

PROTOSCOLOS DE ENRUTAMIENTO



CONTENIDOS

- Introducción
- Cómo enrutan los hosts
 - Tablas enrutamiento hosts IPv4
 - Tablas enrutamiento hosts IPv6
- Tablas de enrutamiento del router
- Tipos de enrutamiento
 - Enrutamiento estático
 - Enrutamiento dinámico
- Enrutamiento VLANs



INTRODUCCIÓN



NECESIDAD DEL ENRUTAMIENTO

- En una red, sobre todo si es WAN con enlaces de largas distancias, es **muy importante** que existan diferentes rutas para alcanzar un mismo destino.



¿Por qué es necesario?



NECESIDAD DEL ENRUTAMIENTO

- En caso de fallo de un enlace, un equipo no queda aislado
- En caso de saturación de tráfico, posibilita la selección de un camino alternativo
- Recuerda cuáles eran los inicios de Internet => ARPAnet orígenes militares



Enrutamiento global



¿A DÓNDE PUEDE VIAJAR UN PAQUETE?

Dentro de la misma máquina

- En este caso se hace referencia con la IP 127.0.0.1 “loopback”
- Esta dirección de loopback se asigna automáticamente a un host cuando se ejecuta TCP/IP
- Es útil para pruebas de desarrollo web

A otro host dentro de la misma red

- Ambos host comparten la misma dirección de red

A otro host remoto (en otra red distinta)

- No comparten la dirección de red



¿A DÓNDE PUEDE VIAJAR UN PAQUETE?

¿Cómo sabía si dos hosts pertenecían a la misma red?



¿A DÓNDE PUEDE VIAJAR UN PAQUETE?

¿Cómo sabía si dos hosts pertenecían a la misma red?



- Para determinar si un paquete está destinado a un host local o un host remoto, se compara la combinación de la dirección IP y la máscara de subred del dispositivo de origen (o emisor) con la dirección IP y la máscara de subred del dispositivo de destino.



CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS



DESTINOS LOCALES

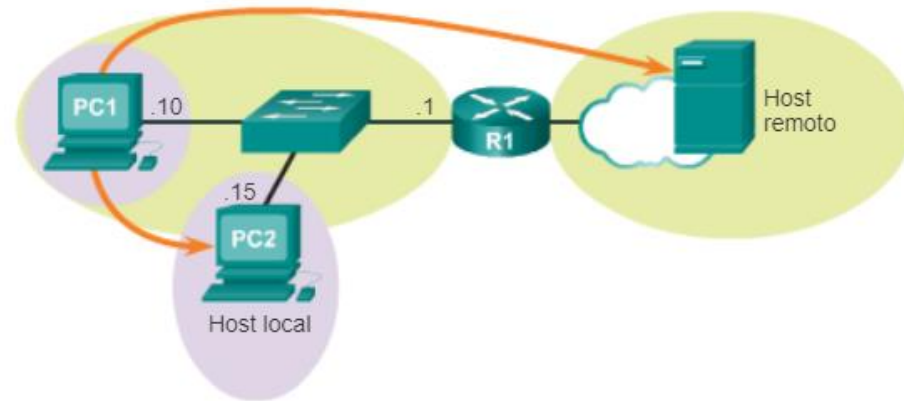
- En una red doméstica o comercial, es posible que tenga varios dispositivos conectados por cable o inalámbricos interconectados mediante un dispositivo intermediario, como un switch LAN o un punto de acceso inalámbrico (WAP).
- Este dispositivo intermediario proporciona interconexiones entre los hosts locales en la red local.
- Los hosts locales pueden comunicarse y compartir información sin necesidad de ningún dispositivo adicional.

Si un host envía un paquete a un dispositivo que está configurado con la misma red IP que el dispositivo host, el paquete tan solo se reenvía por la interfaz del host, a través del dispositivo intermediario, directamente al dispositivo de destino.



DESTINOS REMOTOS

- En la mayoría de las situaciones deseamos que los dispositivos puedan conectarse más allá del segmento de red local: a otros hogares, a otras empresas y a Internet.
- Los dispositivos que están más allá del segmento de red local se conocen como “hosts remotos”.
- Cuando un dispositivo de origen envía un paquete a un dispositivo de destino remoto, se necesita la ayuda de **routers** y el **enrutamiento**.



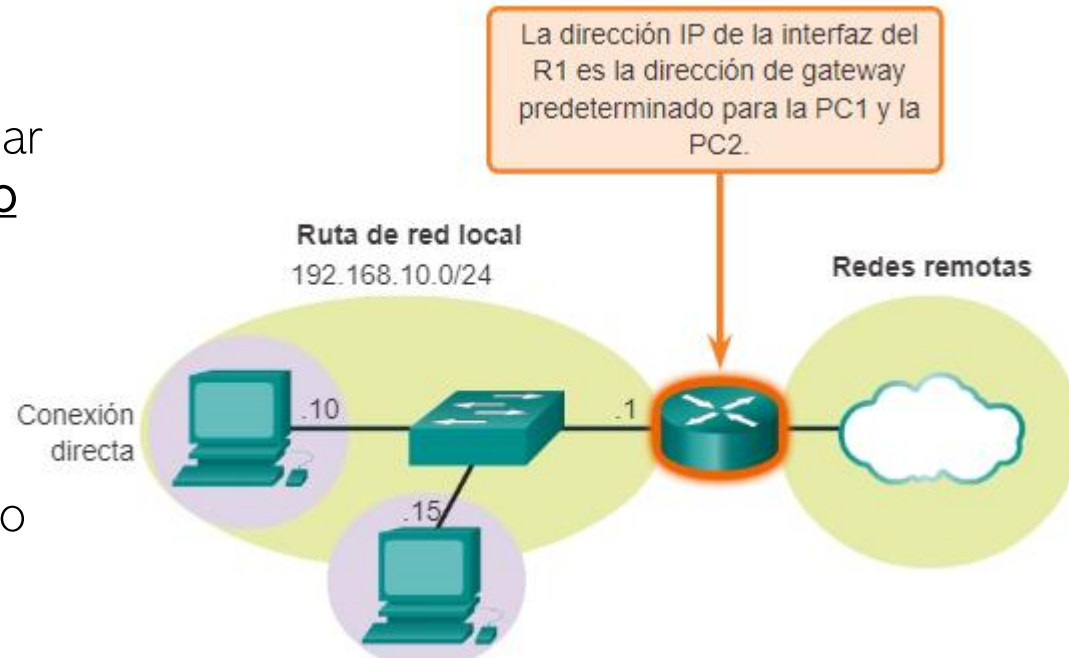
El enrutamiento es el proceso mediante el cual se identifica el mejor camino hacia un destino.
El router conectado al segmento de red local se denomina gateway predeterminado.



CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS

El gateway predeterminado es el dispositivo que enruta el tráfico desde la red local hacia los dispositivos en las redes remotas.

- Si el host envía un paquete a un dispositivo en otra red IP, debe reenviar el paquete al gateway predeterminado a través del dispositivo intermediario.
- Esto se debe a que los dispositivos host no mantienen la información de enrutamiento más allá de la red local para llegar a destinos remotos; esto lo hace el gateway predeterminado.

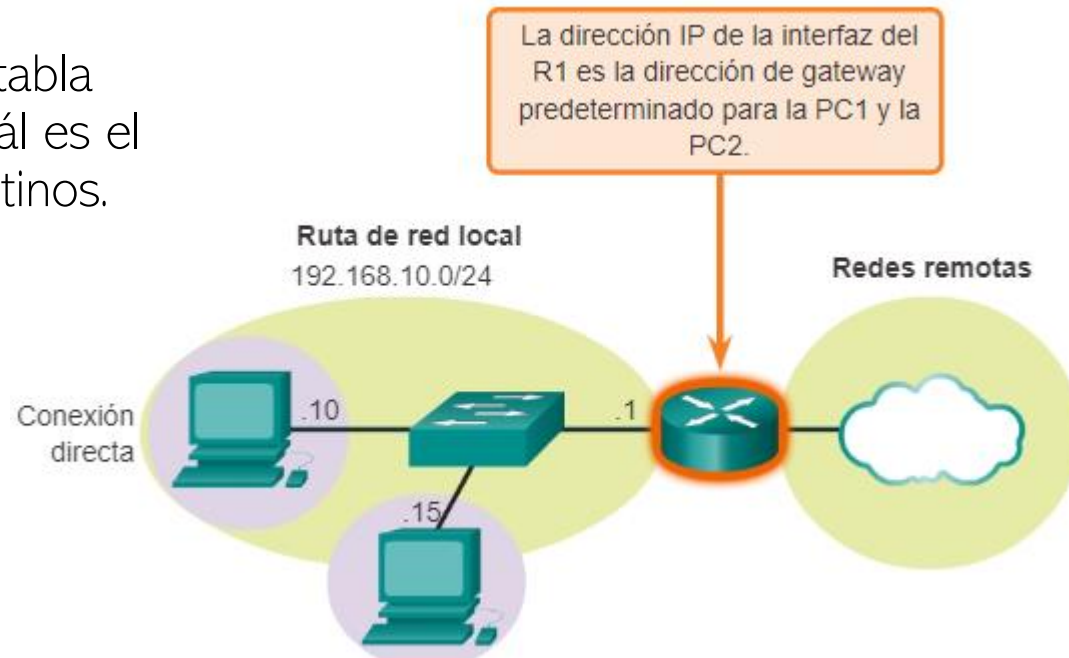


CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS

- El gateway predeterminado, que en general es un router, mantiene una tabla de enrutamiento.

Una tabla de enrutamiento es un archivo de datos que se encuentra en la RAM y que se utiliza para almacenar información de la ruta sobre la red conectada directamente, así como las entradas de redes remotas descubiertas por el dispositivo.

- El router utiliza la información en la tabla de enrutamiento para determinar cuál es el mejor camino para llegar a esos destinos.



CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS

¿Cómo decide un host si debe o no debe reenviar paquetes al gateway predeterminado?



CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS



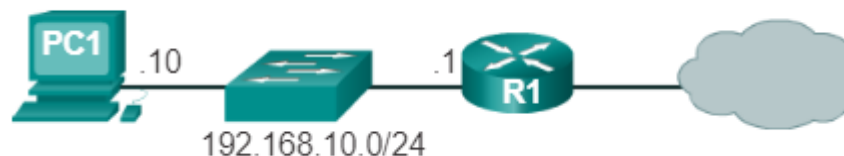
¿Cómo decide un host si debe o no debe reenviar paquetes al gateway predeterminado?

- Los hosts deben poseer una tabla de enrutamiento local propia para asegurarse de que los paquetes de la capa de red se dirijan a la red de destino correcta



TABLAS ENRUTAMIENTO DEL HOST

- Los comandos **netstat -r** y **route print** nos muestran la tabla de enrutamiento de nuestro PC.
- Ejemplo:



```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

```
<output omitted>
```

```
IPv4 Route Table
```

```
=====
```

```
Active Routes:
```

Network Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
192.168.10.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10	281
192.168.10.10	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
192.168.10.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10	281
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281

```
=====
```

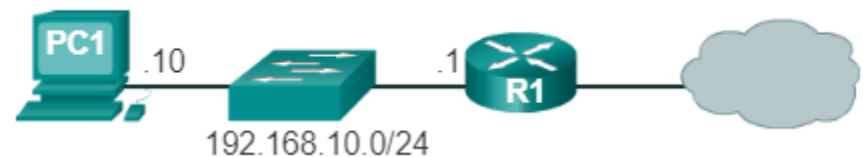
```
<output omitted>
```



TABLAS ENRUTAMIENTO DEL HOST

- Las tablas de enrutamiento muestran cinco columnas que identifican:

- Destino de red:** enumera las redes que se pueden alcanzar.
- Máscara de red:** incluye una máscara de subred que le indica al host cómo determinar las porciones de red y de host de la dirección IP.
- Puerta de acceso:** indica la dirección que utiliza la PC local para llegar a un destino en una red remota. Si un destino es directamente accesible, se muestra como “on-link” en esta columna.
- Interfaz:** indica la dirección de la interfaz física utilizada para enviar el paquete al gateway que se emplea para llegar al destino de red.
- Métrica:** indica el coste de cada ruta y se utiliza para determinar la mejor ruta a un destino.



```
C:\Users\PC1> netstat -r
<output omitted>
IPv4 Route Table
=====
Active Routes:

```

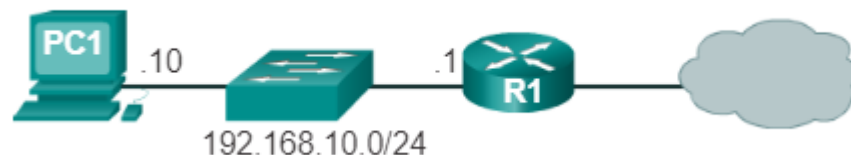
Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	192.168.10.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.10	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10	281
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281

```
=====
<output omitted>
```



TABLAS ENRUTAMIENTO DEL HOST

- Los comandos **netstat -r** y **route print** nos muestran la tabla de enrutamiento de nuestro PC.
- Ejemplo:



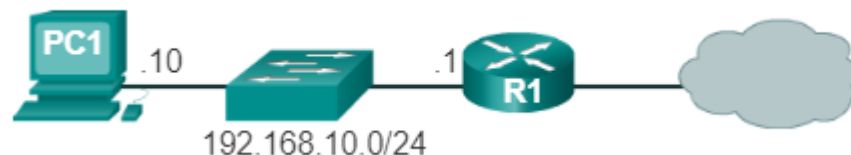
0.0.0.0 cuando el destino sea cualquier dirección se envían al gateway con la dirección IP 192.168.10.1 (R1) que sale de la interfaz con la dirección IP 192.168.10.10.

```
C:\Users\PC1> netstat -r
<output omitted>
IPv4 Route Table

=====
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway          Interface        Metric
-----
0.0.0.0                    0.0.0.0          192.168.10.1    192.168.10.10    25
127.0.0.0                  255.0.0.0        On-link         127.0.0.1        306
127.0.0.1                  255.255.255.255  On-link         127.0.0.1        306
127.255.255.255            255.255.255.255  On-link         127.0.0.1        306
192.168.10.0                255.255.255.0    On-link         192.168.10.10    281
192.168.10.10              255.255.255.255  On-link         192.168.10.10    281
192.168.10.255             255.255.255.255  On-link         192.168.10.10    281
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link         127.0.0.1        306
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link         192.168.10.10    281
255.255.255.255            255.255.255.255  On-link         127.0.0.1        306
255.255.255.255            255.255.255.255  On-link         192.168.10.10    281
=====
<output omitted>
```

TABLAS ENRUTAMIENTO DEL HOST

- Los comandos **netstat -r** y **route print** nos muestran la tabla de enrutamiento de nuestro PC.
- Ejemplo:



127.0.0.0 – 127.255.255.255

Direcciones de loopback

Cuando el destino sea 127 seguido de “cualquier cosa”, se refiere a cómo llega a sí mismo.

Para ello, deberá salir por 127.0.0.1 (dirección “loopback”)

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

```
<output omitted>
```

```
IPv4 Route Table
```

```
=====
```

```
Active Routes:
```

Network Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
192.168.10.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10	281
192.168.10.10	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
192.168.10.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10	281
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281

```
<output omitted>
```

TABLAS ENRUTAMIENTO DEL HOST

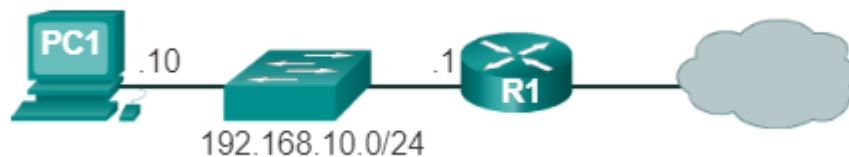
- Los comandos **netstat -r** y **route print** nos muestran la tabla de enrutamiento de nuestro PC.
- Ejemplo:

192.168.10.0 - 192.168.10.255 direcciones de la red local

Cuando el destino sea 192.168... estamos haciendo referencia a cómo llegar a cualquier host dentro de la red. Para ello, deberá salir por la interface de su equipo 192.168.10.10

Recuerda que estamos dentro de la misma red, solo usaremos el Gateway cuando salimos de la red.

- 192.168.10.0: dirección de la ruta de red local que representa todas las PC en la red 192.168.10.x.
- 192.168.10.10: dirección del host local.
- 192.168.10.255: dirección de broadcast de la red, que envía mensajes a todos los hosts en la ruta de red local.



```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

```
<output omitted>
```

```
IPv4 Route Table
```

```
=====
```

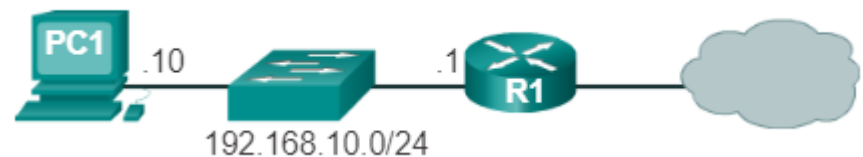
```
Active Routes:
```

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.0	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	192.168.10.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.10	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10	281
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281

```
<output omitted>
```

TABLAS ENRUTAMIENTO DEL HOST

- Los comandos **netstat -r** y **route print** nos muestran la tabla de enrutamiento de nuestro PC.
- Ejemplo:



224.0.0.0

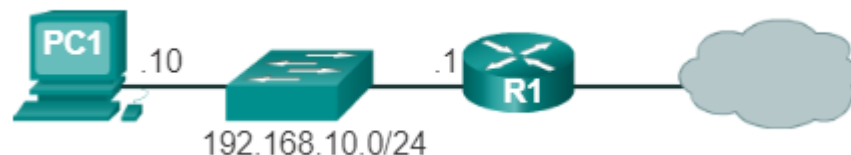
Direcciones multicast de clase D especiales reservadas para usar mediante la interfaz loopback (127.0.0.1) o la dirección IP del host (192.168.10.10).

```
C:\Users\PC1> netstat -r
<output omitted>
IPv4 Route Table

=====
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway          Interface        Metric
-----
0.0.0.0                    0.0.0.0          192.168.10.1    192.168.10.10    25
127.0.0.0                  255.0.0.0        On-link         127.0.0.1        306
127.0.0.1                  255.255.255.255  On-link         127.0.0.1        306
127.255.255.255            255.255.255.255  On-link         127.0.0.1        306
192.168.10.0                255.255.255.0    On-link         192.168.10.10    281
192.168.10.10              255.255.255.255  On-link         192.168.10.10    281
192.168.10.255             255.255.255.255  On-link         192.168.10.10    281
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link         127.0.0.1        306
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link         192.168.10.10    281
255.255.255.255            255.255.255.255  On-link         127.0.0.1        306
255.255.255.255            255.255.255.255  On-link         192.168.10.10    281
=====
<output omitted>
```

TABLAS ENRUTAMIENTO DEL HOST

- Los comandos **netstat -r** y **route print** nos muestran la tabla de enrutamiento de nuestro PC.
- Ejemplo:



255.255.255.255

Las últimas dos direcciones representan los valores de direcciones IP de broadcast limitado para usar mediante la interfaz loopback (127.0.0.1) o la dirección IP del host (192.168.10.10). Estas direcciones se pueden utilizar para buscar un servidor de DHCP antes de que se determine la dirección IP local.

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

```
<output omitted>
```

```
IPv4 Route Table
```

```
=====
```

```
Active Routes:
```

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	192.168.10.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.10	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10	281
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281

```
<output omitted>
```

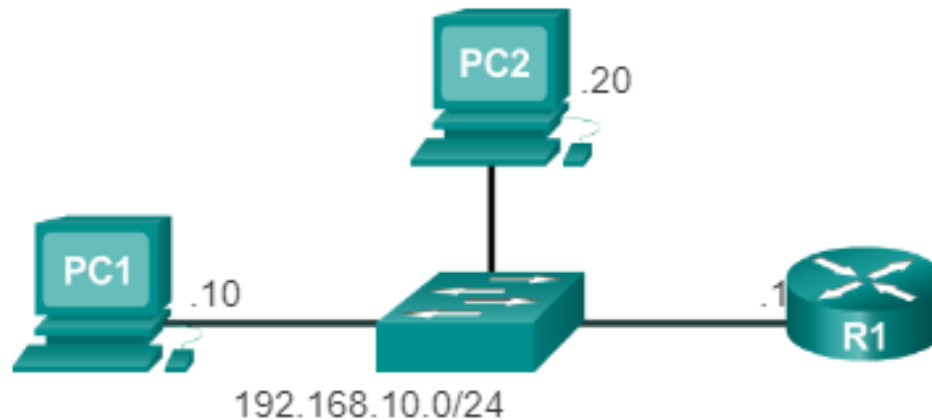

TABLAS ENRUTAMIENTO DEL HOST

- Por tanto, la tabla enrutamiento local del host contiene lo siguiente:
 - **Conexión directa:** se trata de una ruta a la interfaz loopback (127.0.0.1).
 - **Ruta de red local:** la red a la cual está conectado el host se completa automáticamente en la tabla de enrutamiento del host.
 - **Ruta predeterminada local:** la ruta predeterminada representa la ruta que los paquetes deben seguir para llegar a todas las direcciones de redes remotas. La ruta predeterminada se crea cuando hay una dirección de gateway predeterminado en el host. La dirección de gateway predeterminado es la dirección IP de la interfaz de red del router que está conectada a la red local.
- Es importante observar que la ruta predeterminada y, por lo tanto, el gateway predeterminado, se utilizan solo cuando un host debe reenviar paquetes a una red remota. No se requieren, ni es necesario configurarlos, si solo se envían paquetes a dispositivos en la red local.



CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV4

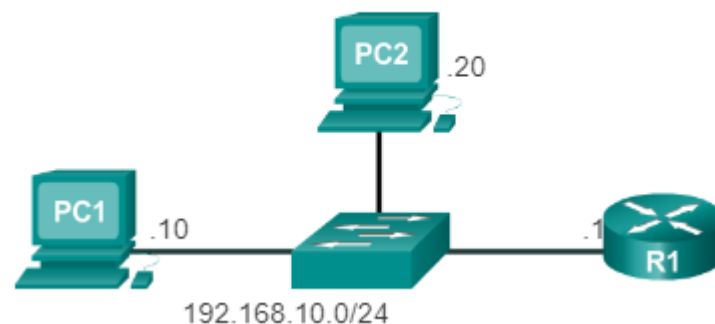
CASO 1: A UN HOST LOCAL: Veamos qué debería hacer el host PC1 para enviar un paquete al host PC2



CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV4

CASO 1: A UN HOST LOCAL: Veamos qué debería hacer el host PC1 para enviar un paquete al host PC2

1. Consultar la tabla de enrutamiento
2. Encontrar la correspondencia entre la IP destino
3. PC1 enviará el paquete hacia el destino final mediante su interfaz local 192.168.10.10



```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

```
<Resultado omitido>
```

```
IPv4 Route Table
```

```
=====
```

```
Active Routes:
```

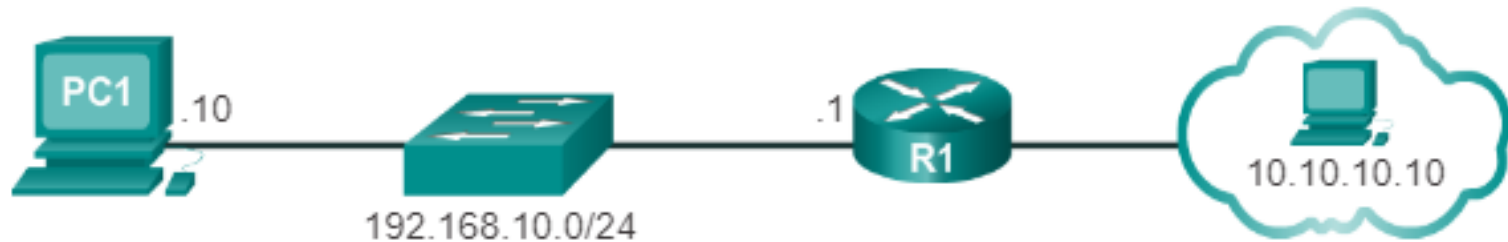
Network Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
192.168.10.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10	281
192.168.10.10	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
192.168.10.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10	281
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281

```
<Resultado omitido>
```



CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV4

CASO 2: A UN HOST REMOTO: Veamos qué debería hacer el host PC1 para enviar un paquete al host 10.10.10.10



CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV4

CASO 2: A UN HOST REMOTO: Veamos qué debería hacer el host PC1 para enviar un paquete al host 10.10.10.10

1. Consultar la tabla de enrutamiento



2. Encontrar la correspondencia entra la IP destino → No hay coincidencia

3. Elegir la ruta predeterminada local (0.0.0.0) para descubrir que debe reenviar el paquete a la dirección de gateway 192.168.10.1.

4. PC1 reenvía el paquete al gateway para usar su interfaz local (192.168.10.10). A continuación, el dispositivo de gateway determina la siguiente ruta para que el paquete llegue a la dirección de destino final 10.10.10.10.

```
C:\Users\PC1> netstat -r
<Resultado omitido>
IPv4 Route Table
=====
Active Routes:
  Network Destination        Netmask          Gateway          Interface Metric
  0.0.0.0                    0.0.0.0          192.168.10.1     192.168.10.10     25
  127.0.0.0                  255.0.0.0        On-link          127.0.0.1         306
  127.0.0.1                  255.255.255.255  On-link          127.0.0.1         306
  192.168.10.0                255.255.255.255  On-link          127.0.0.1         306
  192.168.10.10              255.255.255.255  On-link          192.168.10.10     281
  192.168.10.255             255.255.255.255  On-link          192.168.10.10     281
  224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link          127.0.0.1         306
  224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link          192.168.10.10     281
  255.255.255.255            255.255.255.255  On-link          127.0.0.1         306
  255.255.255.255            255.255.255.255  On-link          192.168.10.10     281
=====
<Resultado omitido>
```



CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV6

- El resultado de la tabla de rutas IPv6 difiere en los encabezados de las columnas y el formato, debido a que las direcciones IPv6 son más largas.
- Ejemplo:

fe80::2c30:3071:e718:a926/128

2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

<Resultado omitido>

IPv6 Route Table

=====

Active Routes:

If	Metric	Network	Destination	Gateway
16	58	::/0		On-link
1	306	::1/128		On-link
16	58	2001::/32		On-link
16	306	2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128		On-link
1	306	ff00::/8		On-link
16	306	ff00::/8		On-link
15	281	ff00::/8		On-link

=====

<Resultado omitido>

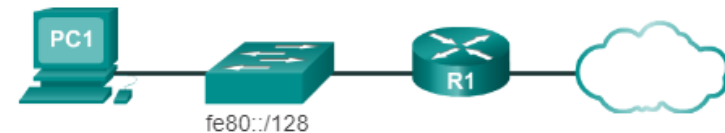


CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV6

■ La tabla de enrutamiento muestra cuatro columnas:

- **If:** los números de interfaz corresponden a las interfaces con capacidad de red en el host, incluidos los adaptadores Ethernet, Wi-Fi y Bluetooth.
- **Métrica:** indica el coste de cada ruta a un destino. Los números más bajos indican las rutas preferidas.
- **Destino de red:** enumera las redes que se pueden alcanzar.
- **Puerta de acceso:** indica la dirección que utiliza el host local para reenviar paquetes a un destino de red remoto. “On-link” indica que el host actualmente está conectado.

fe80::2c30:3071:e718:a926/128
2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

<Resultado omitido>

IPv6 Route Table

Active Routes:

If	Metric	Network	Destination	Gateway
16	58	::/0		On-link
1	306	::1/128		On-link
16	58	2001::/32		On-link
16	306	2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128		On-link
1	306	ff00::/8		On-link
16	306	ff00::/8		On-link
15	281	ff00::/8		On-link

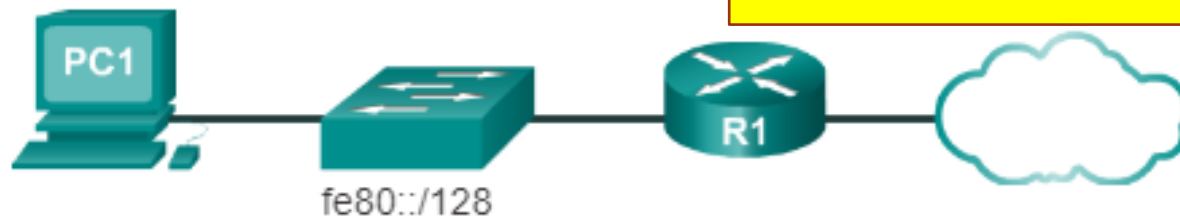
<Resultado omitido>

CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV6

Nota: en general, las interfaces en IPv6 tienen dos direcciones IPv6: una dirección link-local y una dirección unicast global. Asimismo, observe que no hay direcciones de broadcast en IPv6. Las direcciones IPv6 se analizan en mayor detalle en el capítulo siguiente.

■ Ejemplo

fe80::2c30:3071:e718:a926/128
2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



::/O: equivalente en IPv6 a la ruta predeterminada local.

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

<Resultado omitido>

IPv6 Route Table

```
=====
Active Routes:
  If Metric Network Destination      Gateway
  16      58  ::/0
  1      306  ::1/128
  16      58  2001::/32
  16      306  2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128
                                On-link
  15      281  fe80::/64
  16      306  fe80::/64
                                On-link
  16      306  fe80::2c30:3071:e718:a926/128
                                On-link
  15      281  fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128
                                On-link
  1      306  ff00::/8
  16      306  ff00::/8
                                On-link
  15      281  ff00::/8
                                On-link
=====
```

<Resultado omitido>

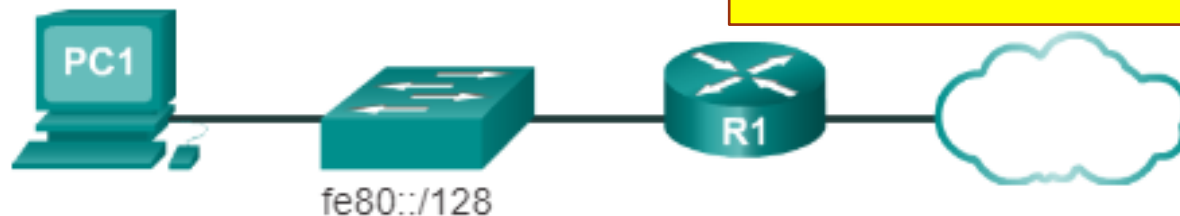


CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV6

Nota: en general, las interfaces en IPv6 tienen dos direcciones IPv6: una dirección link-local y una dirección unicast global. Asimismo, observe que no hay direcciones de broadcast en IPv6. Las direcciones IPv6 se analizan en mayor detalle en el capítulo siguiente.

■ Ejemplo

fe80::2c30:3071:e718:a926/128
2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



::1/128: equivale a la dirección de loopback IPv4 y proporciona servicios al host local

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

<Resultado omitido>

IPv6 Route Table

=====

Active Routes:

If	Metric	Network	Destination	Gateway
16	58	::/0		On-link
1	306	::1/128		On-link
16	58	2001::/32		On-link
16	306	2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128		On-link
1	306	ff00::/8		On-link
16	306	ff00::/8		On-link
15	281	ff00::/8		On-link

=====

<Resultado omitido>

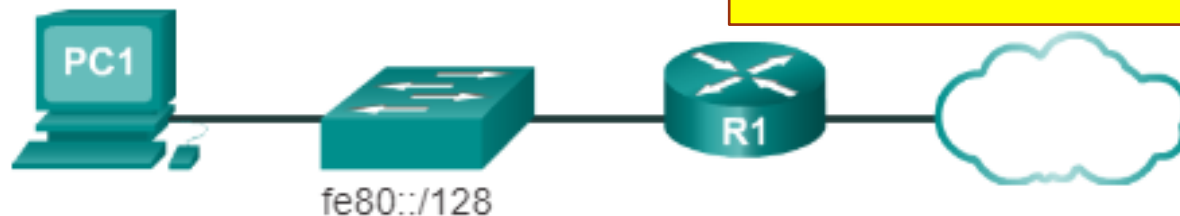


CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV6

Nota: en general, las interfaces en IPv6 tienen dos direcciones IPv6: una dirección link-local y una dirección unicast global. Asimismo, observe que no hay direcciones de broadcast en IPv6. Las direcciones IPv6 se analizan en mayor detalle en el capítulo siguiente.

■ Ejemplo

fe80::2c30:3071:e718:a926/128
2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



2001::/32: prefijo de red unicast global

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

<Resultado omitido>

IPv6 Route Table

=====

Active Routes:

If	Metric	Network	Destination	Gateway
16	58	::/0		On-link
1	306	::1/128		On-link
16	58	2001::/32		On-link
16	306	2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128		On-link
1	306	ff00::/8		On-link
16	306	ff00::/8		On-link
15	281	ff00::/8		On-link

<Resultado omitido>

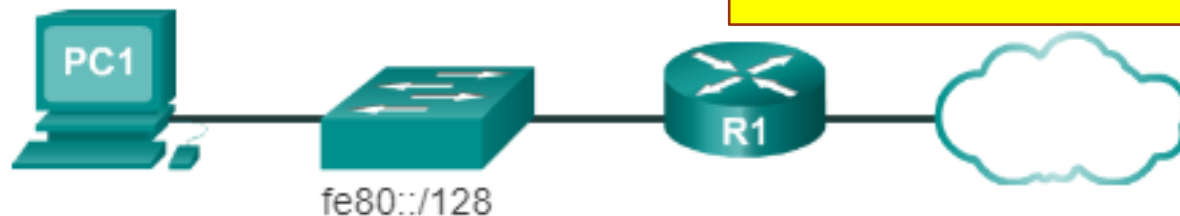


CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV6

Nota: en general, las interfaces en IPv6 tienen dos direcciones IPv6: una dirección link-local y una dirección unicast global. Asimismo, observe que no hay direcciones de broadcast en IPv6. Las direcciones IPv6 se analizan en mayor detalle en el capítulo siguiente.

■ Ejemplo

fe80::2c30:3071:e718:a926/128
2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128
dirección IPv6 unicast global de la PC local.

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

<Resultado omitido>

IPv6 Route Table

=====

Active Routes:

If	Metric	Network	Destination	Gateway
16	58	::/0		On-link
1	306	::1/128		On-link
16	58	2001::/32		On-link
16	306	2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128		On-link
1	306	ff00::/8		On-link
16	306	ff00::/8		On-link
15	281	ff00::/8		On-link

<Resultado omitido>

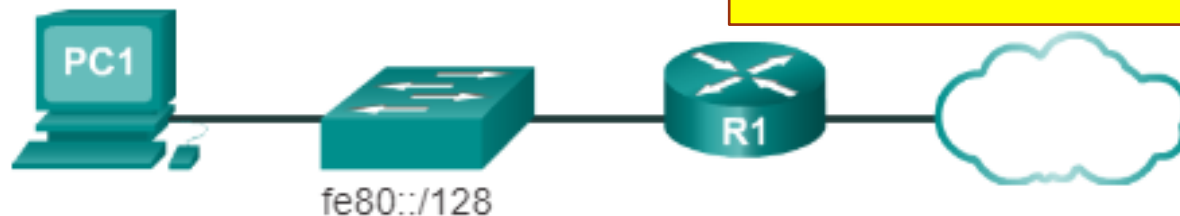


CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV6

Nota: en general, las interfaces en IPv6 tienen dos direcciones IPv6: una dirección link-local y una dirección unicast global. Asimismo, observe que no hay direcciones de broadcast en IPv6. Las direcciones IPv6 se analizan en mayor detalle en el capítulo siguiente.

■ Ejemplo

fe80::2c30:3071:e718:a926/128
2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



fe80::/64: dirección de la ruta de red de enlace local, que representa todas las PC en la red IPv6 de enlace local.

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

<Resultado omitido>

IPv6 Route Table

=====

Active Routes:

If	Metric	Network	Destination	Gateway
16	58	::/0		On-link
1	306	::1/128		On-link
16	58	2001::/32		On-link
16	306	2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128		On-link
1	306	ff00::/8		On-link
16	306	ff00::/8		On-link
15	281	ff00::/8		On-link

<Resultado omitido>

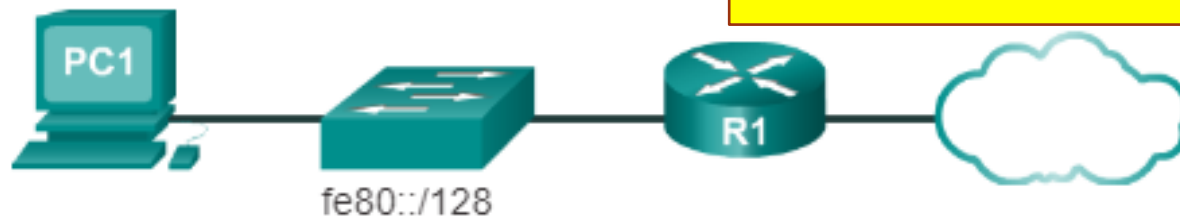


CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV6

Nota: en general, las interfaces en IPv6 tienen dos direcciones IPv6: una dirección link-local y una dirección unicast global. Asimismo, observe que no hay direcciones de broadcast en IPv6. Las direcciones IPv6 se analizan en mayor detalle en el capítulo siguiente.

■ Ejemplo

fe80::2c30:3071:e718:a926/128
2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



fe80::2c30:3071:e718:a926/128: dirección IPv6 link-local de la PC local.

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

<Resultado omitido>

IPv6 Route Table

```
=====
Active Routes:
  If Metric Network Destination      Gateway
  16      58 ::/0                      On-link
   1     306 ::1/128                   On-link
  16      58 2001::/32                  On-link
  16     306 2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128
                                           On-link
  15     281 fe80::/64                    On-link
  16     306 fe80::/64                    On-link
  16     306 fe80::2c30:3071:e718:a926/128
                                           On-link
  15     281 fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128
                                           On-link
   1     306 ff00::/8                    On-link
  16     306 ff00::/8                    On-link
  15     281 ff00::/8                    On-link
=====
```

<Resultado omitido>

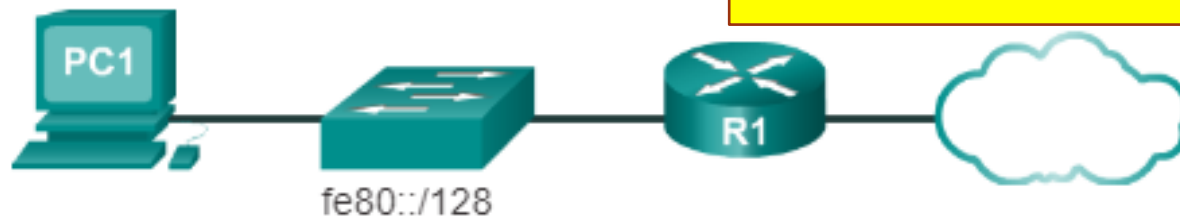


CÓMO ENRUTAN LOS HOSTS IPV6

Nota: en general, las interfaces en IPv6 tienen dos direcciones IPv6: una dirección link-local y una dirección unicast global. Asimismo, observe que no hay direcciones de broadcast en IPv6. Las direcciones IPv6 se analizan en mayor detalle en el capítulo siguiente.

■ Ejemplo

fe80::2c30:3071:e718:a926/128
2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



ff00::/8: direcciones multicast de clase D especiales y reservadas que equivalen a las direcciones IPv4 224.x.x.x.

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

<Resultado omitido>

IPv6 Route Table

=====

Active Routes:

If	Metric	Network	Destination	Gateway
16	58	::/0		On-link
1	306	::1/128		On-link
16	58	2001::/32		On-link
16	306	2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128		On-link
1	306	ff00::/8		On-link
16	306	ff00::/8		On-link
15	281	ff00::/8		On-link

<Resultado omitido>



TABLAS DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER



INTRODUCCIÓN

- Cuando un host envía un paquete a otro host, utiliza la tabla de enrutamiento para determinar adónde enviar el paquete. Si el host de destino está en una red remota, el paquete se reenvía a la dirección de un dispositivo de gateway.



¿Qué sucede cuando un paquete llega a una interfaz del router?



INTRODUCCIÓN

- Cuando un host envía un paquete a otro host, utiliza la tabla de enrutamiento para determinar adónde enviar el paquete. Si el host de destino está en una red remota, el paquete se reenvía a la dirección de un dispositivo de gateway.



¿Qué sucede cuando un paquete llega a una interfaz del router?

El router examina su tabla de enrutamiento para determinar a dónde reenviar los paquetes.



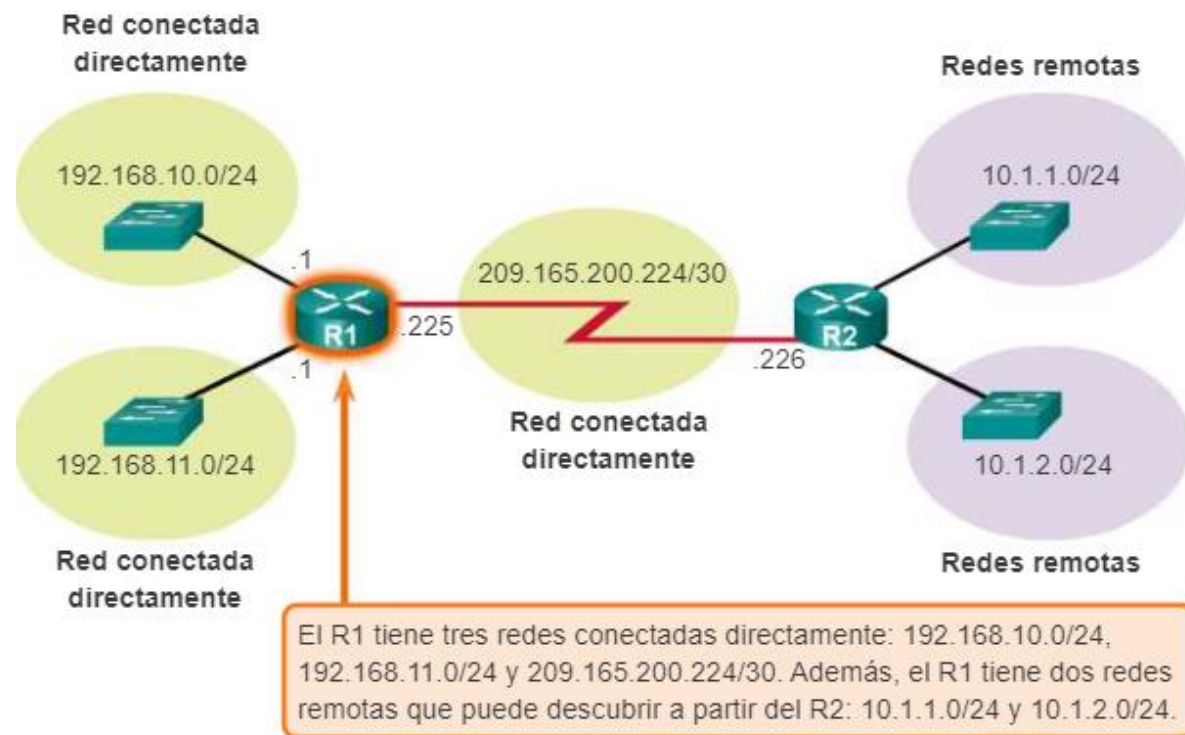
TABLA ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- La tabla de enrutamiento de un router almacena información sobre lo siguiente:
 - **Rutas conectadas directamente:** estas rutas provienen de las interfaces del router activas. Los routers agregan una ruta conectada directamente cuando se configura una interfaz con una dirección IP y se activa. Cada una de las interfaces del router se conecta a un segmento de red diferente. En la tabla de enrutamiento, los routers mantienen información acerca de los segmentos de red a los que están conectados.
 - **Rutas remotas:** estas rutas provienen de las redes remotas conectadas a otros routers. El administrador de red puede configurar las rutas a estas redes de forma manual en el router local, o estas se pueden configurar de forma dinámica habilitando al router local para que intercambie información de enrutamiento con otros routers mediante protocolos de enrutamiento dinámico.



TABLA ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- Ejemplo de redes conectadas directamente y redes remotas



Un router puede descubrir redes remotas de dos maneras:

- Manualmente - las redes remotas se ingresan manualmente en la tabla de rutas mediante rutas estáticas.
- Dinámicamente - las rutas remotas se aprenden automáticamente mediante un protocolo de enrutamiento dinámico.



TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

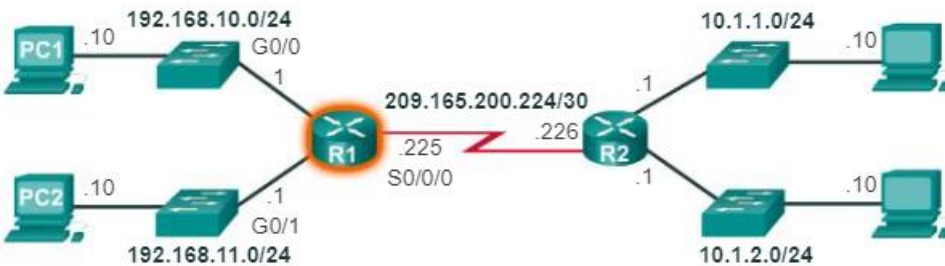
- El comando **show ip route** sirve para ver la tabla de enrutamiento de un router Cisco.
- Cuando un paquete llega a la interfaz del router, este examina el encabezado del paquete para determinar la red de destino.
 - Si la red de destino coincide con una ruta de la tabla de enrutamiento, el router reenvía el paquete utilizando la información especificada en la tabla.
 - Si hay dos o más rutas posibles hacia el mismo destino, se utiliza la métrica para decidir qué ruta aparece en la tabla de enrutamiento.



TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

■ Ejemplo:

- Se muestra la tabla de enrutamiento del R1 en una red simple.
- A diferencia de la tabla de enrutamiento de host, no hay encabezados de columna que identifiquen la información incluida en una entrada de la tabla de enrutamiento. Por lo tanto, es importante conocer el significado de los distintos tipos de información incluidos en cada entrada.



- Veamos más despacio la información de la tabla en las siguientes slides.

```
R1#show ip route
```

```
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
D 10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0
D 10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C 192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L 192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C 192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L 192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C 209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0
L 209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
R1#
```

TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- Cuando se configura una interfaz del router activa con una dirección IP y una máscara de subred, automáticamente se crean dos entradas en la tabla de enrutamiento.
- Ejemplo: en la siguiente topología de red vamos a ver cómo se generan las entradas de la tabla de enrutamiento en el router R1 para la subred 192.168.19.0/24

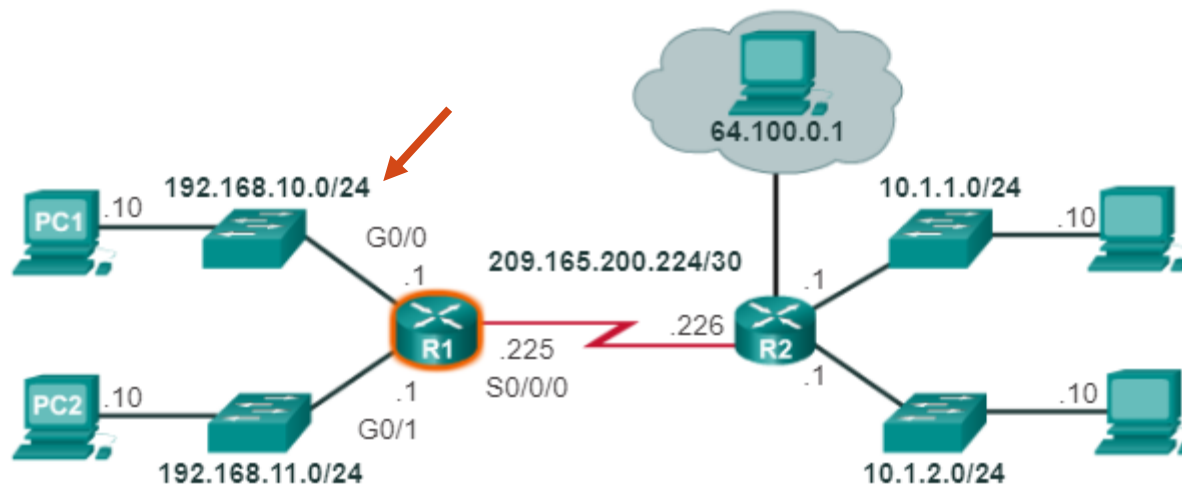
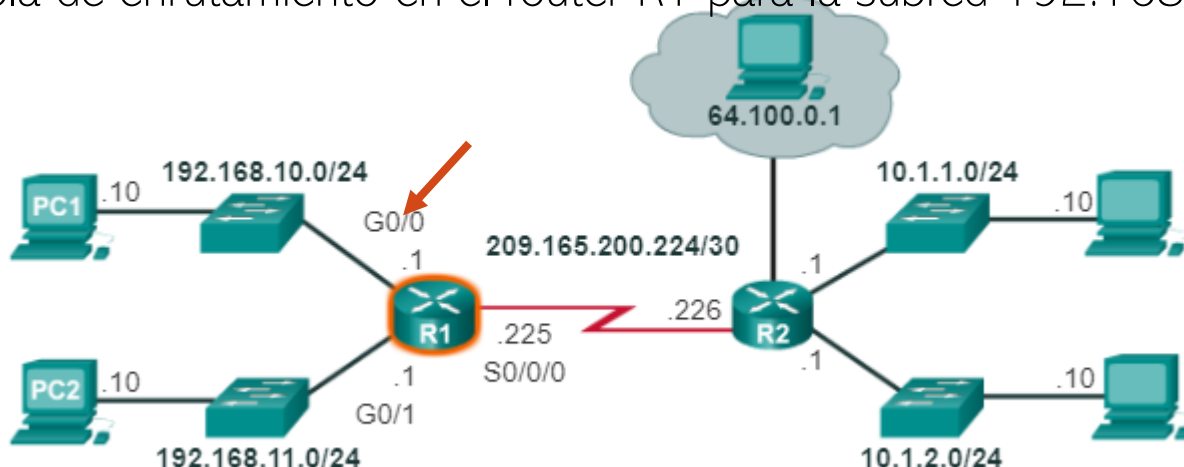





TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- Ejemplo: en la siguiente topología de red vamos a ver cómo se generan las entradas de la tabla de enrutamiento en el router R1 para la subred 192.168.19.0/24



Origen de la ruta	Red destino	Interfaz de salida
C	192.168.10.0/24 is directly connected,	GigabitEthernet0/0
L	192.168.10.1/32 is directly connected,	GigabitEthernet0/0

Leyenda

-  - Identifica de qué manera el router identificó la red.
-  - Identifica la red de destino y cómo está conectada.
-  - Identifica la interfaz a través de la que los routers llegan a la red de destino.

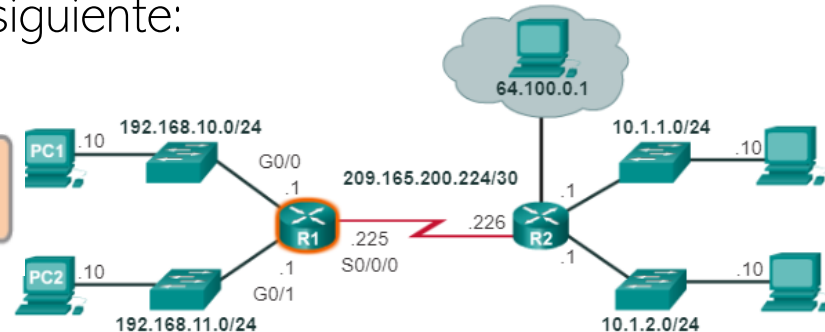
Estas entradas se agregaron de forma automática a la tabla de enrutamiento cuando se configuró y se activó la interfaz GigabitEthernet 0/0.



TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- La información que se muestra en la **tabla** es la siguiente:

Origen de la ruta	Red destino	Interfaz de salida
C	192.168.10.0/24 is directly connected,	GigabitEthernet0/0
L	192.168.10.1/32 is directly connected,	GigabitEthernet0/0



- Origen de la ruta:** Identifica el modo en que se descubrió la ruta. Las interfaces conectadas directamente tienen dos códigos de origen de la ruta.
 - C: identifica una red conectada directamente. Las redes conectadas directamente se crean de forma automática cuando se configura una interfaz con una dirección IP y se activa.
 - L: identifica que la ruta es link-local. Las redes link-local se crean de forma automática cuando se configura una interfaz con una dirección IP y se activa.
- Red de destino:** Identifica la dirección de la red remota.
- Interfaz de salida:** Identifica la interfaz de salida que se debe utilizar al reenviar paquetes a la red de destino.



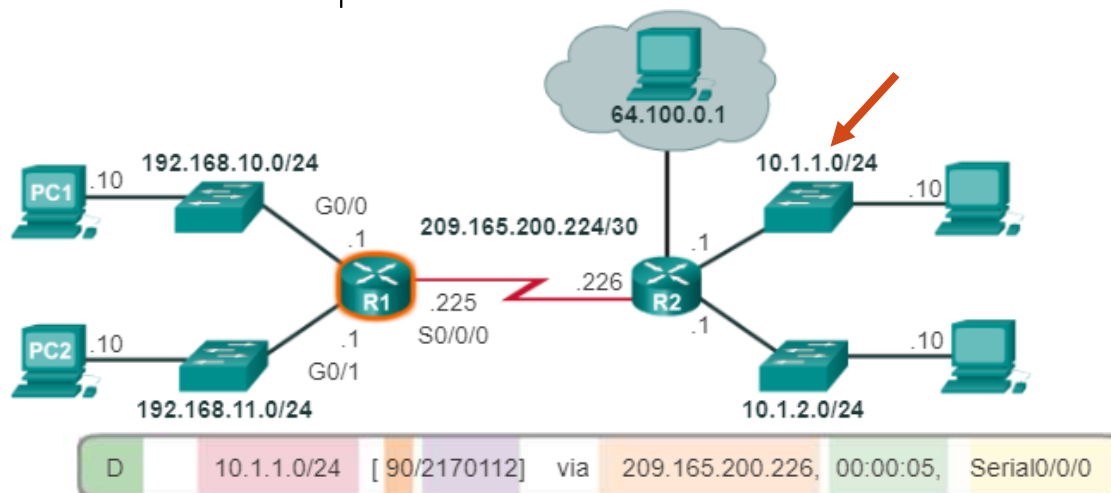
TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- Los códigos comunes que pueden aparecer en el origen de la ruta para las redes remotas son:
 - **S**: indica que un administrador creó la ruta manualmente para llegar a una red específica. Esto se conoce como “ruta estática”.
 - **D**: indica que la ruta se obtuvo de forma dinámica de otro router mediante el protocolo de enrutamiento de gateway interior mejorado (EIGRP).
 - **O**: indica que la ruta se obtuvo de forma dinámica de otro router mediante el protocolo de enrutamiento Open Shortest Path First (OSPF).
- Nota: existen otros códigos pero no profundizaremos más



TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- Ejemplo: continuamos con el ejemplo en el que mostramos la entrada de la tabla de enrutamiento del router R1 para la red remota 10.1.1.0



Legenda

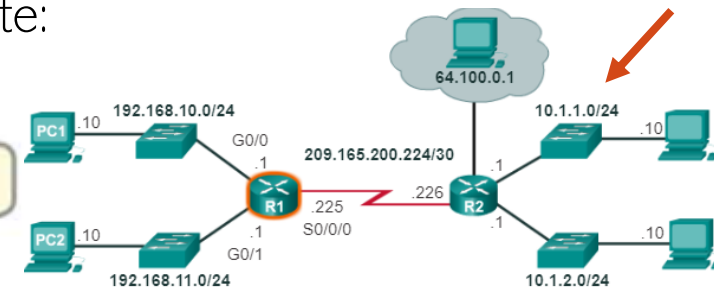
- Identifica de qué manera el router identificó la red.
- Identifica la red de destino.
- Identifica la distancia administrativa (confiabilidad) del origen de la ruta.
- Identifica la métrica para llegar a la red remota.
- Identifica la dirección IP de siguiente salto para llegar a la red remota.
- Identifica el tiempo transcurrido desde la última comunicación con la ruta.
- Identifica la interfaz de salida en el router para llegar a la red de destino.



TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- La información que se muestra en la **tabla** es la siguiente:

D	10.1.1.0/24	[90/2170112]	via	209.165.200.226,	00:00:05,	Serial0/0/0
---	-------------	---------------	-----	------------------	-----------	-------------

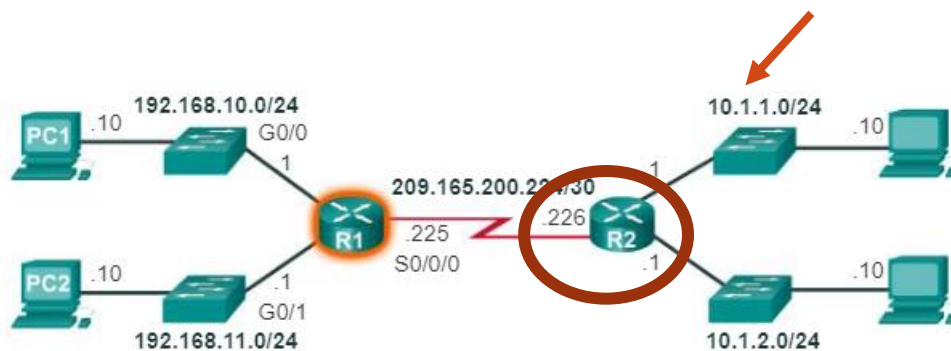


- Origen de la ruta:** identifica el modo en que se descubrió la ruta.
- Red de destino:** identifica la dirección de la red remota.
- Distancia administrativa:** identifica la confiabilidad del origen de la ruta.
- Métrica:** identifica el valor asignado para llegar a la red remota. Los valores más bajos indican las rutas preferidas.
- Siguiente salto:** identifica la dirección IP del router siguiente para reenviar el paquete.
- Marca de hora de la ruta:** identifica cuándo fue la última comunicación con la ruta.
- Interfaz de salida:** identifica la interfaz de salida que se debe utilizar para reenviar un paquete hacia el destino final.



TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- Cuando un paquete con destino a una red remota llega al router, este busca una correspondencia entre la red de destino y una ruta en su tabla de enrutamiento. Si se encuentra una coincidencia, el router reenvía el paquete a la dirección IP del router de siguiente salto mediante la interfaz que se identificó con la entrada de la ruta.
- Un router de siguiente salto es el gateway a las redes remotas.



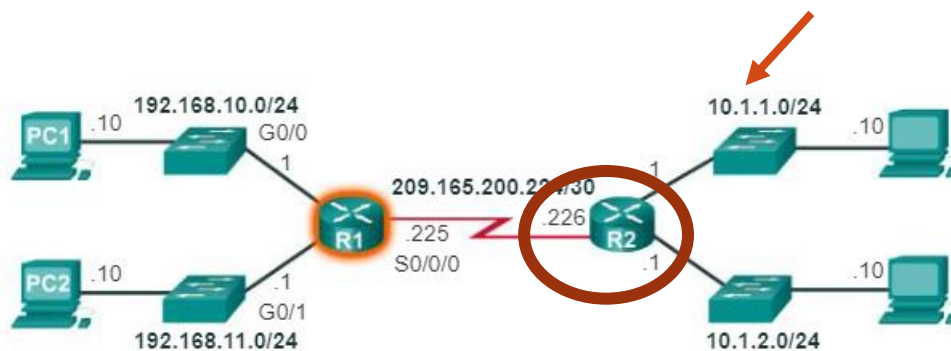
R1#show ip route

```
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
D   10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0
D   10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C   192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L   192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C   192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L   192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C   209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0
L   209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0
R1#
```

TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

- Cuando un paquete con destino a una red remota llega al router, este busca una correspondencia entre la red de destino y una ruta en su tabla de enrutamiento. Si se encuentra una coincidencia, el router reenvía el paquete a la dirección IP del router de siguiente salto mediante la interfaz que se identificó con la entrada de la ruta.
- Un router de siguiente salto es el gateway a las redes remotas.



R1#show ip route

Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

D 10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0

D 10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0

192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks

C 192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0

L 192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0

192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks

C 192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1

L 192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1

209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks

C 209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0

L 209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0

R1#

TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

CASO 1: PC1 con la dirección IP 192.168.10.10 desea enviar un paquete a otro host en la misma red. ¿Qué hará?

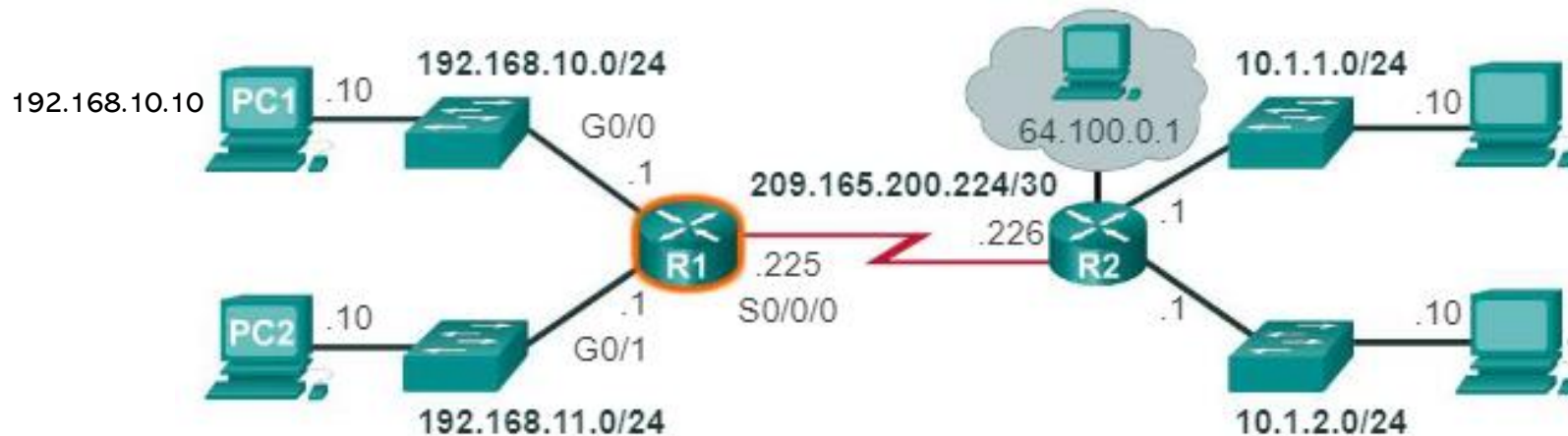


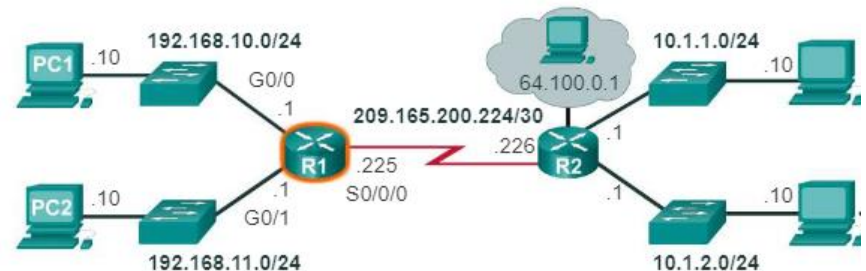
TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

CASO 1: PC1 con la dirección IP 192.168.10.10 desea enviar un paquete a otro host en la misma red. ¿Qué hará?

1. PC1 revisará su tabla de rutas IPv4 según la dirección IP de destino.
2. PC1 descubrirá que el host está en la misma red y, simplemente, lo enviará por su interfaz.
3. R1 recibe el paquete en su interfaz Gigabit Ethernet 0/0 (G0/0) y examina la dirección IP de destino.
4. R1 consulta la tabla de enrutamiento.
5. R1 busca en la tabla la entrada que coincide con la dirección IP de destino. La entrada L 192.168.10.1/32, corresponde a su propia interfaz local,
6. R1 abre el resto del paquete IP y responde en consecuencia.

El router R1 no participa en la transferencia del paquete.

Si PC1 enviara un paquete a cualquier red que no sea su red local, deberá utilizar los servicios del router R1 y reenviar el paquete a su ruta predeterminada local (192.168.10.1)



R1# show ip route

Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
D 10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 01:13:55, Serial0/0/0
D 10.1.2.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 01:13:55, Serial0/0/0
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C 192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L 192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C 192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1

TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

CASO 2: PC1 con la dirección IP 192.168.10.10 desea enviar un paquete a PC2 con la dirección 192.168.11.10 ¿Qué hará?

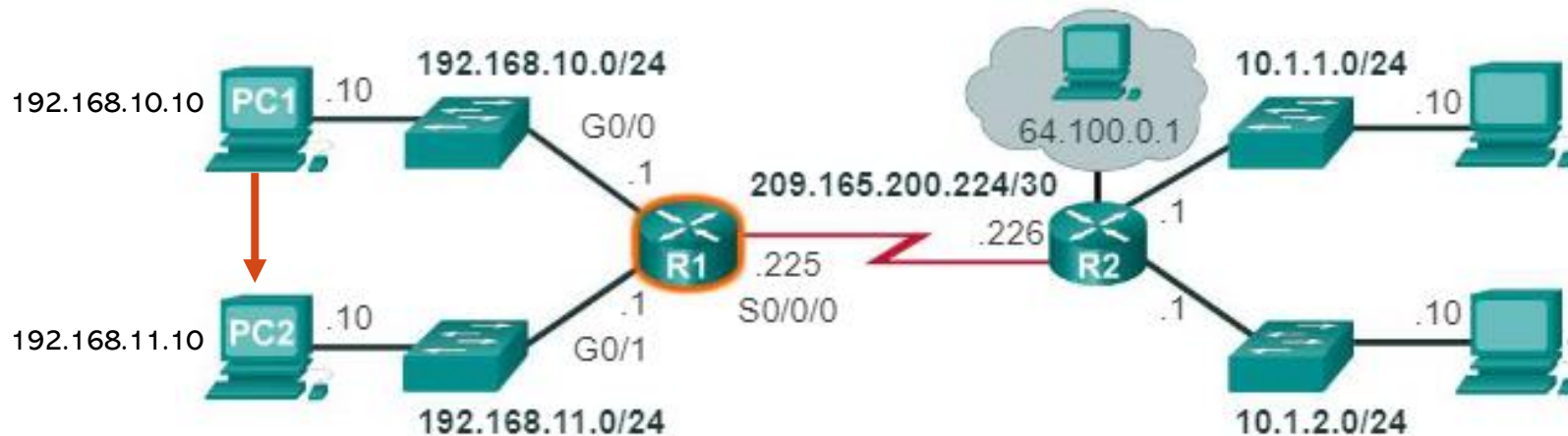
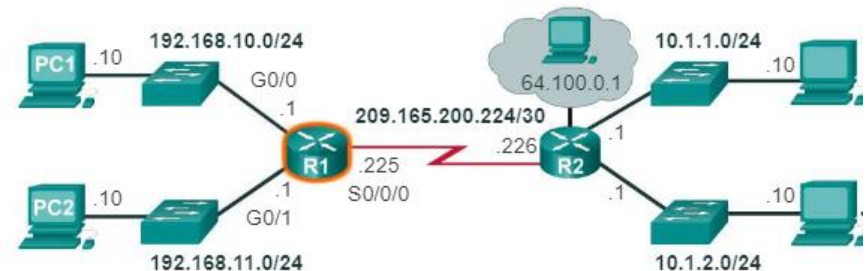


TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

CASO 2: PC1 con la dirección IP 192.168.10.10 desea enviar un paquete a PC2 con la dirección 192.168.11.10 ¿Qué hará?

1. PC1 consulta su tabla de rutas IPv4 y descubre que no hay una coincidencia exacta.
2. Por lo tanto, PC1 utiliza la red de todas las rutas (0.0.0.0) y envía el paquete mediante la ruta predeterminada local (192.168.10.1).
3. R1 recibe el paquete en su interfaz Gigabit Ethernet 0/0 (G0/0) y examina la dirección IP de destino (192.168.11.10).
4. R1 consulta la tabla de enrutamiento y busca la entrada que coincide con la dirección IP de destino, la entrada C 192.168.11.0/24.
5. R1 reenvía el paquete por la interfaz Gigabit Ethernet 0/1 (G0/1) conectada directamente.
6. PC2 recibe el paquete y consulta la tabla de enrutamiento IPv4 de host.
7. PC2 descubre que el paquete está dirigido para él, abre el resto del paquete y responde en consecuencia.



```
R1# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile,
       B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia -
           IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0
10.0.0.0/0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
D    10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 01:13:55,
    Serial0/0/0
D    10.1.2.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 01:13:55,
    Serial0/0/0
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C    192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C    192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L    192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C    209.165.200.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
```

TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

CASO 3: PC1 desea enviar un paquete a 209.165.200.226. ¿Qué hará?

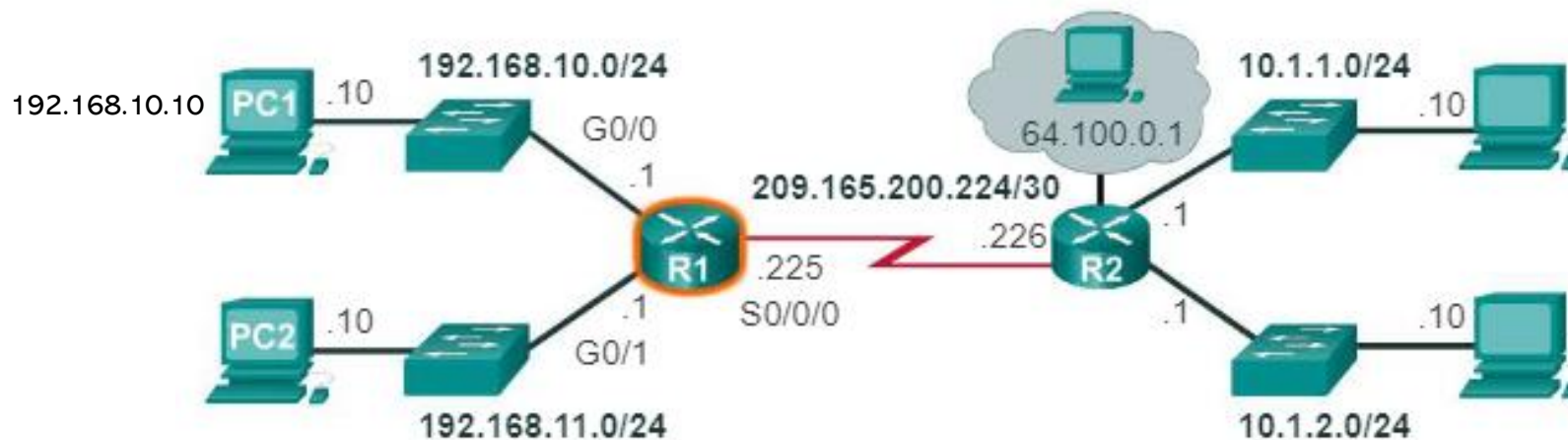
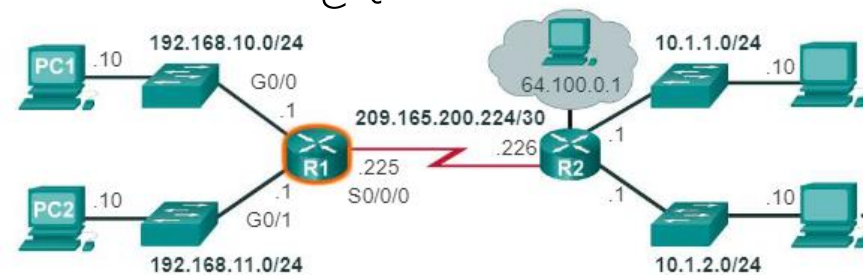


TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

CASO 3: PC1 desea enviar un paquete a 209.165.200.226. ¿Qué hará?

1. PC1 consulta la tabla de rutas IPv4 y descubre que no hay una coincidencia exacta.
2. Por lo tanto, PC1 utiliza la ruta predeterminada (0.0.0.0/0) y envía el paquete mediante el gateway predeterminado (192.168.10.1).
3. R1 recibe el paquete en su interfaz Gigabit Ethernet 0/0 (G0/0) y examina la dirección IP de destino (209.165.200.226).
4. R1 consulta la tabla de enrutamiento y busca la entrada que coincide con la dirección IP de destino, la entrada C 209.165.200.224/30
5. R1 reenvía el paquete por la interfaz serial 0/0/0 (S0/0/0) conectada directamente.



R1# show ip route

Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
D 10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 01:13:55, Serial0/0/0
D 10.1.2.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 01:13:55, Serial0/0/0
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C 192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L 192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C 192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L 192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C 209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0
L 209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.226

TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

CASO 4: PC1 desea enviar un paquete al host con la dirección IP 10.1.1.10. ¿Qué hará?

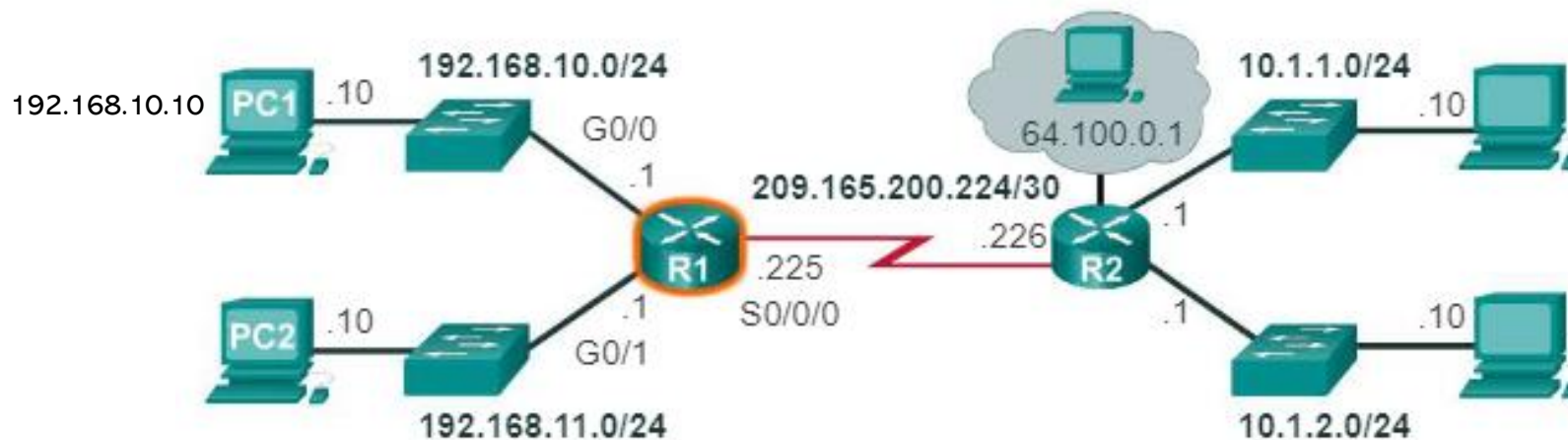
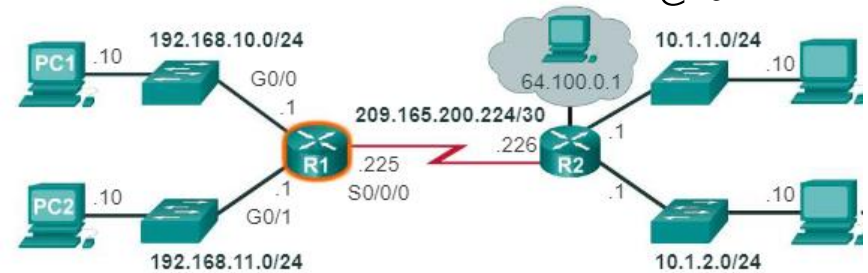


TABLA DE ENRUTAMIENTO DEL ROUTER

CASO 4: PC1 desea enviar un paquete al host con la dirección IP 10.1.1.10. ¿Qué hará?

1. PC1 consulta la tabla de rutas IPv4 y descubre que no hay una coincidencia exacta.
2. Por lo tanto, la PC1 utiliza la red de todas las rutas (0.0.0.0) y envía el paquete a su ruta predeterminada local (192.168.10.1).
3. R1 recibe el paquete en la interfaz Gigabit Ethernet 0/0 (G0/0) y examina la dirección IP de destino (10.1.1.10).
4. El R1 consulta la tabla de enrutamiento y busca la entrada que coincide con la dirección IP de destino, la entrada D 10.1.1.0/24.
5. R1 descubre que debe enviar el paquete a la dirección de siguiente salto 209.165.200.226.
6. Nuevamente, R1 consulta su tabla de enrutamiento y busca la entrada que coincide con la dirección IP de destino, la entrada C 209.165.200.224/30.
7. R1 reenvía el paquete por la interfaz serial 0/0/0 (S0/0/0) conectada directamente.



R1# show ip route

Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

D 10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 01:13:55, Serial0/0/0

D 10.1.2.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 01:13:55, Serial0/0/0

192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks

C 192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0

L 192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0

192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks

C 192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1

L 192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1

209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks

C 209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0

L 209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0

S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.226

TIPOS DE ENRUTAMIENTO



INTRODUCCIÓN

- Dependiendo de la forma en la que el router “aprende” la ubicación de las direcciones de destino, es decir, a qué puerto le corresponde cada dirección, podemos clasificar el enrutamiento en dos grandes tipos:

**Enrutamiento
estático**

**Enrutamiento
dinámico**



TIPOS DE ENRUTAMIENTO: ESTÁTICO

- Requiere que la tabla de enrutamiento sea construida manualmente por el administrador de la red.
- Estas entradas se crean cuando solamente existe una única ruta hacia un destino y no va a cambiar en mucho tiempo
- El router carece de la capacidad de aprender la topología de la red por sí mismo
- Su velocidad de decisión es alta



TIPOS DE ENRUTAMIENTO: DINÁMICO

- Consiste en activar algún protocolo de enrutamiento dinámico, que permita el intercambio de información entre los routers para crear dinámicamente la tabla de enrutamiento
- Son capaces de aprender por sí mismos la topología de la red sin intervención humana
- Más flexibles que los estáticos pero su rendimiento es peor
- El enrutamiento estático y dinámico no son excluyentes entre sí

Es habitual configurar un router con un protocolo de enrutamiento dinámico y, además, añadir manualmente entradas estáticas en la tabla



TIPOS DE ENRUTAMIENTO: DINÁMICO

Los objetivos de un protocolo de enrutamiento dinámico son:

- **Mejor ruta:** es el objetivo primordial y depende del criterio escogido, que puede ser, la distancia (n° de saltos intermedios), ruta con menor tráfico, etc.
- **Simplicidad:** este objetivo pretende que el algoritmo utilizado no consuma grandes recursos de memoria y procesador del dispositivo.
- **Robustez:** el protocolo de enrutamiento debe contener mecanismos que eviten el bloque ante cualquier fallo o situación inesperada, y permitan que el router siga dando servicio
- **Rapidez de aprendizaje:** cuando se produce un cambio en la red, todos los routers deben conocerlo cuanto antes y modificar sus tablas para alcanzar rápidamente el estado de convergencia

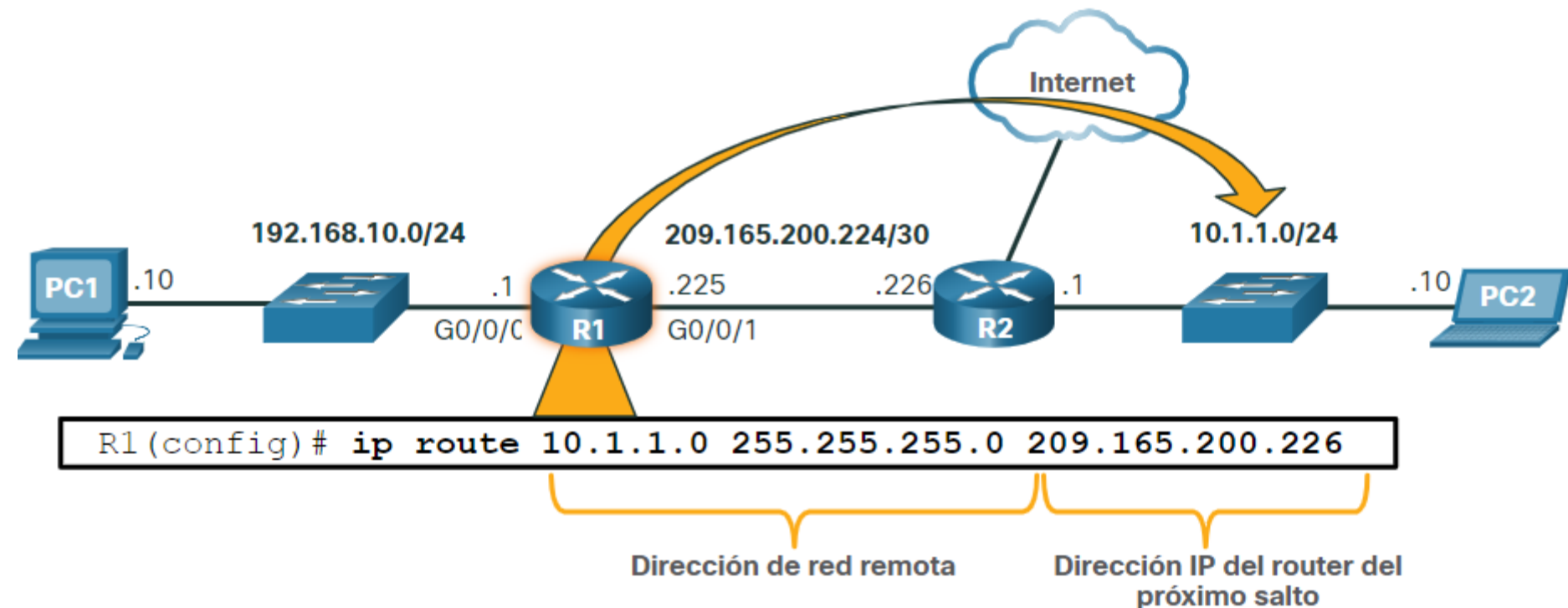
No existe ningún protocolo de enrutamiento dinámico que cumpla todos los objetivos de forma óptima. Existen protocolos que se ajustan mejor que otros a determinadas situaciones

ENRUTAMIENTO ESTÁTICO



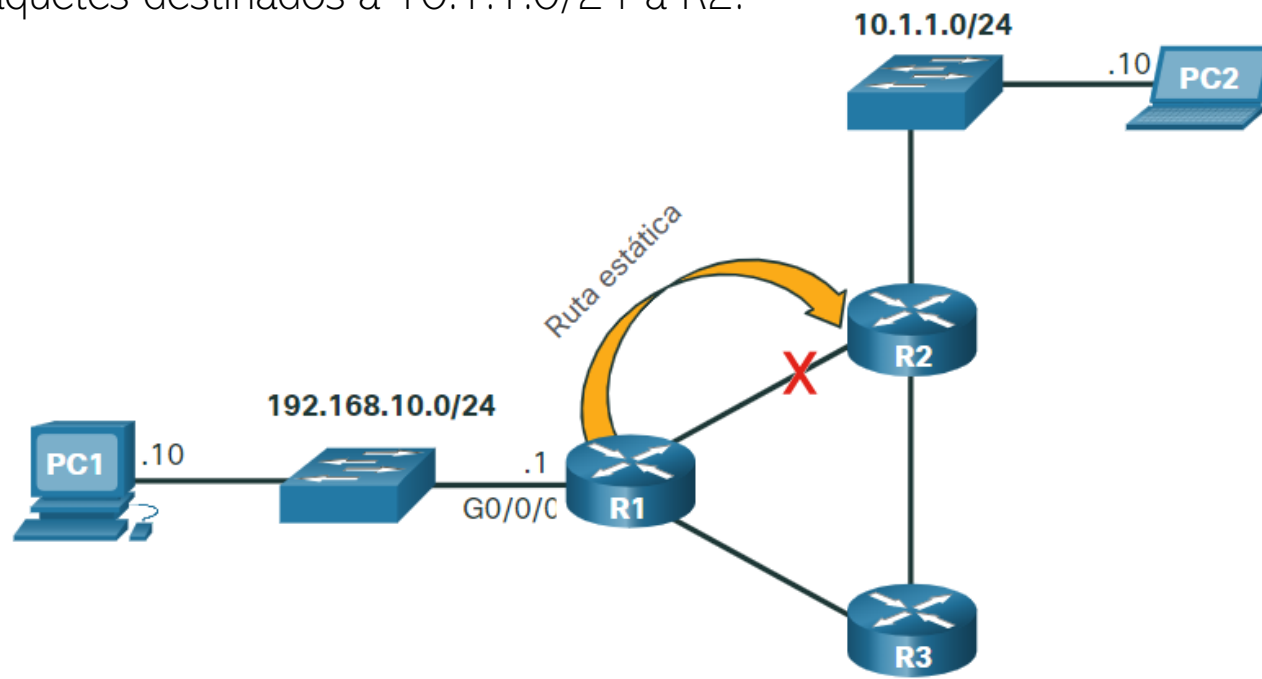
INTRODUCCIÓN

- Ejemplo: ruta estática que se configuró manualmente en el router R1.
- La ruta estática incluye:
 - la dirección de red remota
 - la dirección IP del router de salto siguiente.



CONSIDERACIONES

- Si hay un cambio en la topología de la red, la ruta estática no se actualiza automáticamente y debe reconfigurarse manualmente.
- Ejemplo: R1 tiene una ruta estática para llegar a la red 10.1.1.0/24 a través de R2. Si esa ruta ya no está disponible, R1 tendría que reconfigurarse con una nueva ruta estática a la red 10.1.1.0/24 a través de R3.
 - Por lo tanto, el router R3 necesitaría tener una entrada de ruta en su tabla de enrutamiento para enviar paquetes destinados a 10.1.1.0/24 a R2.



CARACTERÍSTICAS

- El enrutamiento estático tiene las siguientes **características**:
 - Una ruta estática **debe** configurarse manualmente.
 - El administrador necesita **volver a configurar** una ruta estática si hay un cambio en la topología y la ruta estática ya no es viable.
 - Una ruta estática es **apropiada para una red pequeña** y cuando hay pocos o ninguno de los enlaces redundantes.
 - Una ruta estática **se usa comúnmente** con un protocolo de enrutamiento dinámico para configurar una ruta predeterminada.



ENRUTAMIENTO DINÁMICO



INTRODUCCIÓN

- Un protocolo de enrutamiento dinámico **permite a los routers aprender automáticamente sobre redes remotas**, incluida una ruta predeterminada, de otros routers.
- Los routers que usan protocolos de enrutamiento dinámico **comparten automáticamente la información de enrutamiento con otros routers** y compensan cualquier cambio de topología sin que sea necesaria la participación del administrador de la red.
- **Si se produce un cambio en la topología de red**, los routers comparten esta información mediante el protocolo de enrutamiento dinámico y **actualizan automáticamente sus tablas de enrutamiento**.



CARACTERÍSTICAS COMUNES DE LOS PROTOCOLOS

- En este apartado se explicarán algunas cuestiones importantes a la hora de trabajar con protocolos de enrutamiento dinámicos

MÉTRICA

EQUILIBRIO DE
CARGA

BUCLES DE
ENCAMINAMIENTO

DISTANCIAS
ADMINISTRATIVAS



MÉTRICA

Es una valoración cuantitativa para que los algoritmos puedan comparar las rutas y decidir por dónde enviar la información en cada momento.

- El **cálculo de este parámetro** puede ser tan sencillo como contar el nº de routers intermediarios entre origen y destino, o tan complejo como valorar la velocidad de transmisión y grado de congestión de un enlace.
- **Parámetros** que tienen en cuenta los algoritmos enrutadores a la hora de realizar el cálculo de la métrica:
 - **Velocidad de transmisión:** capacidad de transmisión expresada en bps (bits por segundo)
 - **Retardo:** tiempo necesita el enlace para llegar a su destino
 - **Congestión:** nº mensajes que circulan a través de la ruta y son procesados por routers intermedios
 - **Fiabilidad:** tasa de mensajes entregados frente a mensajes perdidos
 - **Salto:** nº de routers intermedios hasta llegar al destino
 - **Coste:** se usa en redes con tarificación para expresar el coste económico.



EQUILIBRIO DE CARGA

- La mayoría de algoritmos de enrutamiento dinámicos permiten incluir varias entradas en sus tablas de enrutamiento que especifiquen los mismos destinos (con el mismo o distinto valor de métrica)
- ¿Para qué?
 - Para conseguir el equilibrado de carga, que consiste en que el router envía mensajes al mismo destino pero por rutas diferentes.
 - Permite distribuir mejor la carga de trabajo de la red → uso más eficiente de la red
- Los protocolos de enrutamiento dinámicos varían en cuanto al número de entradas que especifiquen un mismo destino. Ejemplos:
 - RIP e IGRP hasta 6 entradas
 - EIGRP hasta 4 entradas
 - OSPF 1



BUCLES DE ENCAMINAMIENTO

- En los protocolos de enrutamiento dinámicos basados en el vector distancia, es posible que se produzcan situaciones en las que **los mensajes pasen por los mismos routers**, lo que se conoce como bucles
- Se deben a entradas incoherentes en las tablas de enrutamiento
- Ante esta situación (no deseada), lo mejor es que un router sea consciente de la situación y termine descartando el mensaje.
 - Será necesario la información sobre la cuenta de saltos: nº de routers intermedios que van atravesando
 - En el momento que alcance un valor máximo se descarta el mensajr



DISTANCIAS ADMINISTRATIVAS

- Cuando un router trabaja con diferentes protocolos de enrutamiento a la vez, cada uno de ellos dispondrá de sus propias tablas y sus propias métricas (calculadas en base a diferentes medidas)
- Para solucionar el problema de comparación de rutas entre diferentes protocolos de enrutamiento, se define la distancia administrativa que es el valor de fiabilidad de un protocolo
 - Cuanto menor sea el valor más fiable se considera el protocolo.

Protocolo de enrutamiento	Distancia administrativa
Enlace directamente conectado	0
Ruta estática	1
BGP externo	20
EIGRP interno	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EIGRP externo	170
BGP interno	200



CLASIFICACIÓN

- En la siguiente tabla se muestra una clasificación general de los protocolos de enrutamiento dinámicos:

	Protocolos interiores				Protocolos exteriores
	Vector de distancias		Estado del enlace		
Con clase	RIP	IGRP			EGP
Sin clase	RIP 2	EIGRP	OSPF 2	IS-IS	BGP v4
Ipv6	RIPng	EIGRP v6	OSPF 3	IS-IS v6	BGP v6



PASOS PARA CONFIGURAR UN ENRUTAMIENTO DINÁMICO

1. Construir la red
2. Direccionamiento IP
 - Equipos terminales (IP, máscara y Gateway)
 - Routers (IP y activación puertos)
3. Configuración de un protocolo de enrutamiento dinámico en cada router
4. Comprobación de conectividad



RIP V1

- Routing Information Protocol (RIP)
- Muy utilizado al comienzo de Internet
- **Características:**
 - Es un protocolo de tipo vector-distancia (solo conoce la zona próxima)
 - Para el cálculo de la métrica solo emplea el nº de saltos (nº routers intermedios hasta el destino). El valor máximo permitido es 15, a partir de 16 se considera destino inalcanzable
 - Los routers envían información a sus vecinos sobre actualizaciones en sus tablas cada 30 segundos.
 - Se envían mediante el protocolo de transporte UDP, haciendo difusión a la dirección 255.255.255.255 por el puerto 520
 - El mensaje es enviado siempre por la ruta con menor métrica. En caso de haber varias rutas con la misma métrica, se realiza el balanceo de carga
 - Es muy sencillo de implementar y consume pocos recursos pero tiene limitaciones



RIP V1

- Limitaciones:
 - No tiene en cuenta la velocidad de transmisión de los enlaces, por lo que puede elegir una ruta de menos saltos pero mucho más lenta
 - Los mensajes de actualización entre routers se envían haciendo difusión lo que incrementa el tráfico de la red
 - No soporta subredes CIDR y VLSM
 - No dispone de mecanismos de seguridad para impedir mensajes de actualización de tablas falsos
- Por todas estas limitaciones se desarrollo RIP v2



RIP V2

- Características
 - Soporta subredes CIDR y VLSM
 - Envía los mensajes de actualización mediante multicast a la dirección 224.0.0.9 reduciendo mucho el tráfico de red.
 - Permite autenticación de mensajes de actualización para incorporar seguridad en las comunicaciones



RIPNG

- RIP Next Generation, es una extensión de RIPv2 para soportar IPv6
- No todos los routers soportan este protocolo
- Ejemplo de routers Cisco que sí lo soportan son: Cisco 1841, 2911, serie ISR 4000, etc.
- Mayores diferencias de RIPng con RIPv2 son:
 - Soporta IPv6, mientras que RIPv2 no
 - No soporta autenticación de actualizaciones, mientras que RIPv2 sí. Se supone que los routers IPv6 usan IPSec para autenticación
 - No permite etiquetado de rutas, RIPv2 sí lo permite
 - Envía actualizaciones por el puerto UDP 521 mediante el grupo multicast FF02::9



OSPF

- Open Shortest Path First: primero el camino más corto disponible
- Es un protocolo de enrutamiento interior basado en el estado del enlace para el cálculo de rutas
- La característica principal de los protocolos de estado del enlace es que solamente envían notificaciones cuando la interfaz del router sufre un cambio, esto es una ventaja porque el consumo de ancho de banda es mínimo
- No usa ningún protocolo de la capa de transporte.
 - Encapsula sus datos en datagramas IP cuyo código de protocolo es el 89.
 - La dirección de destino de estos datagramas será alguna de las multicast reservadas para el protocolo: 224.0.0.5 o 224.0.0.6
- Soporta subredes CIDR y VLSM
- La versión OSPF v3 soporta IPv6



ENRUTAMIENTO VLAN



INTRODUCCIÓN

- Consiste en conectar equipos ubicados en distintas VLANs a través de un enrutador con una única interfaz



¿Recuerdas qué eran las VLAN?

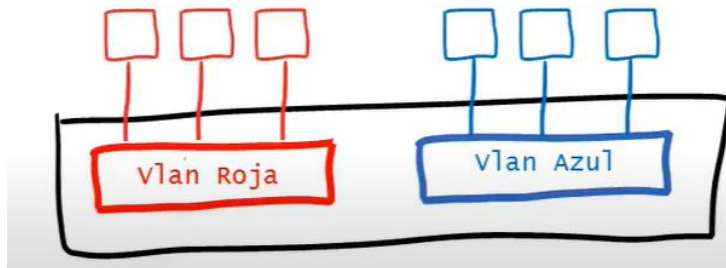


INTRODUCCIÓN

- Consiste en conectar equipos ubicados en distintas VLANs a través de un enrutador con una única interfaz

¿Recuerdas qué eran las VLAN?

Las VLAN o también conocidas como «Virtual LAN» nos permite crear redes lógicamente independientes dentro de la misma red física, haciendo uso de switches gestionables que soporten VLANs para segmentar



TIPOS DE ENRUTAMIENTO

- Cada VLAN es un dominio de broadcast único, por tanto ordenadores en VLANs diferentes no se pueden comunicar.
- El enrutamiento entre VLAN es el proceso mediante el cual enviamos tráfico de una VLAN a otra a través de un router.
- Existen dos formas de enrutamiento:
 - **Enrutamiento entre VLAN tradicional.** Cada VLAN se conecta a un interface del router. Esto requiere de tantas interfaces como VLANs necesitemos conectar tanto en el router como en el switch.
 - **Enrutamiento Router-on-a-stick.** El router tiene un interface física única que se conecta al switch también a un interface único. El interfaz del router y del switch se configura como enlace troncal. En el router se crean tantas subinterfaces como VLANs se quiera comunicar. Cada subinterface tiene asociado una VLAN y una dirección IP de esa VLAN.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Capítulo 11. Protocolos de enrutamiento.
Libro Planificación y Administración de Redes. Editorial Garceta 2ªEd.
- Capítulo 10. Protocolos de encaminamiento dinámicos
Libro Planificación y Administración de Redes. Editorial RAMA
- Módulo 6.2 Enrutamiento
URL: <http://itroque.edu.mx/cisco/cisco1/index.html>



PROTOSCOLOS DE ENRUTAMIENTO

