

Práctica 3 Redes de Computadores: Enrutamiento Estático

Kevin Mateo Alvarado Suarez (kevin.alvarado@ucuenca.edu.ec),
Santiago Ariel Armijos Goercke (santiago.armijos@ucuenca.edu.ec)
Universidad de Cuenca
Redes de Computadores

Resumen

En el presente informe proporciona las bases conceptuales esenciales para comprender el proceso de enrutamiento estático. En esencia, esto permite la comunicación entre dispositivos que pertenecen a redes con direcciones IP diferentes. Estas redes están conectadas a través de dispositivos de enrutamiento que pueden estar separados geográficamente. El informe profundiza en las herramientas y dispositivos necesarios para llevar a cabo esta tarea, además de explicar el proceso de enrutamiento de las redes. El enrutamiento es un proceso fundamental para asegurar que los paquetes enviados desde una red lleguen a su destino, siguiendo rutas configuradas entre cada router. Finalmente, estos conceptos se aplican en la creación de una red que conecta de forma remota tres redes LAN con direcciones de red privadas, cada una de ellas conectada a su propio dispositivo de enrutamiento.

I. INTRODUCCIÓN

Cuando se conecta una red LAN, se busca maximizar su rendimiento al permitir la comunicación con dispositivos de otras redes, sin importar las características de estas redes. El objetivo de la interconexión de redes es facilitar la comunicación entre redes con diferentes tecnologías en espacios geográficos más amplios de manera transparente para los usuarios. Los dispositivos de interconexión de redes, como los routers en este caso, están diseñados para potenciar las capacidades de una red y extender su alcance hacia otras redes. En esta práctica, se explorará con más detalle este proceso y se llevará a cabo la simulación de la interconexión de redes LAN remotas utilizando el software Cisco Packet Tracer.

II. OBJETIVOS

1. Conocer el proceso de enrutamiento estático.
2. Conocer el uso y configuración de los dispositivos de enrutamiento.
3. Simular el uso de los dispositivos de enrutamiento en una red compuesta por 3 redes locales y redes WAN.

III. MARCO TEÓRICO

III.1. Tablas de enrutamiento

Las tablas de enrutamiento son herramientas que permiten a los routers conocer la ruta óptima para enviar paquetes de datos, y se crean en función de la red en la que estos dispositivos operan. Una tabla de enrutamiento consiste en un conjunto de reglas que determina la mejor vía que deben seguir los paquetes de datos a través de redes que utilizan el protocolo IP. Este mecanismo es aplicable a cualquier dispositivo que posea una dirección IP, ya que cada uno de ellos cuenta con su propia tabla de enrutamiento para determinar la forma de llegar a su destino. [1]

III.1.1. Componentes: Una tabla de este tipo alberga toda la información esencial para permitir que uno o varios paquetes de datos circulen por la red utilizando la ruta más eficiente. De esta manera, se asegura que lleguen a su destino, especialmente cuando se emplean protocolos de la capa de transporte orientados a la conexión, como TCP, ya que TCP proporciona garantías de entrega de paquetes al destino. Es importante recordar que cada paquete de datos incluye datos adicionales, como la dirección IP de origen y de destino, junto con otros detalles que se encuentran en la cabecera.

Un router, que es un tipo de dispositivo, posee una tabla de enrutamiento. La función principal de esta tabla es habilitar al dispositivo para que pueda dirigir un paquete de datos hacia el siguiente punto de conexión, es decir, hacia la próxima interfaz de red que se encuentre disponible. No obstante, esto está sujeto a la configuración previa que hayamos establecido en nuestros dispositivos de redes, en este contexto, los enrutadores. [1]

Los elementos que componen una tabla de enrutamiento incluyen:

- Red de destino: corresponde a la red a la cual se dirigen los datos.

- Máscara de subred: define la máscara de la red a la cual los datos deben ir.
- Siguiendo salto: conocido como next hop, es la dirección IP de la interfaz de red por donde viajará el paquete de datos.
- Interfaz de salida: es la interfaz de red por donde deben salir los paquetes, para llegar al destino.
- Métricas: cumple varias funciones, una de ellas es indicar el número mínimo de saltos hasta la red destino y sirve para dar prioridad.

Los tipos de rutas que se pueden almacenar en una tabla de enrutamiento son:

- Conectadas directamente.
- Rutas remotas.
- De host.
- Rutas por defecto.
- El destino.

III.1.2. Principios: Existen tres principios fundamentales en relación con las tablas de enrutamiento. Estos abordan diversos problemas a través de la adecuada configuración de protocolos de red, ya sea dinámicos o estáticos, en todos los routers de origen y destino. [1]

- Cada router toma decisiones de manera independiente, basándose en la información contenida en su propia tabla de enrutamiento. Esto implica que un router puede reenviar paquetes según su propia tabla, sin tener conocimiento de las tablas de enrutamiento de otros routers.
- Las tablas de enrutamiento en un router no necesitan coincidir con las de otro router. Por ejemplo, si un dispositivo tiene rutas hacia una determinada red y estas rutas pasan a través de otro router, esto no significa que el segundo router conozca la tabla de enrutamiento del primer dispositivo.
- La información de enrutamiento relacionada con una ruta específica no proporciona detalles sobre la ruta de retorno. En otras palabras, si un router recibe un paquete con una dirección IP de destino de una computadora y la dirección IP de origen de otra computadora, el hecho de que el router pueda reenviar ese paquete de vuelta no garantiza que pueda enviar los paquetes originados en la primera computadora hacia la red de la segunda computadora.

III.1.3. Mantenimiento: Fundamentalmente, hay tres métodos para gestionar las tablas de enrutamiento en redes. En primer lugar, las redes que están conectadas directamente se mantienen automáticamente, ya que las rutas se agregan y eliminan automáticamente. Además, está el enrutamiento estático, donde el administrador de la red es responsable de agregar o eliminar una o varias rutas manualmente. Por último, se encuentra el enrutamiento dinámico. [1]

- Estático: Las rutas estáticas se configuran en el router de forma manual, lo mismo ocurre con su mantenimiento. Existen dos tipos principales de enrutamiento estático, a una red específica y a una red estática predeterminada. En cuanto al comando **ip route** la estructura es la siguiente: **El primer número es la dirección de la red con la cual nos vamos a comunicar, el segundo número es la máscara de esta dirección IP y el tercer número es la dirección IP de la interfaz de salida.**
- Dinámico: Los routers utilizan diversos protocolos de enrutamiento dinámico para intercambiar información sobre el estado de las redes. En lugar de requerir que un administrador de red configure manualmente las tablas de enrutamiento, los protocolos de enrutamiento dinámico se encargan de esta tarea. Estos enfoques brindan una mayor capacidad de escalabilidad, lo que facilita la operación de redes de gran envergadura de manera más eficiente.

III.2. Enrutamiento Estático

El enrutamiento estático proporciona a los ingenieros de redes un control total sobre las rutas utilizadas para transmitir datos en una red. Para lograr este nivel de control, en lugar de depender de la configuración de protocolos de enrutamiento dinámico para generar las tablas de enrutamiento, se crean manualmente. Es esencial comprender las ventajas y desventajas de implementar rutas estáticas, ya que se utilizan ampliamente en redes pequeñas y para establecer la conectividad con proveedores de servicios. Es importante destacar que el enrutamiento estático no es simplemente un método de enrutamiento anticuado. En realidad, escribir una ruta estática en un router implica especificar una ruta y un destino en la tabla de enrutamiento, algo que los protocolos de enrutamiento también hacen, solo que de manera automática. En última instancia, existen solo dos formas de completar una tabla de enrutamiento: de manera manual (mediante la adición de rutas estáticas por parte del administrador) o de forma automática (a través de protocolos de enrutamiento dinámico). [2]

III.3. Líneas Seriales

Las interfaces serial de los routers se emplean para conectar routers entre sí y para vincular un router a las redes WAN. Estas interfaces requieren una señal de sincronización que supervise la comunicación. En la mayoría de los escenarios, un dispositivo DCE (Data Circuit-Terminating Equipment) se encarga de proporcionar esta señal. Los routers de CISCO son, por defecto, dispositivos DTE (Data Terminal Equipment), pero es posible configurarlos como dispositivos DCE si es necesario. Por lo tanto, al configurar interfaces serial, además de asignar una dirección IP y una máscara de red, es esencial definir los parámetros de sincronización para los dispositivos. No obstante, en esta práctica, se utiliza un cable de conexión serial DTE, por lo que no es necesario realizar el paso de establecer los parámetros de sincronización. [3]

En la figura 1 se observan los comandos necesarios para configurar la interfaz serial de un router Cisco.

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface serial 0/0/0
Router(config-if)#ip address 162.16.0.1 255.255.0.0
```

Figura 1: Configuración de una interfaz Serial (Cisco).

III.4. Cómo configurar un enrutamiento estático en un router Huawei

1. Se configura la interfaz serial del router, con el comando **system-view** se inicia sesión en el router y accede al modo de configuración global.
2. Se accede al modo de configuración de la interfaz serial. Se debe especificar el número de la interfaz serial que se desea configurar. Con el comando: **interface serial interface-number**. Ejemplo: interface Serial0/0/0
3. Se configura la dirección IP de la interfaz serial con el comando: **ip address ip-address (mask — mask-length)** . Donde ip-address: Es la dirección IP que se desea asignar a la interfaz. mask o mask-length: sirve para especificar la máscara de red en formato de máscara o la longitud de máscara. Ejemplo: ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
4. Se activa la interfaz con el comando: **undo shutdown**.
5. Se sale de la configuración de la interfaz con el comando: **quit**.
6. Se guarda la configuración con el comando **save**.
7. Se configura el enrutamiento estático, para ello ingresamos al modo configuración con el comando: **system-view**.
8. Se agrega una ruta estático con el siguiente comando: **ip route-static destino máscara siguiente-hop [interfaz — ip-address] [preference]**. Donde, destino: La dirección IP de la red de destino. máscara: La máscara de red que coincide con la red de destino. siguiente-hop: La dirección IP del siguiente salto (router) que se utilizará para alcanzar la red de destino. interfaz: La interfaz de salida que se utilizará para alcanzar la red de destino en lugar de un próximo salto. ip-address: La dirección IP directa del próximo salto en lugar de una interfaz. preference: (Opcional) Especifica la preferencia para la ruta. Un valor más bajo indica una preferencia más alta. Ejemplo: ip route-static 192.168.2.0 255.255.255.0 10.0.0.1
9. Se guarda la configuración con el comando **save**.
10. Se sale del modo configuración con el comando: **quit**.

Información obtenida de: [4]

IV. DESARROLLO

IV.1. Disposición de los dispositivos

Para esta practica usaremos los siguientes dispositivos: una laptop (usar la consola para programar los routers), 3 routers, 3 switches y 6 computadores de escritorio. Figura 2.

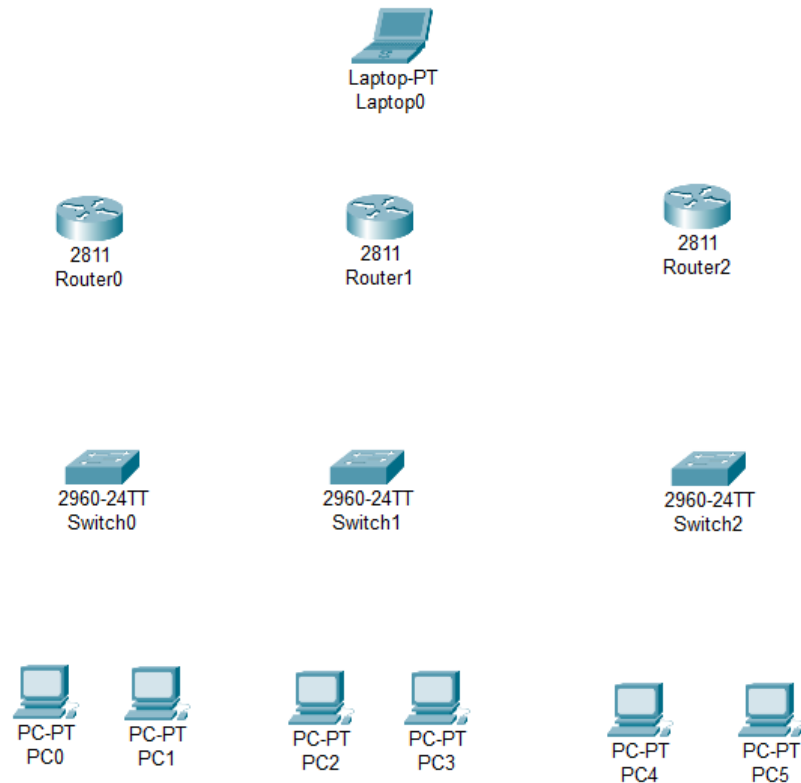


Figura 2: Dispositivos.

En primera instancia se configuraron los routers para que dispongan de los puertos de serie necesarios para poder conectarlos entre si, para ello en el menú de configuración del router en el apartado Physical se apaga el dispositivo utilizando su interruptor de energía, luego se ubica el modulo WIC-1T encargado de proveer un puerto Serial y se arrastra hasta el espacio vacío del router, finalmente se enciende de nuevo el dispositivo. Este proceso se realizo para los routers 1 y 3 ya que solo se conectan con el router 2, para el caso del router 2 se utilizo el modulo WIC-2T ya que provee dos puertos Serial. En la Figura 5 se resume el proceso de esta configuración. Figura 3, 4.

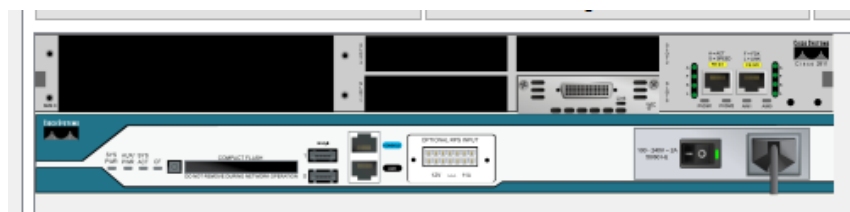


Figura 3: Puertos seriales routers 1-3.

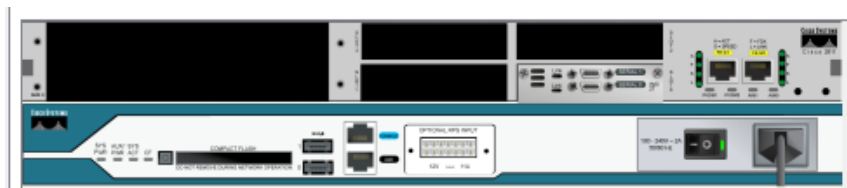


Figura 4: Puertos seriales router 2.

En el caso de la laptop y el router usaremos cable consola para conectarlos, usaremos cable directo para conectar entre dispositivos de diferentes tipos y cable de par trenzado para conectar dispositivos del mismo tipo. Figura 5.

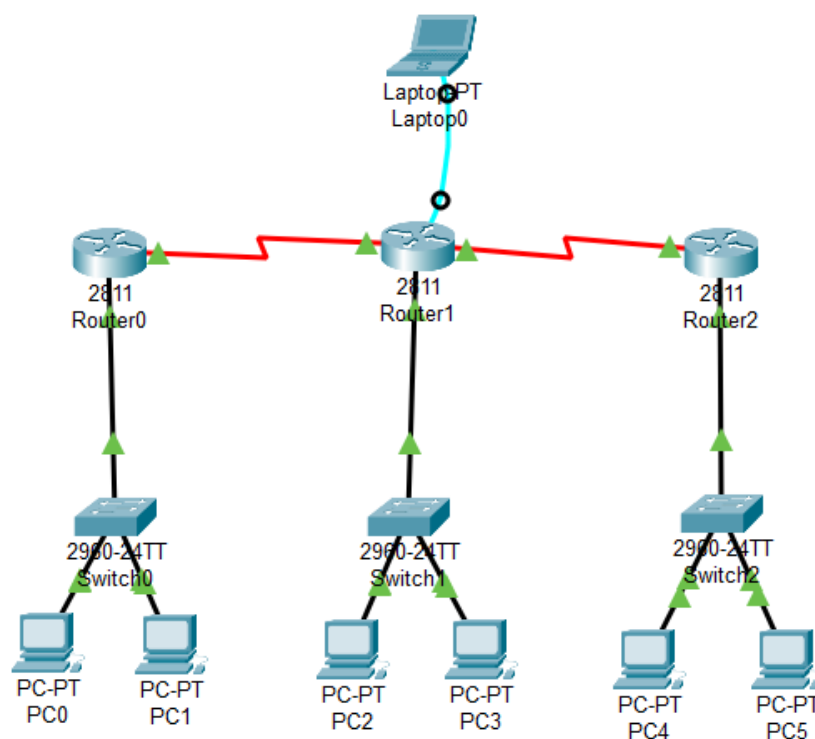


Figura 5: Conexión Dispositivos.

IV.2. Programación Router (Puertos FastEthernet)

Primero se configuró el router y se asignó una IP dentro de cada red a cada uno de los puertos FastEthernet de este dispositivo para así poder comunicar estas redes. Para las tres redes LAN se escogieron las siguientes direcciones IP privadas, red 1 - 10.0.0.0, red 2 - 172.24.0.0 y red 3 - 192.168.7.0. El proceso arranca al ingresar al menú de configuración de la laptop y en el menú Desktop se selecciona la opción Terminal, y se presiona Ok, con esto se muestra el terminal del router.

A continuación debemos acceder al router e ingresar los siguientes comandos:

```
Router>enable
Router#configure terminal
```

Una vez ingresados se coloca la siguiente secuencia de códigos para cada puerto FastEthernet, se indica el puerto FastEthernet a configurar con *interface fastethernet* *-/-*, se indica la IP y máscara de red a asignar a ese puerto con *ip address dirección máscara*, y se habilita el puerto con *no shutdown*. En nuestro caso ingresaremos los siguientes comandos para configurar los diferentes routers:

Router 1

```
Router(config)#interface fastethernet 0/0
```

```
Router(config)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
Router(config)#no shutdown
```

Router 2

```
Router(config)#interface fastethernet 0/0
Router(config)#ip address 172.24.0.1 255.255.0.0
Router(config)#no shutdown
```

Router 3

```
Router(config)#interface fastethernet 0/0
Router(config)#ip address 192.168.7.1 255.255.255.0
Router(config)#no shutdown
```

Y de esta manera tenemos los puertos FastEthernet configurados para cada una de las redes. Figura 6.

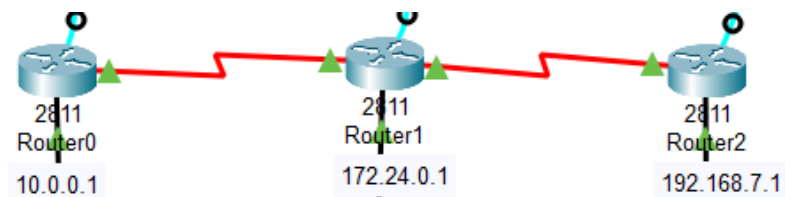


Figura 6: Configuración Puertos Ethernet.

IV.3. Programación Router (Puertos Serial)

Para la conexión entre routers 1 y 2 se escogió la dirección IP clase A 126.0.0.0 y para los routers 2 y 3 se escogió la dirección IP clase B 165.2.0.0. A continuación se muestran los comandos usados en esta sección:

Router 1

```
Router(config)#interface serial 0/0/0  
Router(config)#ip address 126.0.0.1 255.0.0.0  
Router(config)#no shutdown
```

Router 2

```
Router(config)#interface serial 0/0/0  
Router(config)#ip address 126.0.0.2 255.0.0.0  
Router(config)#no shutdown  
Router(config)#interface serial 0/0/1  
Router(config)#ip address 165.2.0.1 255.255.0.0  
Router(config)#no shutdown
```

Router 3

```
Router(config)#interface serial 0/0/0  
Router(config)#ip address 165.2.0.2 255.255.0.0  
Router(config)#no shutdown
```

Y de esta manera tenemos los puertos Serial configurados para cada una de las redes. Figura 7.

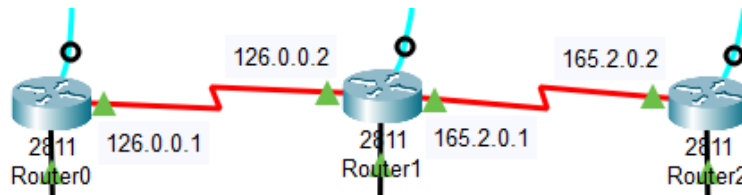


Figura 7: Configuración Puertos Serial.

IV.4. Programación de las tablas de enrutamiento

Para que los paquetes de datos enviados de una red a otra lleguen con éxito se configuraron las rutas por las cuales viajarán dichos paquetes, para ello a través de la terminal de cada router se configuraron las rutas utilizando primero el comando *configure terminal* y luego *ip route ip red destino mascara red destino gateway router*. A continuación se muestran los comandos usados en esta sección:

Router 1

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#ip route 172.24.0.0 255.255.0.0 126.0.0.2
Router(config)#ip route 192.168.7.0 255.255.255.0 126.0.0.2
```

Router 2

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 162.0.0.1
Router(config)#ip route 192.168.7.0 255.255.255.0 165.2.0.2
```

Router 3

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#ip route 172.24.0.0 255.255.0.0 165.2.0.1
Router(config)#ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 165.2.0.1
```

IV.5. Configuración de las direcciones IP a cada dispositivo

Por último, toca configurar cada uno de los dispositivos LAN (computadoras de escritorio) con una IP correspondiente a la que se le fue asignada a su red. Figura 8, 9, 10, 11.

IPv4 Address	10.0.0.2
Subnet Mask	255.0.0.0
Default Gateway	10.0.0.1
DNS Server	0.0.0.0

Figura 8: Configuración Dispositivo Red 1.

IPv4 Address	172.24.0.2
Subnet Mask	255.255.0.0
Default Gateway	172.24.0.1
DNS Server	0.0.0.0

Figura 9: Configuración Dispositivo Red 2.

IPv4 Address	192.168.7.2
Subnet Mask	255.255.255.0
Default Gateway	192.168.7.1
DNS Server	0.0.0.0

Figura 10: Configuración Dispositivo Red 3.

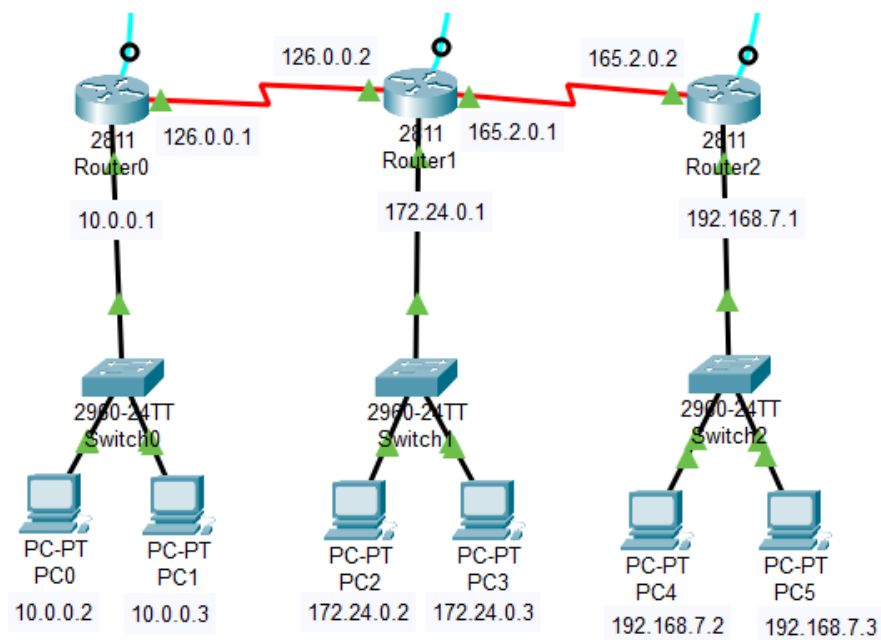


Figura 11: Configuración de Dispositivos de las redes LAN.

IV.6. Pruebas de comunicación

Finalmente, haremos una prueba de comunicación entre las diferentes redes. Figura 12, 13, 14.

```
C:\>ping 172.24.0.2

Pinging 172.24.0.2 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 172.24.0.2: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 172.24.0.2: bytes=32 time=12ms TTL=126
Reply from 172.24.0.2: bytes=32 time=1ms TTL=126

Ping statistics for 172.24.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 1ms, Maximum = 12ms, Average = 4ms
```

Figura 12: Comunicación Red 1-2.

```
C:\>ping 192.168.7.2

Pinging 192.168.7.2 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.7.2: bytes=32 time=3ms TTL=125
Reply from 192.168.7.2: bytes=32 time=3ms TTL=125
Reply from 192.168.7.2: bytes=32 time=2ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.7.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 2ms, Maximum = 3ms, Average = 2ms
```

Figura 13: Comunicación Red 1-3.

```
C:\>ping 10.0.0.3

Pinging 10.0.0.3 with 32 bytes of data:

Reply from 10.0.0.3: bytes=32 time=16ms TTL=128
Reply from 10.0.0.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.0.0.3: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 10.0.0.3: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 10.0.0.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 16ms, Average = 4ms
```

Figura 14: Comunicación Red 2-3.

V. CONCLUSIONES

La posibilidad de generar redes formadas por la interconexión de otras redes con su propio dominio de direcciones IP permiten una mayor independencia de cada red ya que cada una puede ser diseñada para

cumplir propósitos específicos y pueden manejar su propia información de manera interna, mientras que de ser necesario solo reciben o envían información específica de otras redes las cuales pueden encontrarse físicamente alejadas entre si. Adicionalmente, se pueden emplear los beneficios del enrutamiento de redes locales con fines administrativos ya que por ejemplo cada red puede pertenecer a un departamento u oficina específica dentro de una empresa la cual a su vez puede estar fragmentada en sucursales distribuidas a lo largo de una ciudad.

REFERENCIAS

- [1] "Tabla de enrutamiento: Qué es, para qué sirve y cómo configurarla." [Online]. Available: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/tabla-enrutamiento-router-que-es/>
- [2] "Enrutamiento estático vs dinámico," Sep. 2021. [Online]. Available: <https://openwebinars.net/blog/enrutamiento-estatico-vs-dinamico/>
- [3] A. Walton, "Conexiones PSTN: Conexión Serial Punto a Punto," Feb. 2018. [Online]. Available: <https://ccnadesdecero.es/conexion-serial-punto-a-punto/>
- [4] "Comandos Básicos HUAWEI." [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/mbr4v0v/gua-rpida-de-comandos-bsicos-huawei>