Largo del camino	Básica	Chica	Mediana	Grande
1	191	234	311	592
2	N/C	296	611	1204
4	N/C	299	453	1826
6	N/C	313	491	1662
8	N/C	324	567	2692
10	N/C	N/C	481	755
12	N/C	N/C	536	2480



VPN de capa 3 (en ms)

Largo del camino	Básica	Chica	Mediana	Grande
1	17	22	103	418
2	N/C	28	119	675
4	N/C	44	129	1237
6	N/C	53	158	696
8	N/C	60	196	1099
10	N/C	N/C	196	555
12	N/C	N/C	193	971

Introducción

Conceptos previos & RAUFlow

Entorno virtual

Pruebas de escala

Conclusiones

Diapo1