

A thick black L-shaped frame is positioned on the left and bottom edges of the slide, framing the central text.

FUNDAMENTOS DE LA CAPA 3

ROUTING Y DIRECCIONAMIENTO IP

Índice

- Introducción a la capa de Red y los Routers
- Dirección IP y Máscara de Red
- Calcular direcciones IP de Red, Host, y Broadcast
- Ejemplos de ejercicio práctico
- Funciones de los Routers: Routing y Forwarding
- Tablas de rutas en Windows y Linux

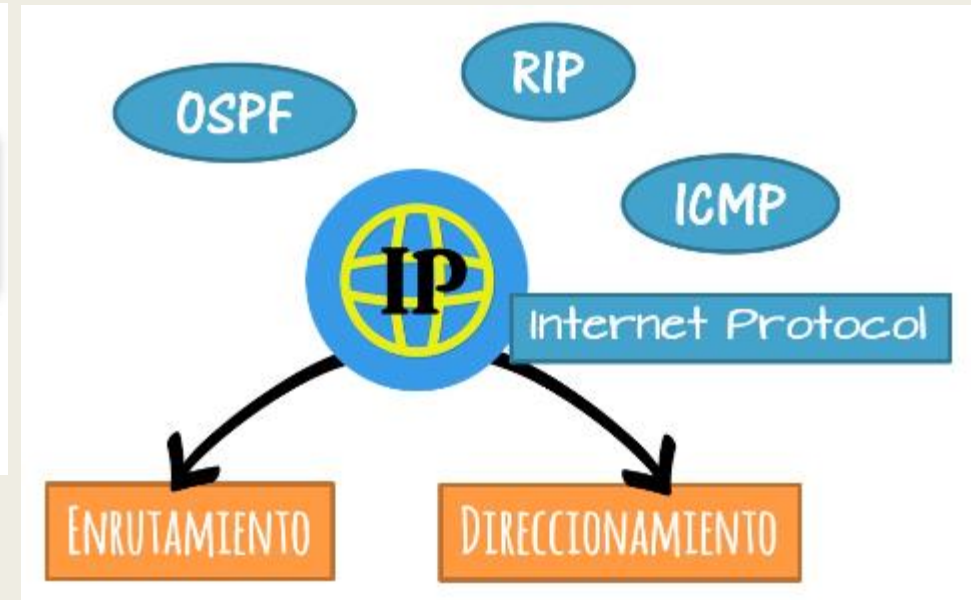
INTRODUCCIÓN A LA CAPA DE RED Y LOS ROUTERS



Elementos de la Capa 3 (RED)

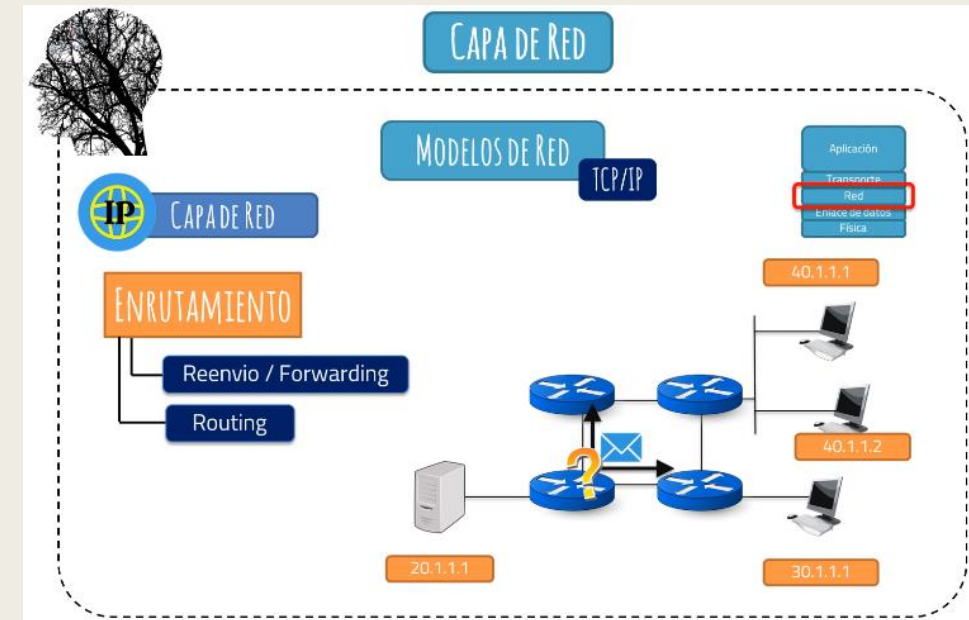
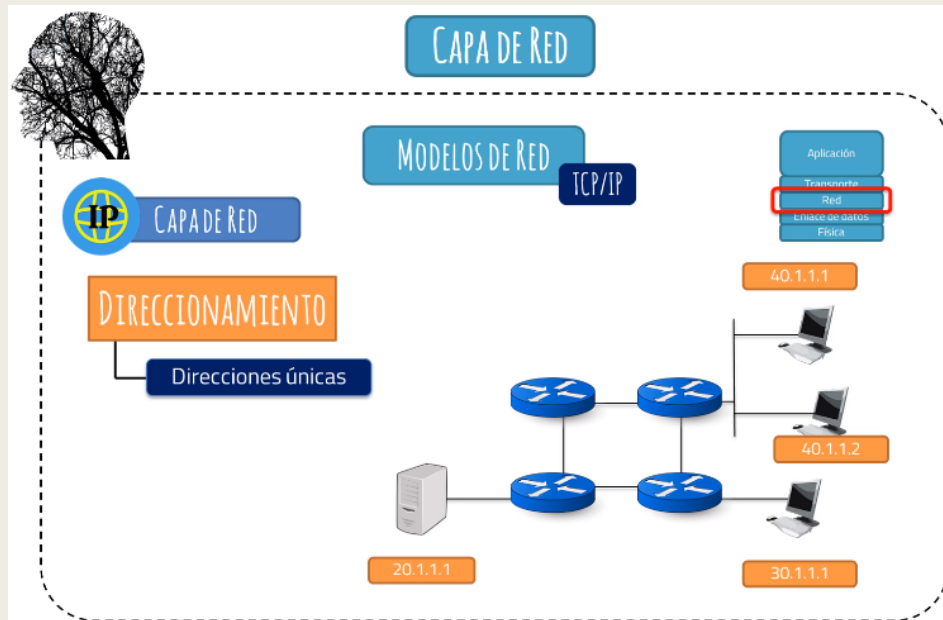


- En la capa 3 encontramos dispositivos y protocolos.
- Dentro de los protocolos, el más importante es IP (Internet Protocol).
- Las funciones principales de IP son el enrutamiento y el direccionamiento.



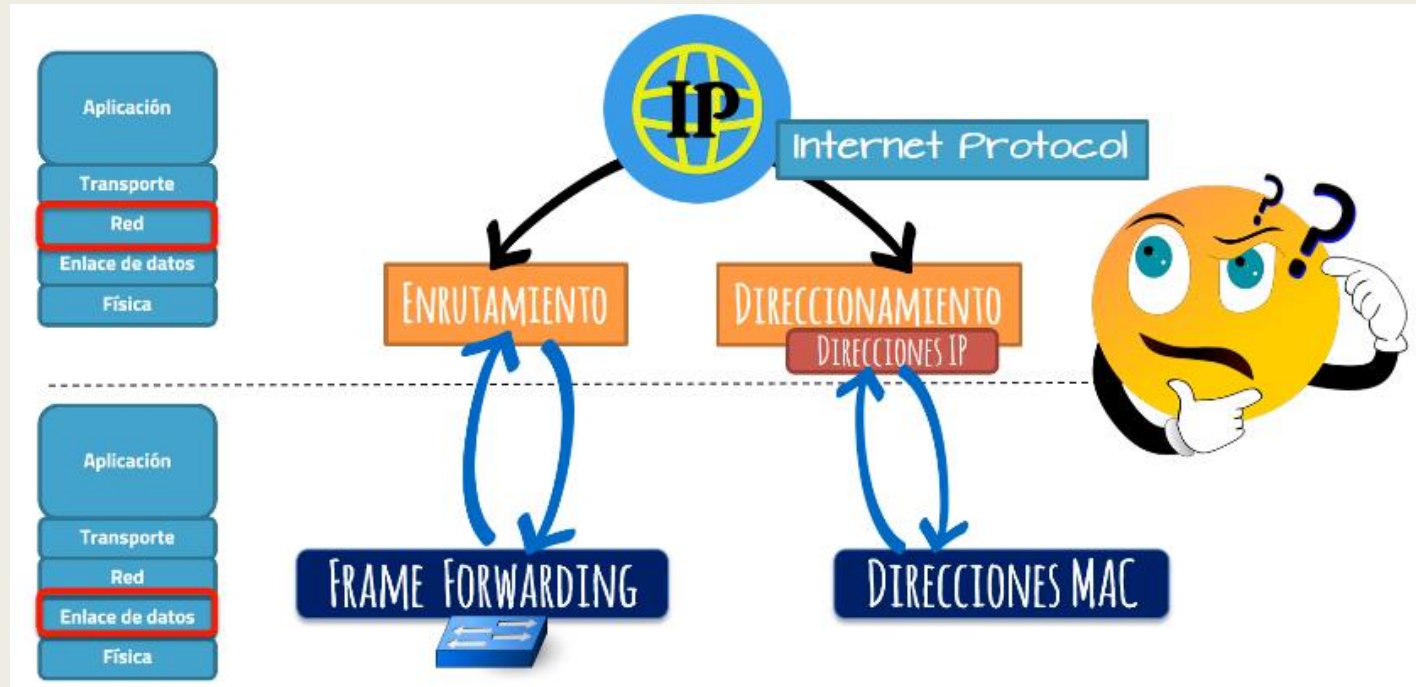
Recordando Direccionamiento y Enrutamiento

- **Direccionamiento.** Poder asignar direcciones a los dispositivos para que se comuniquen entre ellos.
- **Enrutamiento.** Toma de decisiones, y envío de los paquetes por una interfaz u otra para que lleguen a su destino.



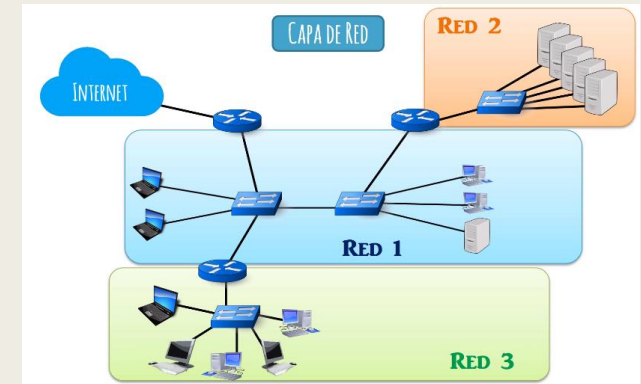
¿Por qué hacemos algo similar en la capa 2 y capa 3?

- Estas dos funciones ya hemos visto que se dan en la capa 2.
- Tenemos las direcciones MAC (en lugar de direcciones IP).
- Y los switches hacen la función de Forwarding.
- ¿Por qué es necesario hacer lo mismo en la capa 3 si ya lo hacemos en la 2? (ver sig. Diapositiva)

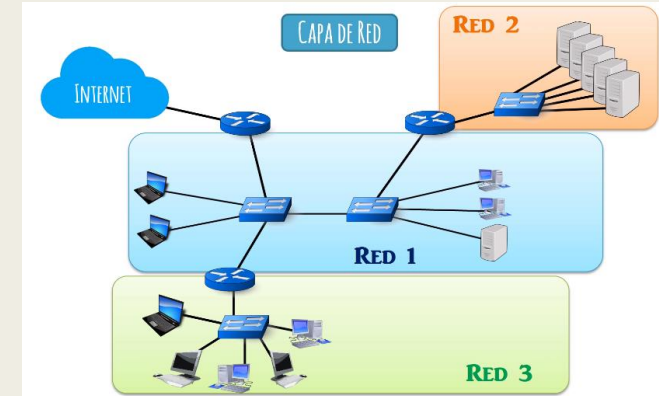


La importancia de la Capa de red

- La respuesta se debe a que en la capa 2 las comunicaciones se dan en equipos que se encuentran en la MISMA RED.
 - *Es decir, para comunicaciones con todos los equipos en la misma red la capa 2 es suficiente.*
- Pero esto no es realista, las redes están formadas por otras redes, agrupaciones y conjuntos de redes diferentes que se interconectan entre sí.
 - *Y vamos a necesitar que unas redes se puedan comunicar con otras.*
 - *Por lo tanto, nos hará falta el protocolo IP.*
 - *Y esto no lo cubre la capa 2.*
- Las redes se interconectan entre sí con equipos de la CAPA 3.
 - *El equipo estrella de esta capa es el ROUTER.*
 - *El router se encargará de comunicar redes IP distintas.*



¿Distancia entre redes?

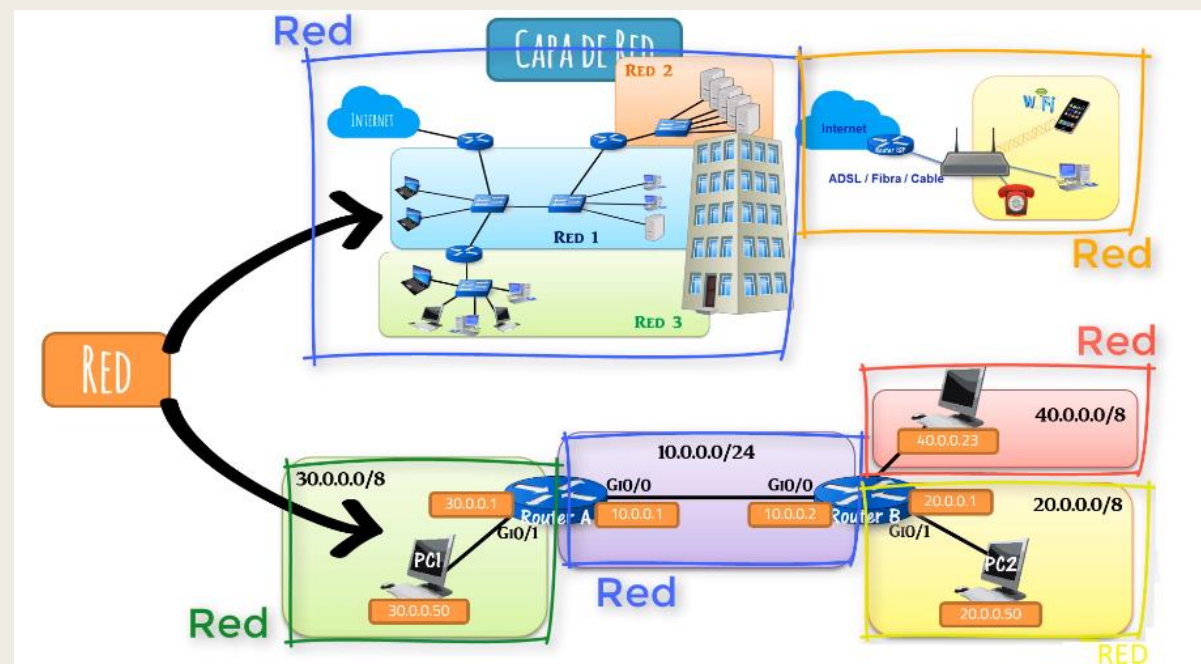


- Al hablar de redes distintas, no es necesario que estén lejos unas de otras.
- Tampoco estamos hablando de una WAN.
- En cualquier empresa, es muy posible que encontremos diferentes redes.
 - *Y todas esas redes formarán parte de la misma LAN*
- Es decir, podemos encontrar redes distintas tanto en el mismo edificio o empresa, como a grandes distancias.

Aclaración del término Red

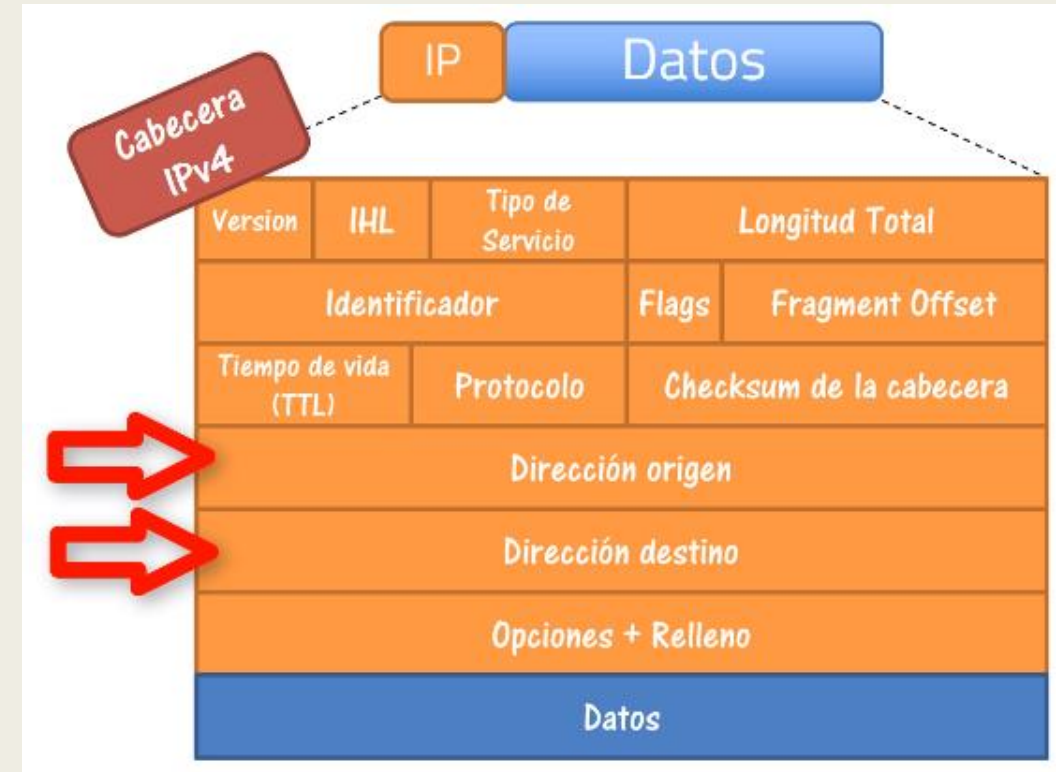
- El término red se utiliza en este sector con dos significados diferentes según su contexto:

- **RED como conjunto de equipos interconectados.**
 - Definición genérica donde puede entrar desde una red doméstica a una red corporativa.
 - Podría ser también como una agrupación o conjunto de redes más pequeñas.
- **RED IP.**
 - Agrupación de direcciones IP que pertenecen a esa red.



Cabecera de una dirección IP

- Cuando los datos pasan a la capa 3, reciben la cabecera IP, que contiene multitud de campos.
- Los campos más importantes serían la dirección IP origen y la dirección IP destino.
- Los routers aprovecharán las direcciones origen y destino para realizar su función de enrutamiento.



ROUTER



- Si comparamos el router con un switch, aunque son muy similares, la principal diferencia es que un router tiene muchos menos puertos.
- Esto es debido a que tienen funciones distintas.



--- SWITCH ---

- Función más importante -
Dar acceso a la Red a equipos finales

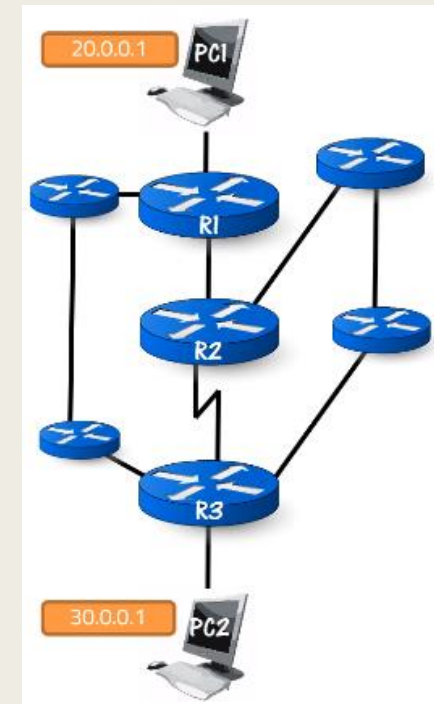


--- ROUTER ---

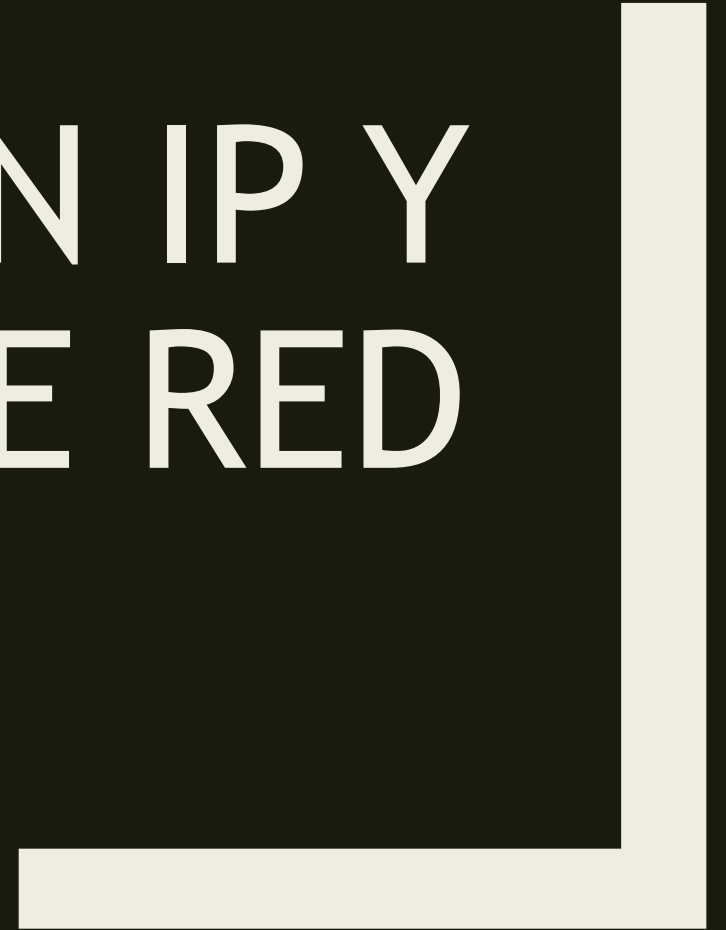
- Función más importante -
Interconectar Redes
Conexión con otros equipos de red

Funcionamiento Router

- Para ilustrar el funcionamiento del router nos vamos a apoyar en la imagen del mapa de red que tenemos a la derecha.
- Si el PC1 envía un PAQUETE (capa 3: paquetes, capa 2: tramas) al PC2, en su cabecera IP encontraremos lo siguiente:
 - *IP Origen: 20.0.0.1*
 - *IP Destino: 30.0.0.1*
- El router TAMBIÉN tiene una tabla de direcciones, se llama TABLA DE RUTAS. Y buscará en ella si tiene la IP destino.
 - *La tabla de rutas contiene las diferentes direcciones IP del router y por dónde se puede llegar a ellas.*
 - De esta forma sabrá si tiene que direccionar hacia una red u otra (recordar la segunda definición de RED agrup. de IPs).
- El proceso de determinar a través de qué camino enviar el paquete se llama ROUTING (enrutamiento).
- El proceso de enviar el paquete se llama FORWARDING.
- Todo este proceso se repetirá pasando por diferentes routers y diferentes redes hasta llegar al destino.



DIRECCIÓN IP Y MÁSCARA DE RED



Versiones del protocolo IP

- El protocolo IP tiene dos versiones:
 - *Protocolo IPv4*
 - *Protocolo IPv6*
- Principalmente trataremos el protocolo IPv4 durante el curso (mejor para aprender).
- El protocolo IPv6 lo trataremos en el segundo trimestre de forma específica.
 - *Nació hace ya más de 25 años para solucionar un problema del IPv4:*
 - ¡Con IPv4 no tenemos suficientes direcciones para abastecer la cantidad actual de equipos y redes en el mundo!
 - IPv6 va adquiriendo mayor presencia con los años.



Interfaces de red

- Una dirección IP sirve para identificar una interfaz de red.
- Una interfaz de red no es un equipo.
 - *Un equipo puede tener varias interfaces de red.*
 - Muy habitual en servidores.
 - *Cada interfaz tendrá su dirección IP.*
- Es posible para una interfaz tener más de una dirección IP.
 - *Habitual en entornos de virtualización.*
 - Donde equipos tienen 'dentro' equipos.
- En resumen:
 - *Un equipo puede tener más de una interfaz.*
 - *Una interfaz puede tener más de una dirección IP*



Durante el curso trataremos normalmente casos de 1 equipo con 1 IP para facilitar la comprensión.

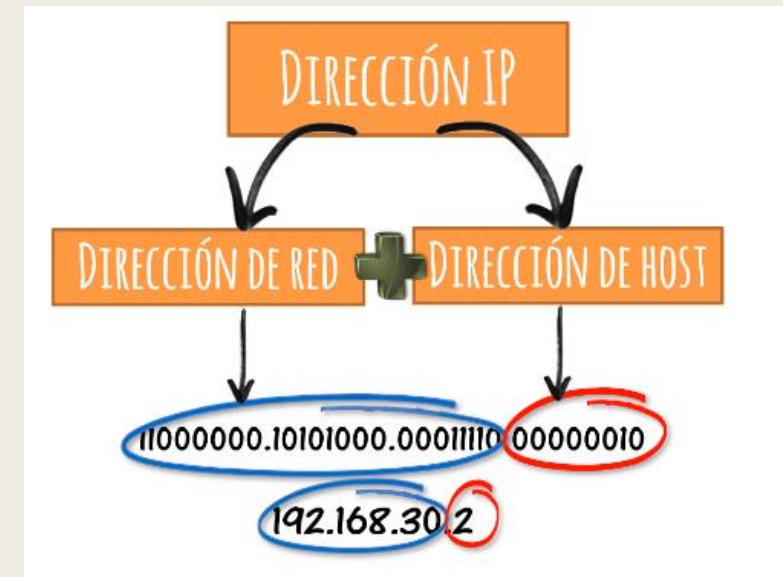
Estructura general de una dirección IP

- Las direcciones IP están formadas por 32 bits (recordar sistemas de numeración Tema 1 parte 3).
- Los 32 bits se agrupan en 4 octetos que se representan en decimal y separados por puntos.
 - Ej: 192.168.1.4
- Un octeto puede tener un valor entre 0 y 255.
 - Un octeto son 8 bits, y en 8 bits habría 256 números (2^8), pero empezamos a contar desde 0.
 - $11111111 = 255$



Partes de la dirección IP

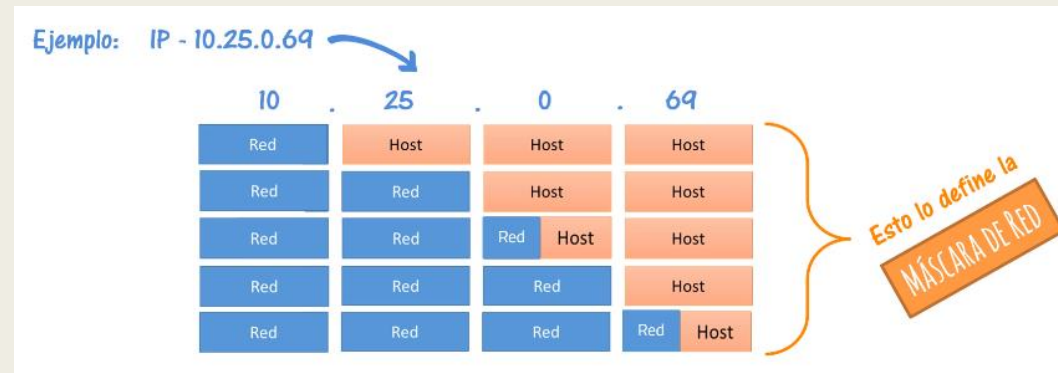
- Una dirección IP está dividida en dos partes.
 - *Porción de red.*
 - *Porción de host.*
- La porción de red nos la define el proveedor de acceso a internet y nosotros no podemos modificarla.
- La porción de host es la parte de la red que sí disponemos para controlar y modificar. Dentro de este rango podemos asignar a nuestros equipos como queramos.
 - *En el ejemplo de la derecha hemos indicado que tenemos el control del último octeto para host, pero eso no siempre es así.*
 - *En el ejemplo 192.168.30 es siempre fijo. Pero la parte roja la controlamos. Estamos dando a un equipo 192.168.30.2, y podríamos dar a otro la 192.168.30.3... y así hasta que llenemos el octeto.*



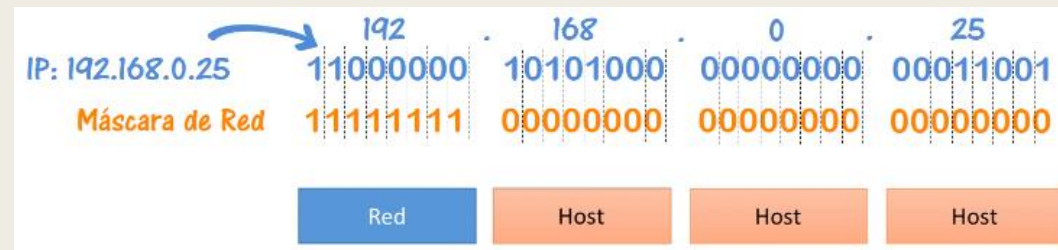
La porción que será de red y la que será de host viene definida en la **máscara de red**

Máscara de red (Netmask)

- La máscara de red es un indicador que define cuántos bits de una IP son de Host y cuántos son de Red.
 - *IMPORTANTE: BITS, NO OCTETOS*



- Está formada por 32 bits, separados en 4 octetos, igual que una dirección IP.



Cada bit en 1 indica que el bit correspondiente en la dirección IP es de Red.

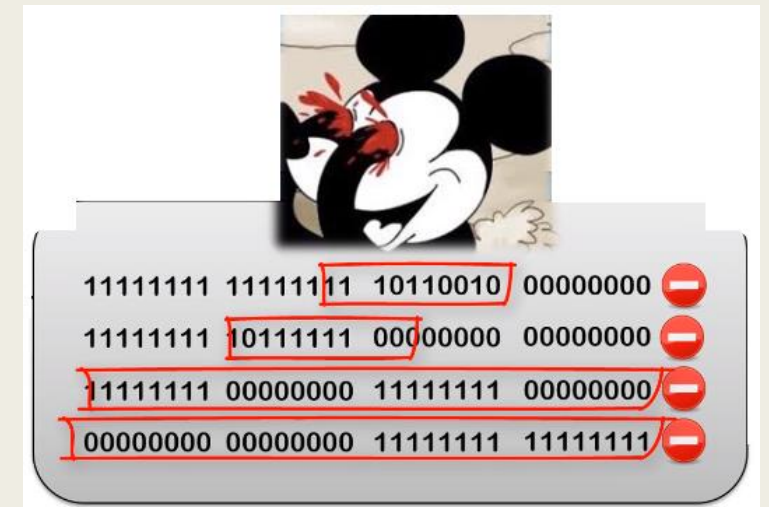
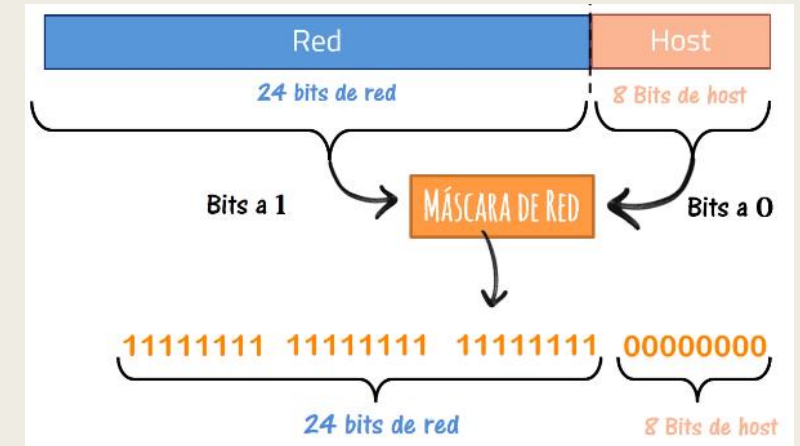
Cada bit en 0 indica que el bit correspondiente en la dirección IP es de Host.

Aclaraciones Máscara de Red

- La parte de la máscara con bits a 1 indica la parte de red.
- La parte de la máscara con bits a 0 indica la parte de host.
- Nunca veremos una máscara de red con 0 y 1 intercalados.
- La notación para la máscara de red puede ser:
 - DECIMAL: 255.255.255.0
 - BINARIO: 11111111 11111111 11111111 11111111
 - PREFIJO / CIDR: /24
 - /24 significa que la máscara tiene 24 bits a 1

¡ CIDR ES MUY HABITUAL !

192.168.1.1 /24
192.168.1.1 255.255.255.0



Ejemplos de notaciones

■ IMPORTANTE:

- *NUNCA VEREMOS UNA MÁSCARA DE RED SOLA, SIEMPRE IRÁ ACOMPAÑADA DE UNA DIRECCIÓN IP*

Por el momento trabajaremos con máscaras que cubran octetos, pero dedicaremos un tema específico para subredes (y sus correspondientes máscaras)

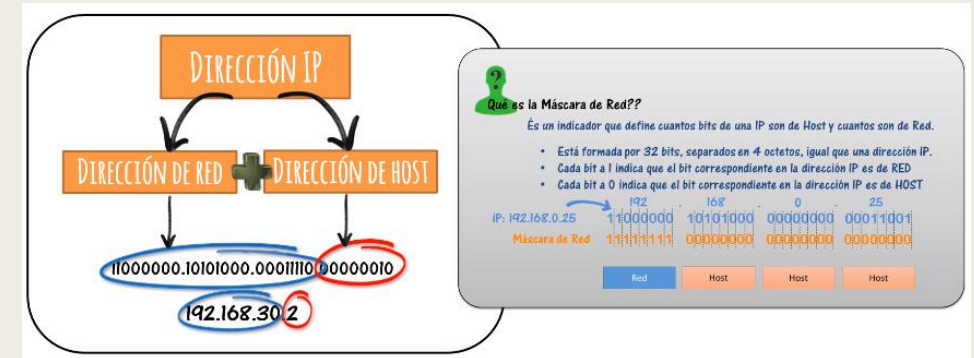
PREFIJO / CIDR	BINARIO	DECIMAL
/8	11111111 00000000 00000000 00000000	255.0.0.0
/16	11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0
/24	11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0
/26	11111111 11111111 11111111 11000000	255.255.255.192

Handwritten red annotations for /26:
A bracket under the first three octets is labeled "24".
A bracket under the last two bits of the fourth octet is labeled "2".
Below these, "11" and "/26" are written.

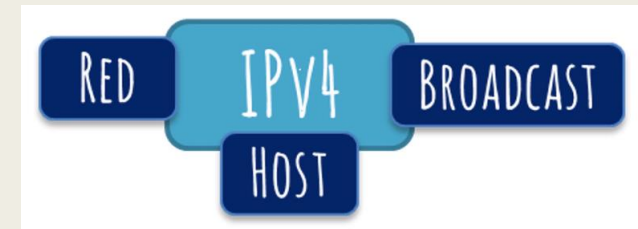
CALCULAR DIRECCIONES
IP DE RED, HOST, Y
BROADCAST



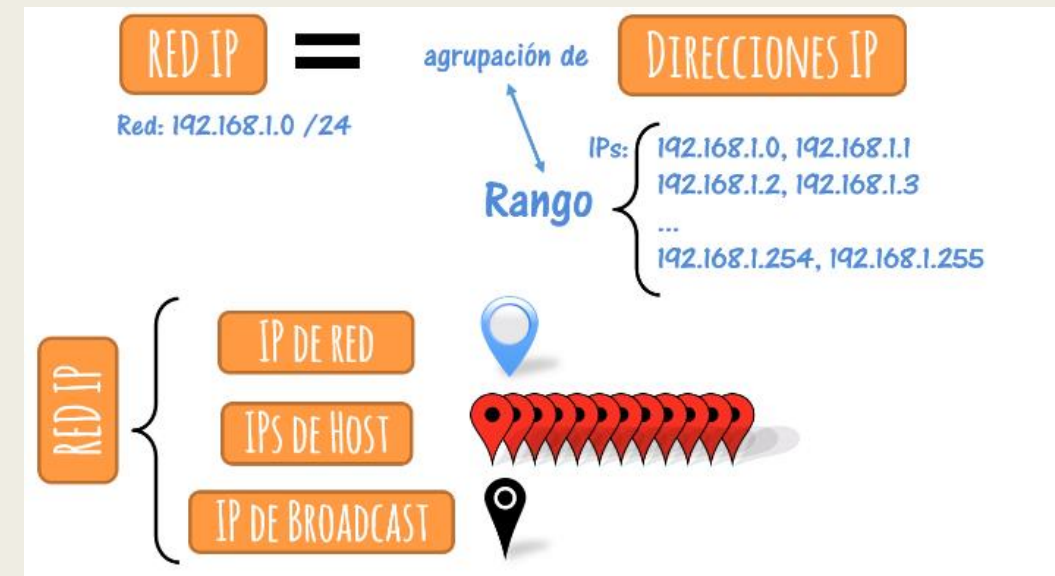
Recapitulando



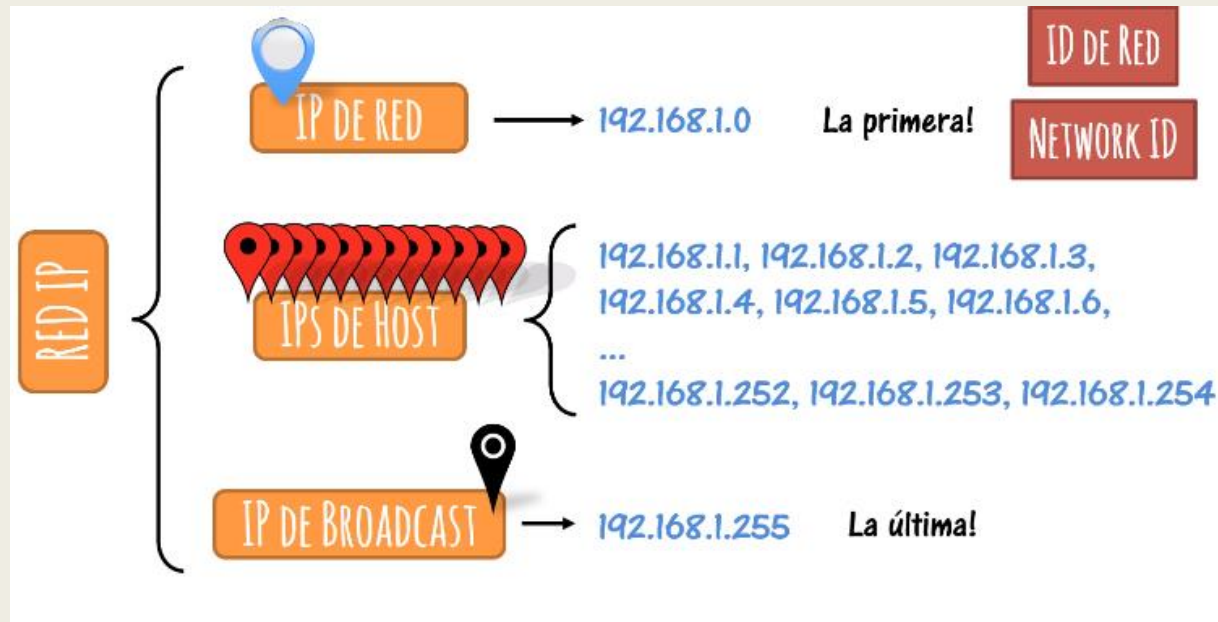
- Llegados a este punto ya sabemos:
 - *Qué es una dirección IP.*
 - *Sabemos que una dirección IP tiene dos partes.*
 - Dirección de Red.
 - Dirección de Host.
 - *Y también sabemos cómo se determinan estas dos partes gracias a la máscara de red.*
- Estamos listos para saber cómo se puede obtener con una dirección IP y una máscara la dirección de red, la dirección de broadcast, y el rango de direcciones de host.



- Una red (IP) hemos comentado que es un conjunto de direcciones IP.
 - *Pero no es solo un conjunto al azar.*
 - *Es un rango, es decir, un conjunto de direcciones SEGUIDAS.*
- Dentro de una red IP vamos a encontrar (como ya hemos mencionado):
 - *La dirección IP de red.*
 - *Un conjunto de direcciones IP de host.*
 - *La dirección IP de broadcast.*

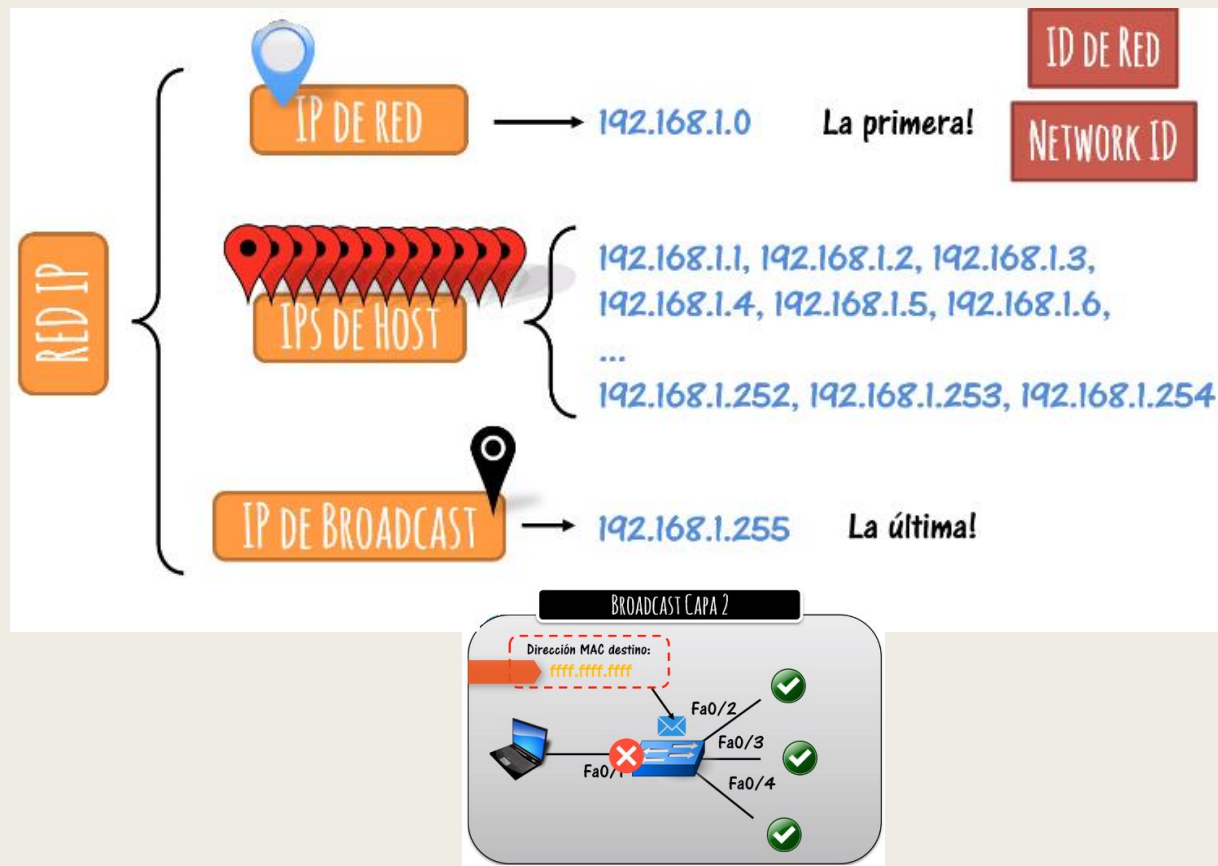


¿Qué dirección de las disponibles corresponde a cada tipo? (1 / 3)



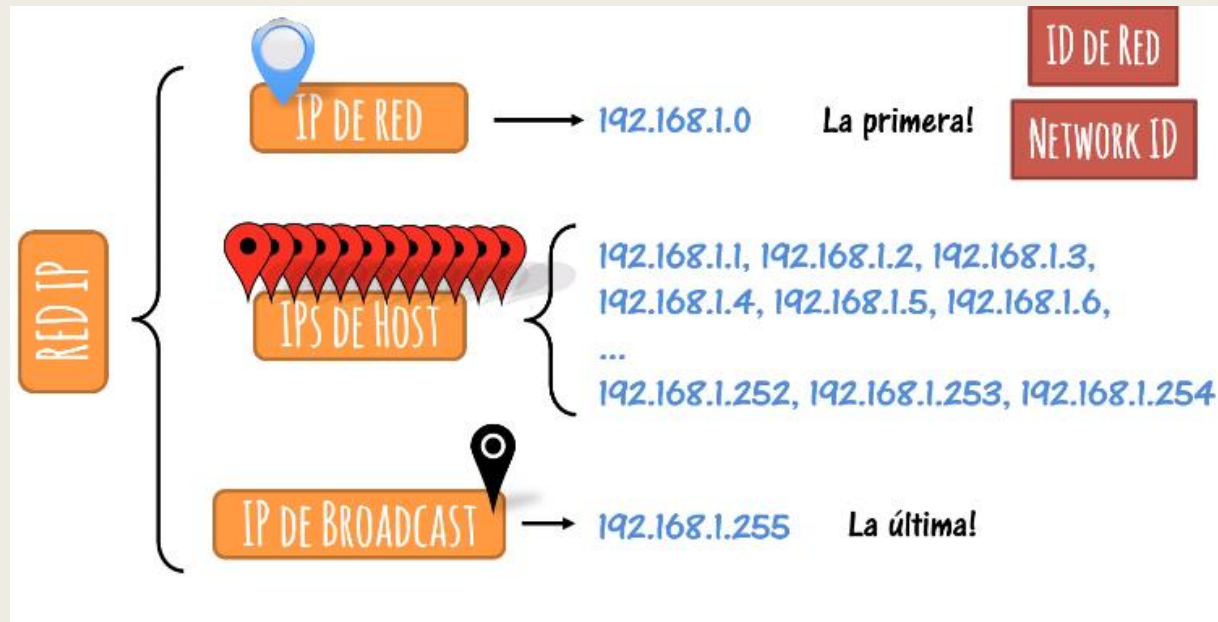
- Supongamos que tenemos la siguiente red:
 - **192.168.1.0 / 24**
- La dirección IP de red va a ser SIEMPRE la primera dirección IP del rango.
 - *También recibe los nombres de de Network ID o identificador de red.*
- La dirección IP de red NO puede ser asignada a ninguna interfaz.
 - *Esta dirección es utilizada por los routers para hacer el routing y calcular en qué red se encuentran las direcciones IP que tiene que enrutar.*

¿Qué dirección de las disponibles corresponde a cada tipo? (2/3)



- Supongamos que tenemos la siguiente red:
 - 192.168.1.0 / 24
- La IP de broadcast es la última del rango.
- Esta dirección TAMPOCO se puede asignar a ninguna interfaz.
- Se utiliza para aquellos casos en los que queremos enviar datos a todos los equipos de la red.
- En la capa 2 la dirección de broadcast es siempre ffff.ffff.ffff, pero con la capa 3 es distinto porque cada red va a tener su propia dirección de broadcast.

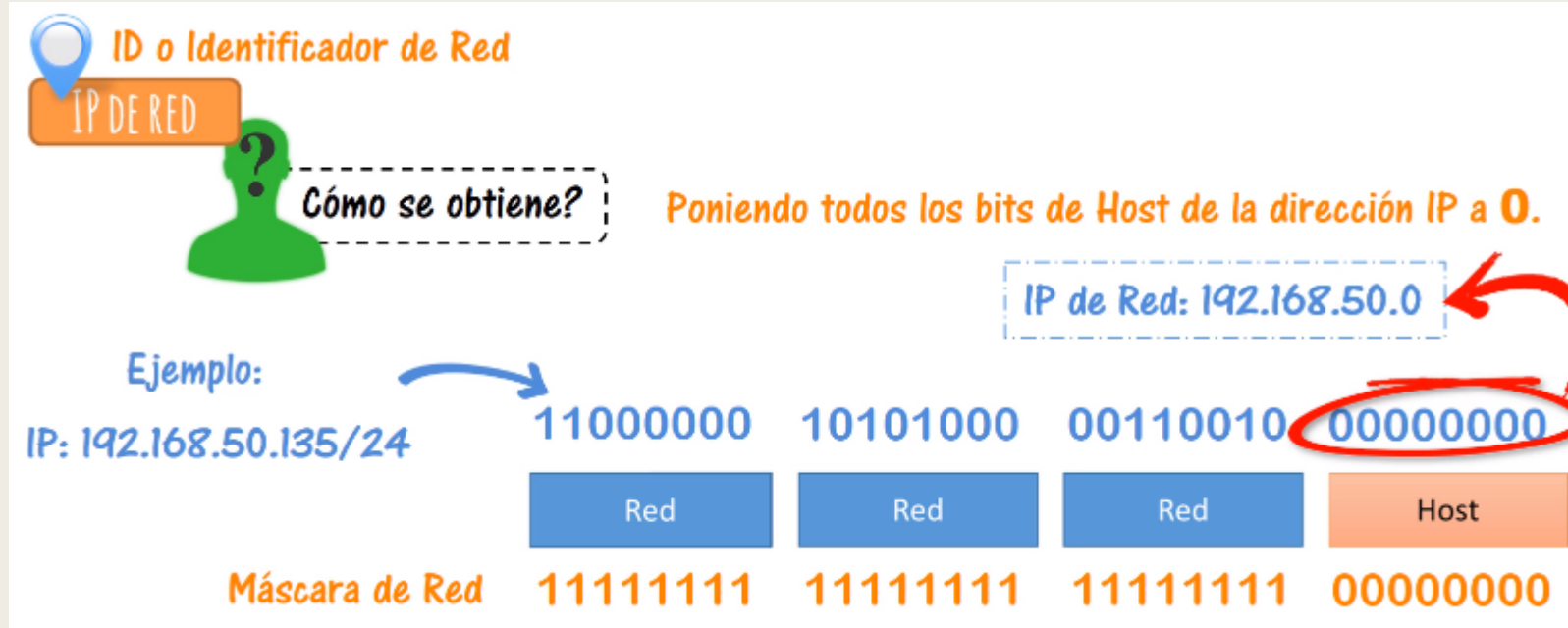
¿Qué dirección de las disponibles corresponde a cada tipo? (3/3)



- Supongamos que tenemos la siguiente red:
 - **192.168.1.0 / 24**
- Las direcciones IP de host van a ser las que se encuentren en medio.
 - *Entre la dirección IP de red y la dirección IP de broadcast.*

¿Cómo calcular la IP de red?

- Primero vamos a ver cómo se calcularían teniendo en cuenta el proceso en binario (que es el que se realiza a nivel de máquina).

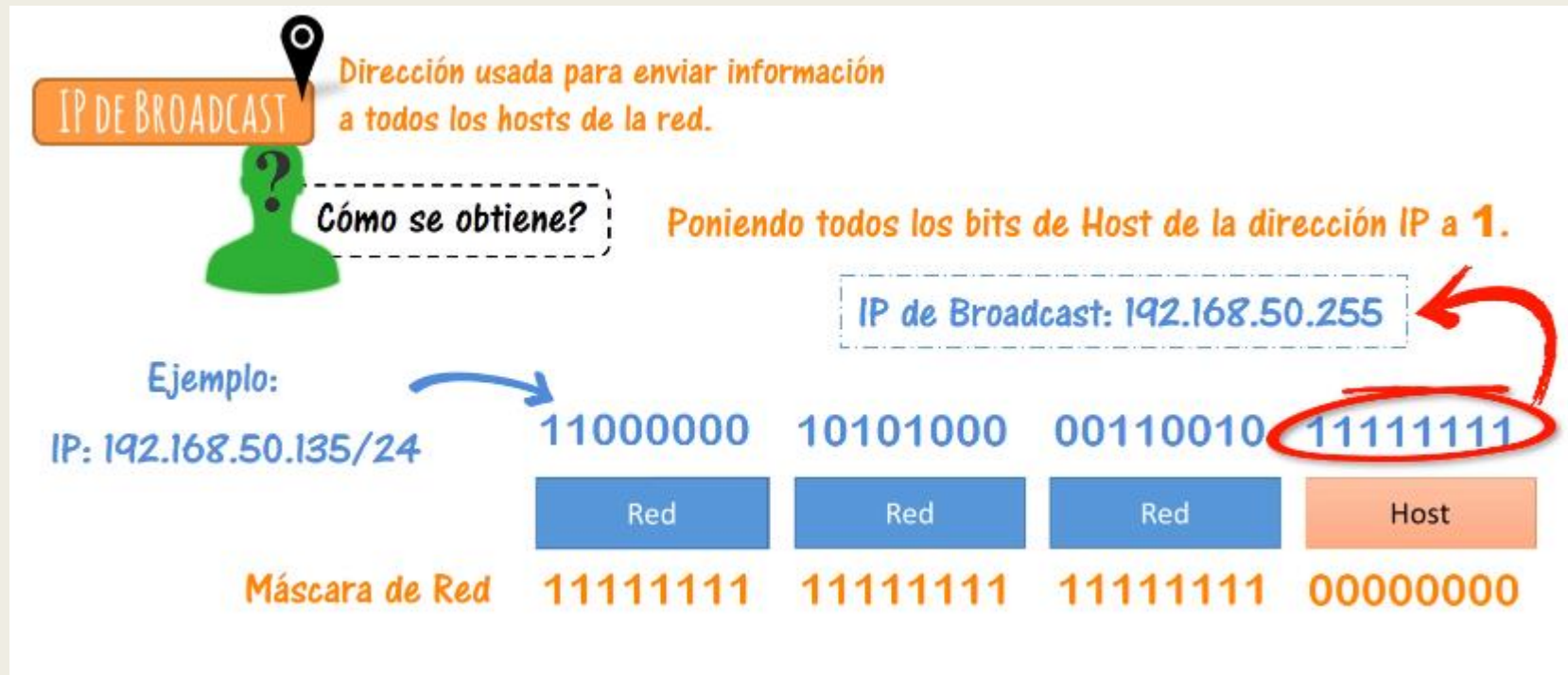


Para obtener la dirección de red, colocamos todos los bits de HOST la dirección IP, y todos los bits de la parte de red a 1.

La máscara es /24, es decir, tiene 24 bits de red (con valor 1 y el resto a 0).

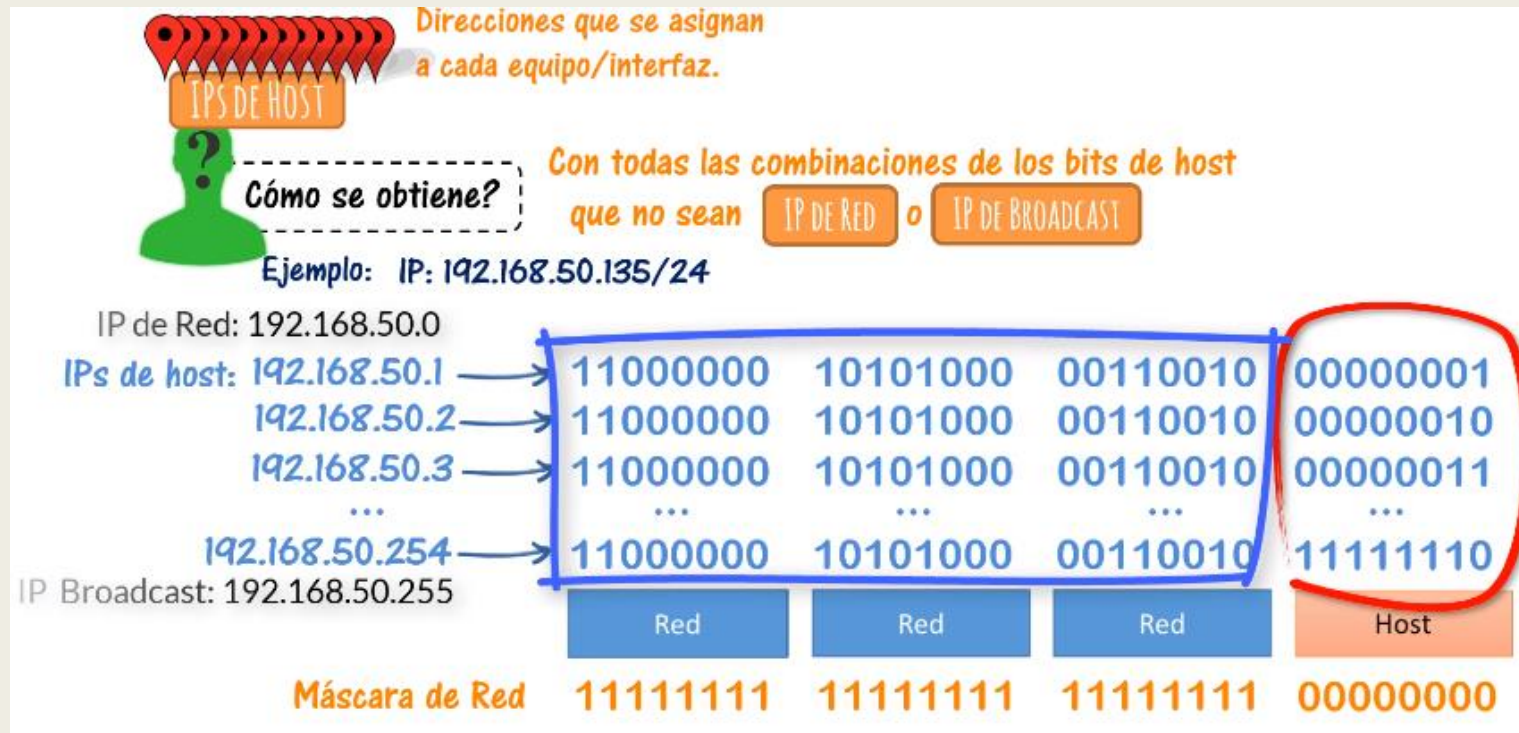
Todos los bits
Pasamos la dirección binaria a decimal y tenemos en el ejemplo **192.168.50.0**

¿Cómo calcular la dirección de broadcast?



- Para obtener la dirección de broadcast, colocamos TODOS los bits de la porción de host a 1.
- Seguimos con la misma dirección de ejemplo.
- Pasaríamos el último octeto, en este caso, a 1, y convertiríamos a decimal la dirección.
- Resultado:
192.168.50.255

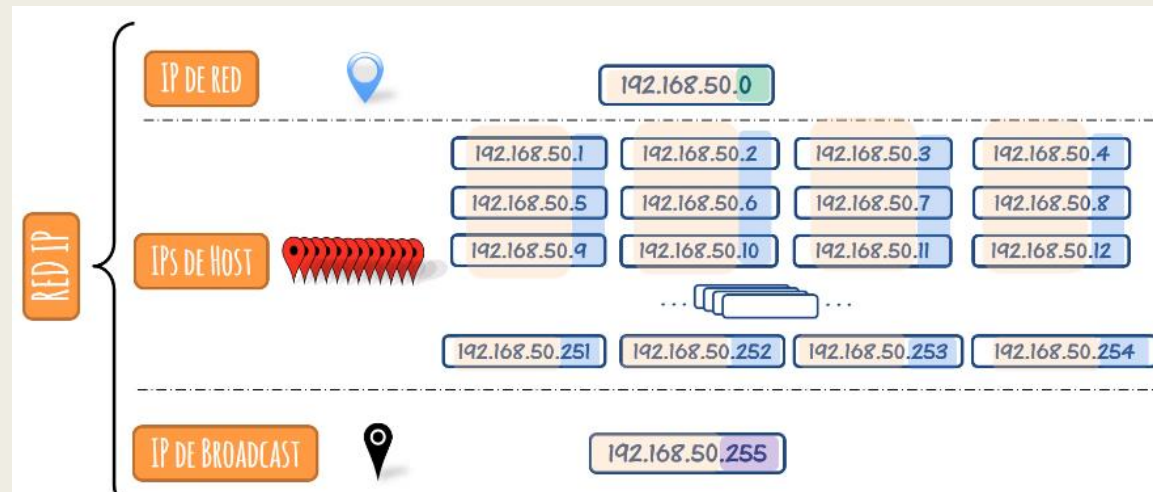
¿Cómo calcular las direcciones de host?



- Las direcciones de host se obtienen con TODAS las combinaciones posibles de los bits de HOST que NO SEAN la IP DE RED ni la IP DE BROADCAST.
 - Es decir, las direcciones que quedan en medio.
- Tendremos la 192.168.50.1, la 192.168.50.2, la 192.168.50.3... y así hasta la última, que será la 192.168.50.254.

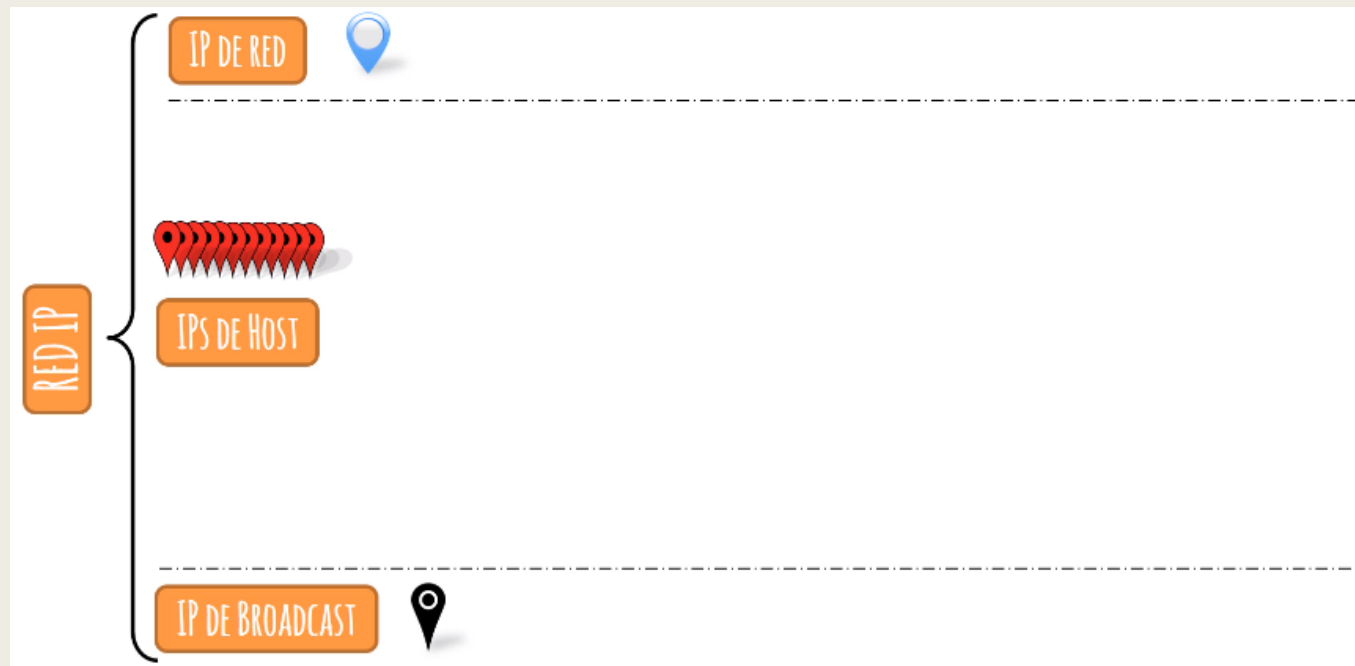
Recapitulando...

- Con el método utilizado, hemos obtenido las siguientes direcciones.
 - La IP de red con todos los bits de la porción de host a 0.
 - La IP de broadcast con todos los bits de la porción de host a 1.
 - Las IP de host con todos los valores que pueda tomar la porción de host EXCLUYENDO la dirección IP de RED y la de BROADCAST.



Ejemplo clase ¿Qué pasaría si tuviéramos más octetos de host? (1/

- 1º Identificamos qué parte de la dirección es de red y qué parte es de host.



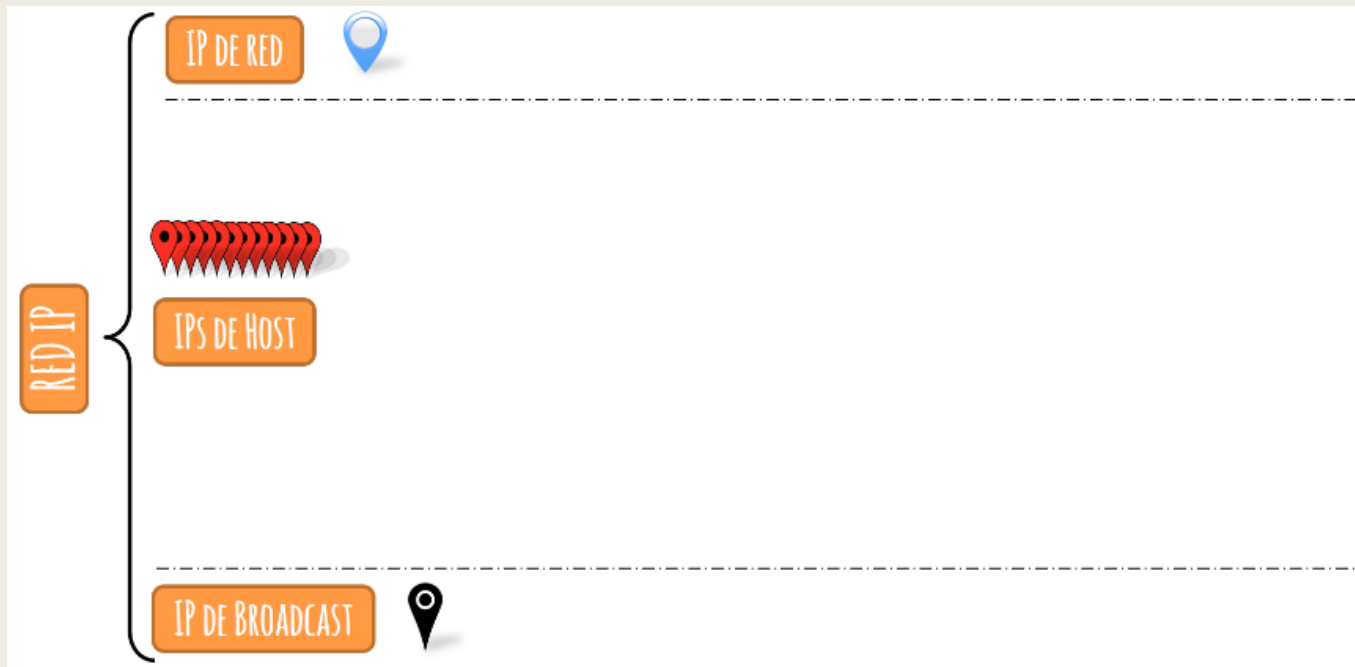
Ejemplo: IP: 172.16.5.11 /16

Hola clase, decidme
qué parte es de cada
tipo



Ejemplo clase ¿Qué pasaría si tuviéramos más octetos de host? (1 /

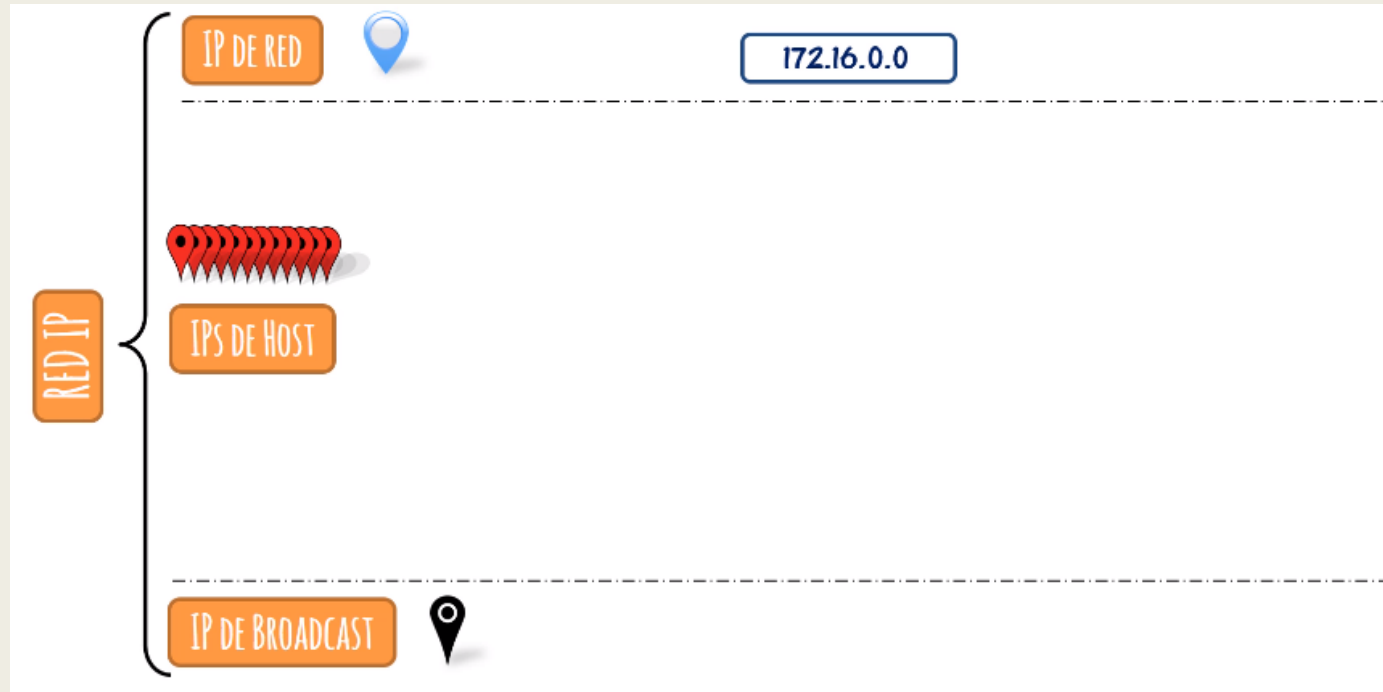
- ¿Cuál será la dirección IP de red habiendo identificado la porción de red y la de host?



Ejemplo: IP: **Red** 172.16. **Host** 5.11 /16

Ejemplo clase ¿Qué pasaría si tuviéramos más octetos de host? (1 /

- ¿Cuál será la dirección IP de broadcast?



Ejemplo: IP: **Red** 172.16. **Host** 5.11 /16

Ejemplo clase ¿Qué pasaría si tuviéramos más octetos de host? (1/

- ¿Cuáles serán las direcciones IP de host?



Ejemplo: IP: ^{Red}172.16.^{Host}5.11 /16

¿Cuál creéis que va a ser la primera dirección IP de host?

¿172.16.0.255 será IP de host?

¿Qué pasará una vez superada la dirección anterior? ¿Cuál será la siguiente dirección IP de host?

¿172.16.1.0 será IP de host o de red?

Ejemplo clase ¿Qué pasaría si tuviéramos más octetos de host? (1/

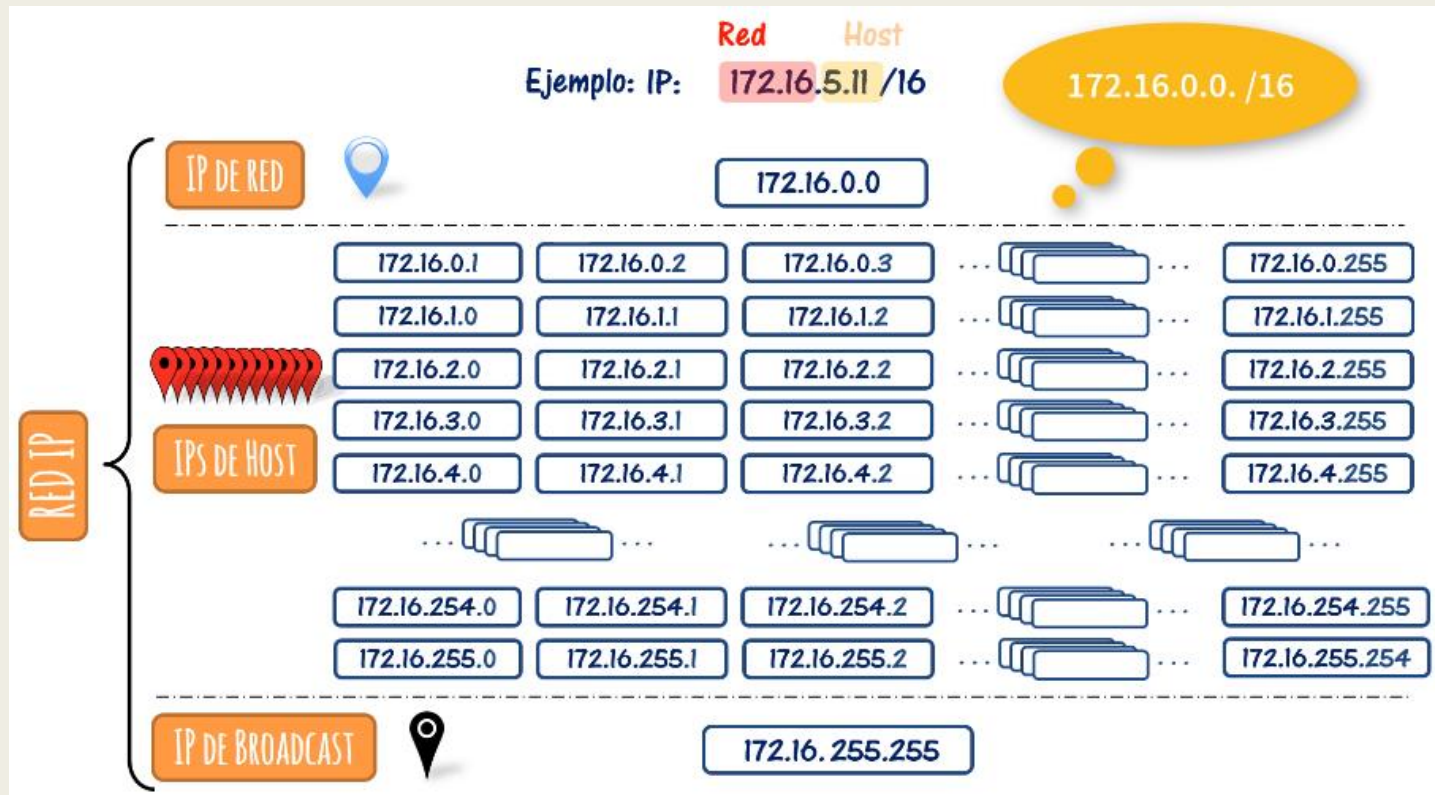
- ¿Cuáles serán las direcciones IP de host? De 172.16.0.1 a 172.16.255.254

¿Cuál creéis que va a ser la primera dirección IP de host? 172.16.0.1

¿172.16.0.255 será IP de host? Sí, ya que solo tenemos una red, y en esa red la IP de broadcast es 172.16.255.255



¿Qué pasará una vez superada la dirección anterior? ¿Cuál será la siguiente dirección IP de host? Pasamos a la siguiente dirección de host del rango, que es 172.16.1.0



¿172.16.1.0 será IP de host o de red? Será dirección de host, la dirección de red es 172.16.0.0



Si hemos calculado todo el rango de direcciones sin conversión a binario, ¿para qué sirve si se puede hacer todo en decimal?

- En el ejemplo anterior hemos calculado todo el rango de direcciones de una red sin necesidad de hacer conversiones a binario.
 - *Y podríamos haber hecho lo mismo en el primer ejemplo.*
- Entonces, ¿para qué hemos visto esa conversión a binario? ¿es necesario trabajar con sistema binario para estos cálculos?
- La respuesta es que el cálculo decimal nos viene muy bien y nos hace innecesario usar las conversiones a binario SOLAMENTE con las máscaras /8, /16, /24.
- PERO podemos encontrar otras máscaras, como /30, /20, /25, /10, etc. Y en cualquier caso que no sea 8,16,24 hay que hacer cálculos más complejos que necesitan las conversiones en binario.

	/8	→	255.0.0.0	
	/16	→	255.255.0.0	
	/24	→	255.255.255.0	

	/30	→	255.255.255.252	
	/20	→	255.255.240.0	
	/25	→	255.255.255.128	
	/10	→	255.192.0.0	

Lo veremos después de Navidad



EJEMPLO DE EJERCICIO PRÁCTICO

Calcular direcciones IP de red, de host, y de broadcast

Ahora os toca a vosotros. EJERCICIO

- Tenemos dos terminales.
- Calculad las direcciones IP de red, de host, y de broadcast para:
 - *Terminal 1.*
 - *Terminal 2.*

```
josep@josep-VirtualBox:~$ ifconfig -a
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.222.3 netmask 255.255.255.0 t
    inet6 fe80::2e87:89c5:c5c2:4fb5 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 08:00:27:32:14:2f txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 2175 bytes 1664433 (1.6 MB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 1221 bytes 87327 (87.3 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
    inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
    loop txqueuelen 1000 (Bucle local)
    RX packets 188 bytes 14117 (14.1 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 188 bytes 14117 (14.1 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions
```



PRACTICA!

Dirección IP de Red

Direcciones IP de Host

Dirección IP de Broadcast

```
C:\Users\IEUser>ipconfig /all

Windows IP Configuration

Host Name . . . . . : IE8WIN7
Primary Dns Suffix . . . . . :
Node Type . . . . . : Hybrid
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No

Ethernet adapter Local Area Connection 2:

Connection-specific DNS Suffix . :
Description . . . . . : Intel(R) PRO/1000 MT Desktop
Physical Address. . . . . : 08-00-27-99-B1-5F
DHCP Enabled. . . . . : No
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::256b:4013:4140:453f%15
IPv4 Address. . . . . : 10.0.0.25 (Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.0.0.0
Default Gateway . . . . . :
DHCPv6 IAPD . . . . . : 202514215
```



¿ALGUIEN SE ANIMA A HACERLOS EN LA PIZARRA? (1 PARA CADA EJERCICIO)

Ejercicio 1 - SOLUCIÓN



```
Flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu  
inet 192.168.222.3 netmask 255.255.255.0 broad  
inet6 fe80::2e87:89c5:c5c2:4fb5 prefixlen 64
```

192.168.222.3
Red Host

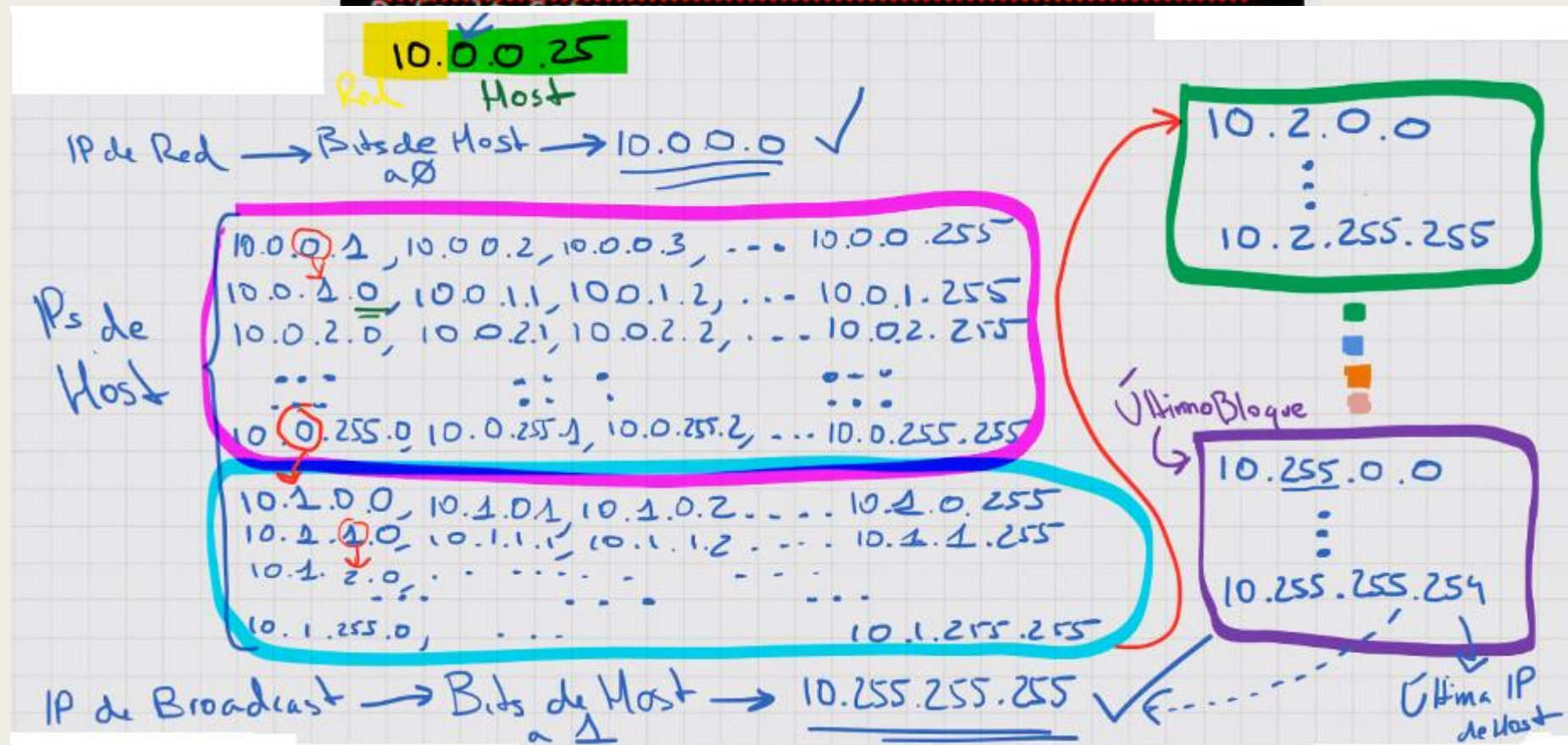
IP de Red \longrightarrow bits de Host \longrightarrow 192.168.222.0 ✓
 $\sim \emptyset$

IPs de Host { 192.168.222.1, 192.168.222.2, 192.168.222.3 ...
...
...
...
192.168.222.253, 192.168.222.254 ✓

IP de Broadcast \longrightarrow bits de Host \longrightarrow 192.168.222.255 ✓
 ~ 1

Ejercicio 2 - SOLUCIÓN

```
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::256b:4
IPv4 Address. . . . . : 10.0.0.25 (Pr
Subnet Mask . . . . . : 255.0.0.0
```



¿Algo difícil?

¿



?

- Cuando abordemos en mayor profundidad este apartado (después de navidades) le dedicaremos mucha más práctica, ya que se lo dedicaremos exclusivamente a ello.
- Ahora mismo lo importante es hacernos una idea de cómo calcular estas direcciones con máscaras sencillas, y saber los tipos de direcciones.
- Estamos avanzando lo fundamental para empezar cuanto antes la práctica.



EJEMPLO DE EJERCICIO PRÁCTICO

Saber si una dirección IP pertenece a una red

Ahora os toca a vosotros. EJERCICIO

- Antes de pasar a la siguiente sección vamos a pararnos en otro aspecto que surge del anterior.
- ¿Cómo podemos saber si una IP pertenece o no a una red?
 - *Vamos a verlo para casos /8, /16, /32*
- Es muy importante conocer si una dirección IP concreta pertenece a una red o no, porque esto es lo que van a hacer los routers para tomar las decisiones de enrutamiento.
 - *En la siguiente sección nos vendrá muy bien tenerlo claro.*
- Sabemos cómo calcular todas las direcciones de red, host, y broadcast de una red ip. Así podríamos saberlo, pero es mucho trabajo para una pregunta tan simple, ¿no?

Ejercicio

✓ Esta incluida la IP de Host 20.200.7.12 en las siguientes redes?

- 20.0.0.0/8
- 20.0.0.0/16
- 20.200.0.0/24
- 20.201.7.0/24
- 20.200.0.0/16
- 20.200.7.0/24

- Intentad hacer el ejercicio y luego vemos la solución.

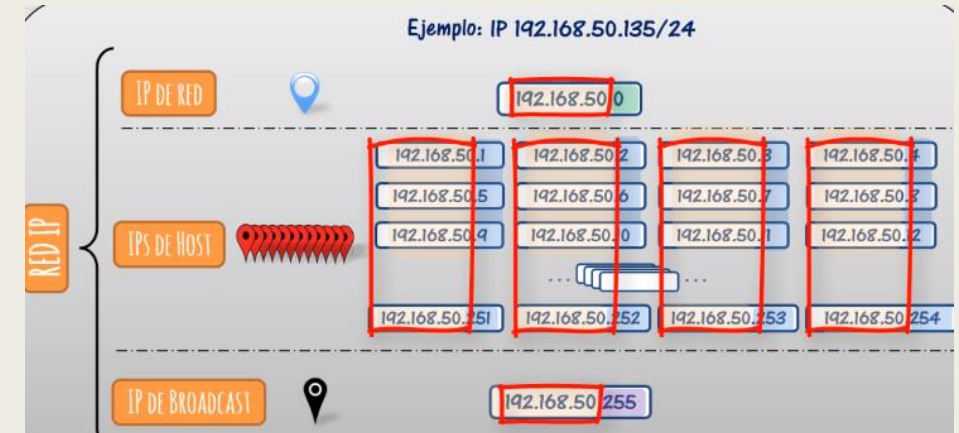


Ejercicio - SOLUCIÓN

✓ Esta incluida la IP de Host 20.200.7.12 en las siguientes redes?

- 20.0.0.0/8
- 20.0.0.0/16
- 20.200.0.0/24
- 20.201.7.0/24
- 20.200.0.0/16
- 20.200.7.0/24

- Para hacerlo, debemos fijarnos en la porción de red.
- La porción de red es aquello en lo que debemos fijarnos para determinar si una dirección IP pertenece o no a una red.
 - *Porque en una misma red, todas las direcciones IP tendrán la misma porción de red.*



Ejercicio - SOLUCIÓN

✓ Esta incluida la IP de Host 20.200.7.12 en las siguientes redes?

- 20.0.0.0/8 → SÍ
- 20.0.0.0/16 → NO
- 20.200.0.0/24 → NO
- 20.201.0.0/24 → NO
- 20.200.0.0/16 → SÍ
- 20.200.7.0/24 → SÍ

Red Host
20.0.0.0/8
255.0.0.0
20.0.0.0/16
255.255.0.0

20.200.0.0/24
255.255.255.0
20.201.7.0/24

20.200.0.0/16

20.200.7.0/24

FUNCIONES DE LOS ROUTERS: ROUTING Y FORWARDING

Cómo utilizan los routers las direcciones IP ya vistas para realizar
sus funciones

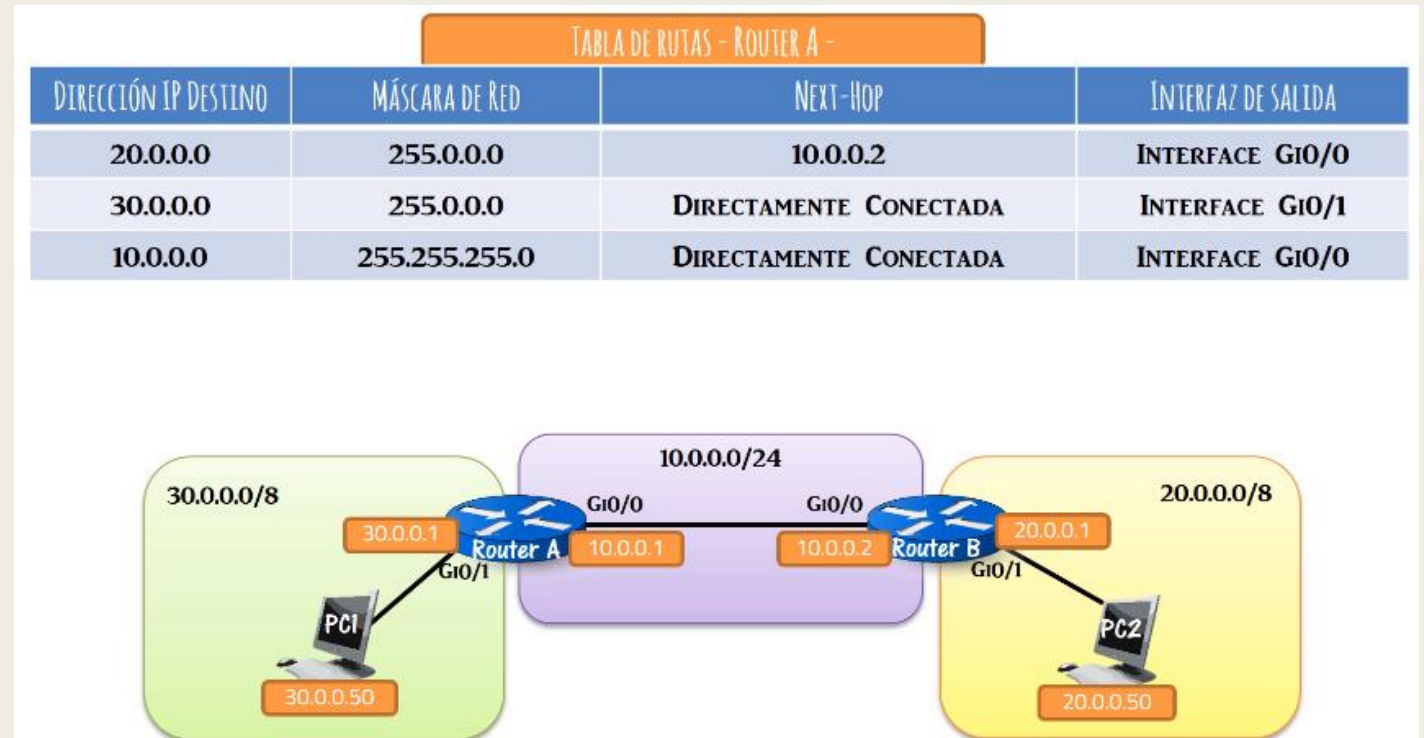
Recapitulando

- De forma muy general, vimos que los routers utilizaban las direcciones que tenían en su tabla de rutas para decidir por dónde reenviaban los paquetes.
 - *A este proceso se le llama ENRUTAMIENTO.*
- Una vez el router ha decidido la interfaz a la que va a reenviar el paquete, la envía.
 - *A este proceso se le llama FORWARDING.*

Ejemplo de una tabla de rutas

- La tabla de rutas nos indica:
 - *Dirección IP destino.*
 - *Máscara de red de esa dirección IP destino.*
 - *Siguiente salto (Gateway o puerta de enlace).*
 - *Interfaz de salida.*
- Por ejemplo: Para llegar a la dirección IP 20.0.0.0 /8, habrá que hacerlo mediante el router con la dirección IP 10.0.0.2, al que llegaremos por la interfaz GI0/0.

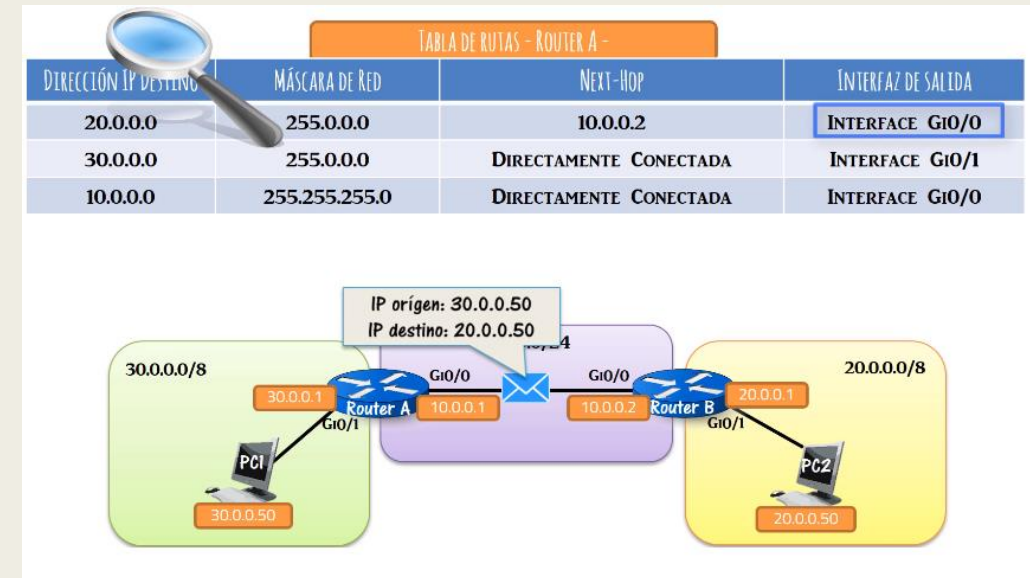
En resumen, la tabla de rutas nos indica una red (en el ejemplo la 20.0.0.0 /8), y cómo llegar a esa red.



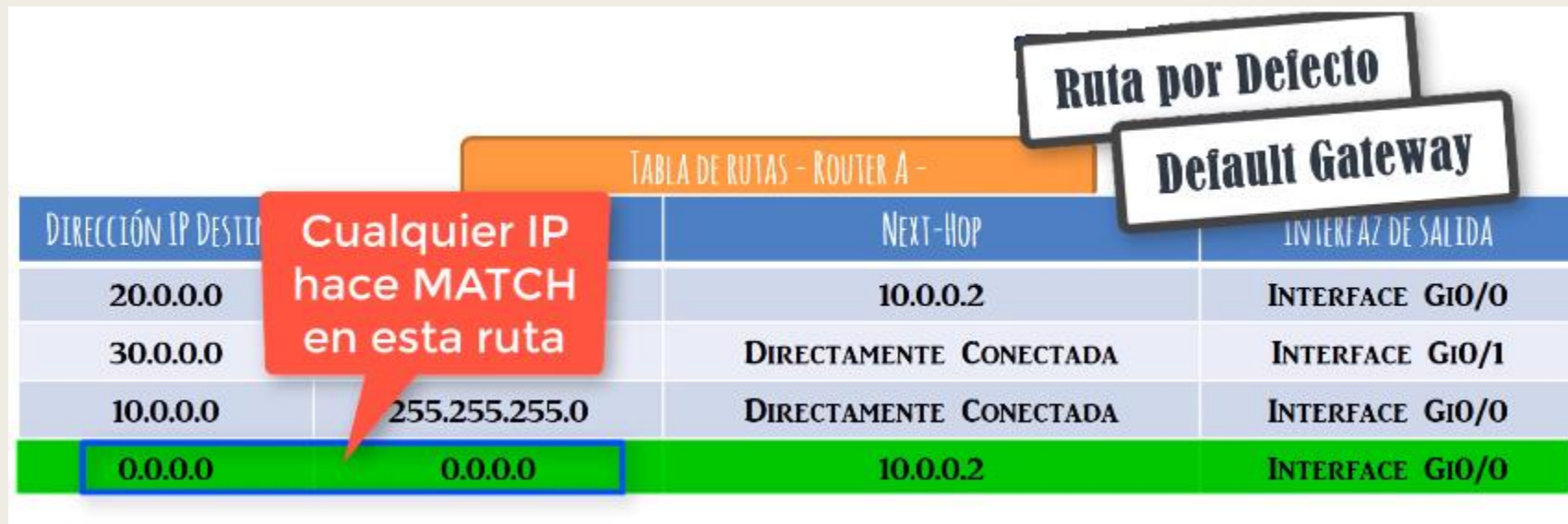
Para los otros casos de la tabla, por ejemplo, acceder a la red 30.0.0.0 / 8, no será necesario reenviar el paquete a otro router, ya que está directamente conectada al nuestro.

¿Cómo utiliza el router la tabla de rutas para hacer routing y forwarding?

- Si al router A le llega un paquete del PC1 por la interfaz Gi0/1, mirará la IP destino del paquete y la buscará en la tabla de rutas.
 - *Para ver si pertenece a alguna de las redes para las que tiene rutas.*
- Si se da el caso, como ocurre en el ejemplo, donde el paquete tiene la dirección 20.0.0.50, y en el router existe en la tabla la dirección de red 20.0.0.0 /8 en la que ESTÁ INCLUIDA.
 - *Se dice que ha habido un MATCH. Es decir, la IP destino del paquete ha hecho match en una de las direcciones de la tabla de rutas.*
- El router mirará hacia dónde tiene que enviar el paquete (hacia el siguiente salto), en el ejemplo sería hacia el router con la red 10.0.0.2. Y hará el forwarding por la interfaz Gi0/0.



Default Gateway / ruta por defecto (1 / 2)



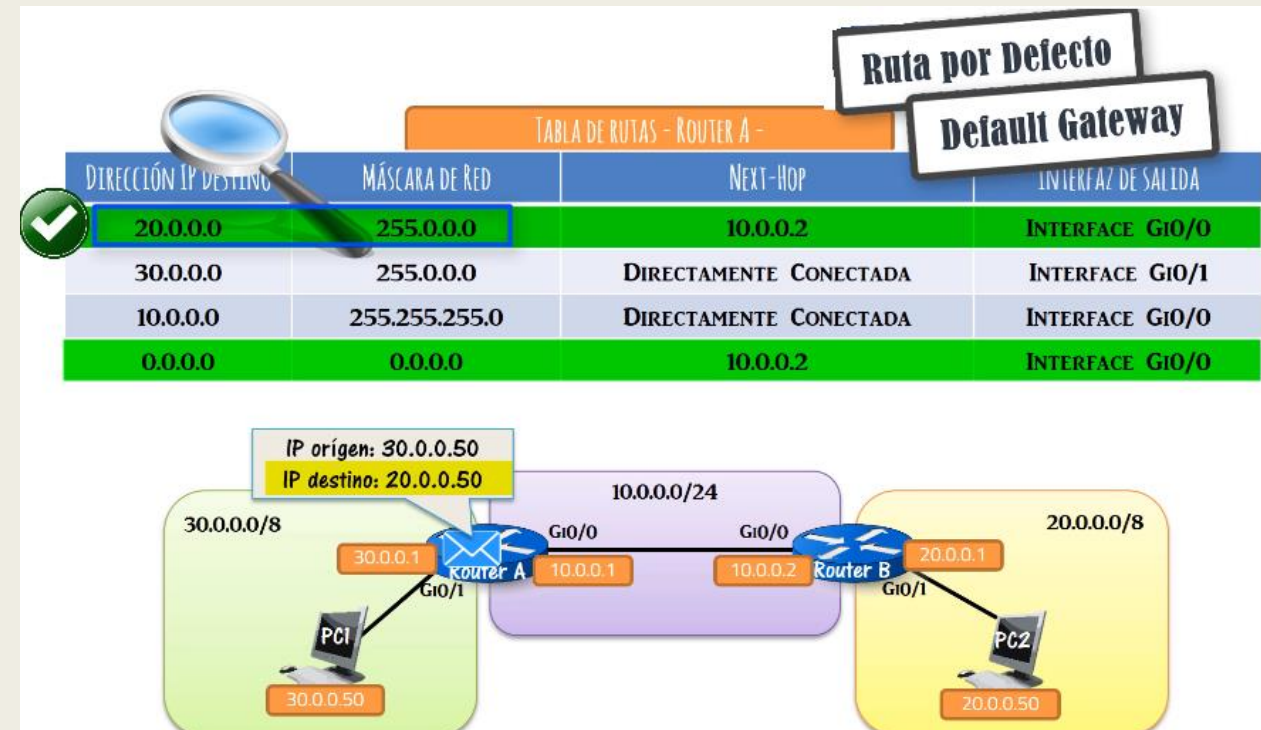
The diagram illustrates a routing table for Router A. It features a table with four columns: 'DIRECCIÓN IP DESTINO', 'MÁSCARA', 'NEXT-HOP', and 'INTERFAZ DE SALIDA'. The first three rows represent specific routes: 20.0.0.0, 30.0.0.0, and 10.0.0.0. The fourth row, highlighted in green, represents the default gateway with the destination 0.0.0.0 and mask 0.0.0.0. A red callout box points to the first two columns of this row, stating 'Cualquier IP hace MATCH en esta ruta'. Two labels, 'Ruta por Defecto' and 'Default Gateway', are placed above the table.

TABLA DE RUTAS - ROUTER A -			
DIRECCIÓN IP DESTINO	MÁSCARA	NEXT-HOP	INTERFAZ DE SALIDA
20.0.0.0		10.0.0.2	INTERFACE Gi0/0
30.0.0.0		DIRECTAMENTE CONECTADA	INTERFACE Gi0/1
10.0.0.0	255.255.255.0	DIRECTAMENTE CONECTADA	INTERFACE Gi0/0
0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.0.2	INTERFACE Gi0/0

- Una dirección que suele aparecer en la tabla de ruta es la ruta por defecto o default Gateway.
- Aparece con dirección 0.0.0.0 y máscara /0. Es una dirección especial que se utiliza para hacer referencia a esta ruta por defecto.
- Se interpreta como “cualquier dirección IP”, es decir, ahí harán MATCH todos los paquetes, tengan la dirección IP de destino que tengan. Podemos imaginarlo como una dirección “comodín”. SOLO SERÁ UTILIZADA CUANDO EL PAQUETE NO HAGA MATCH EN NINGUNA RUTA.

Default Gateway / ruta por defecto (2/2)

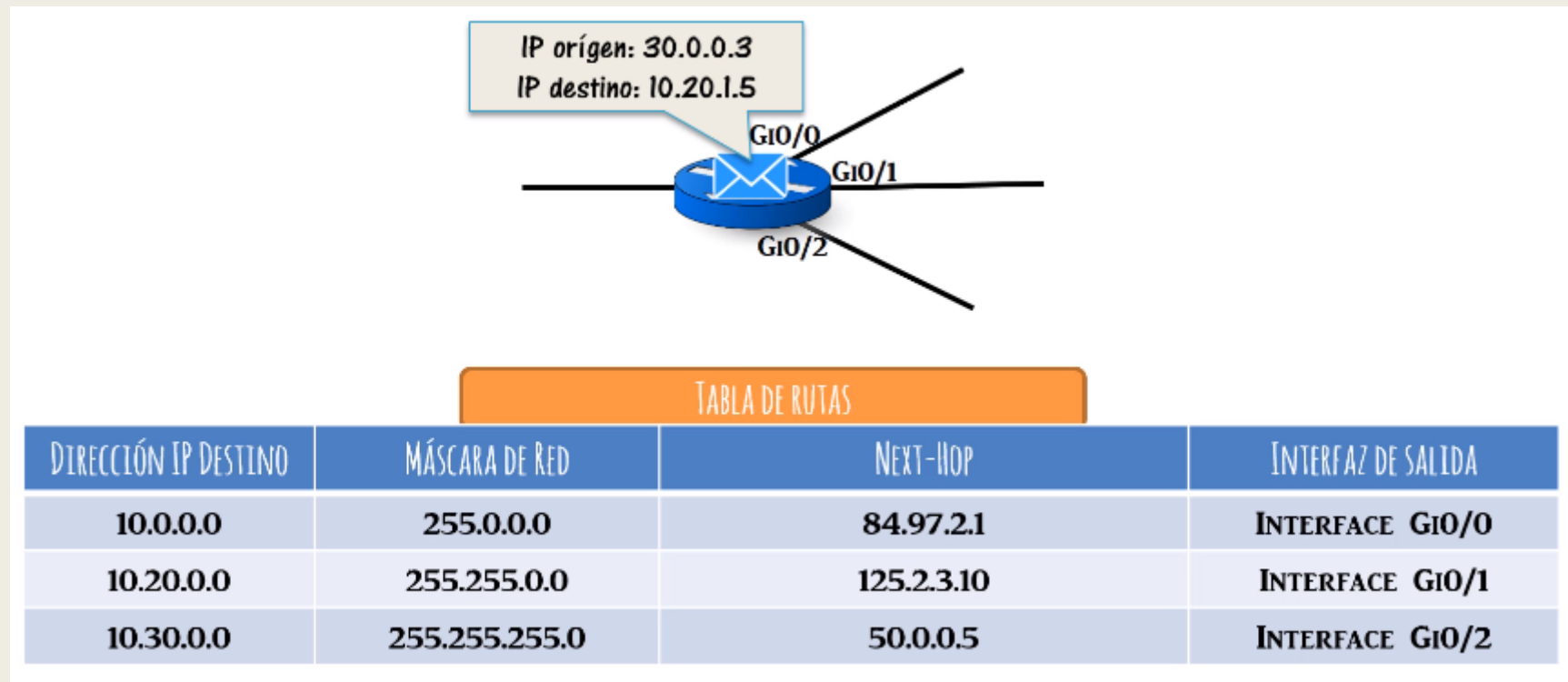
- Si un paquete quiere ir a la dirección IP de destino 20.0.0.50, ¿qué pasará?
 - *El router hará MATCH en dos direcciones de la tabla.*
 - *Es habitual que en una tabla de rutas haya varias direcciones IP de destino en las que se hace match a la vez.*
- ¿Y por cuál reenviará los datos?
 - *En aquellos casos donde haya varios MATCH, el router reenviará los paquetes por la ruta que sea más específica.*



En el ejemplo, la ruta 20.0.0.0 /8 es más específica que la ruta por defecto, y por eso se reenviará por ahí.
Más específico = máscara mayor (con más bits para red)

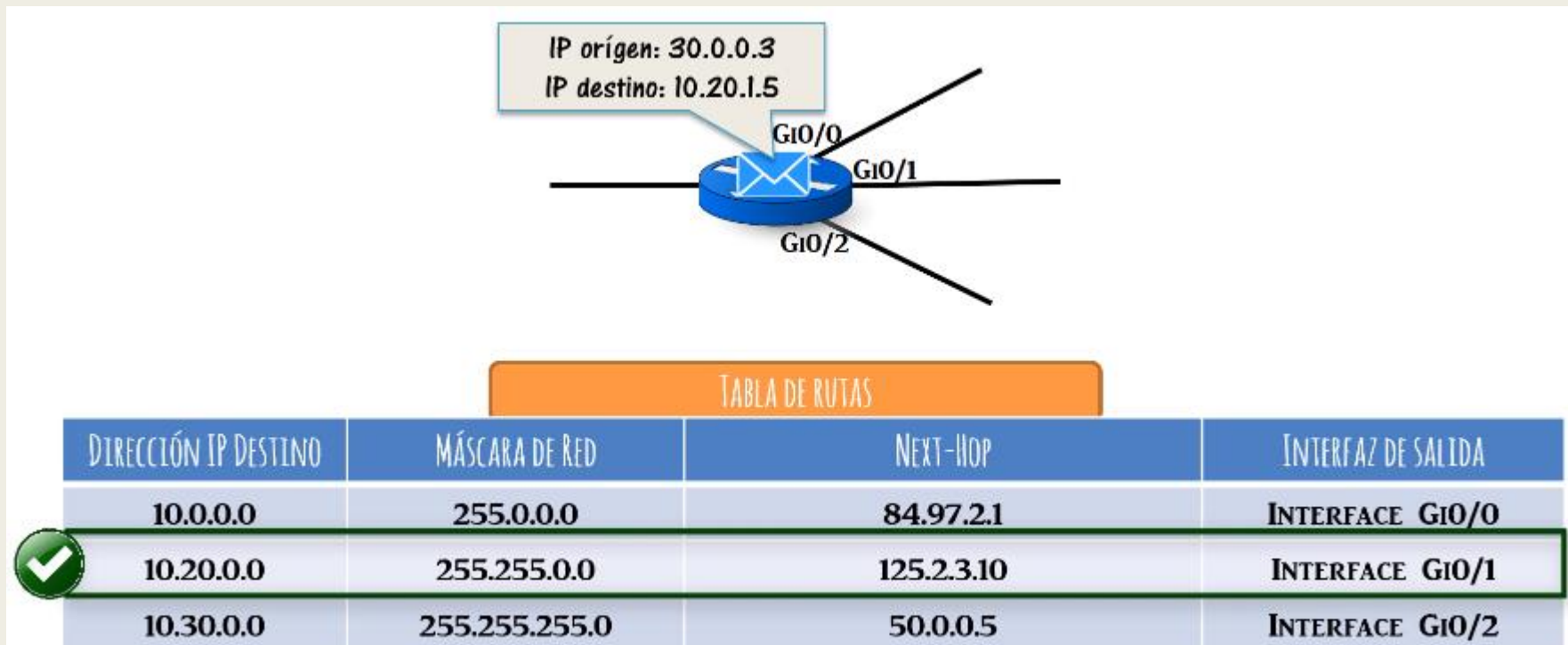
Ejemplo de direccionamiento

- En el siguiente ejemplo, ¿por qué ruta se reenviarán el paquete de datos?



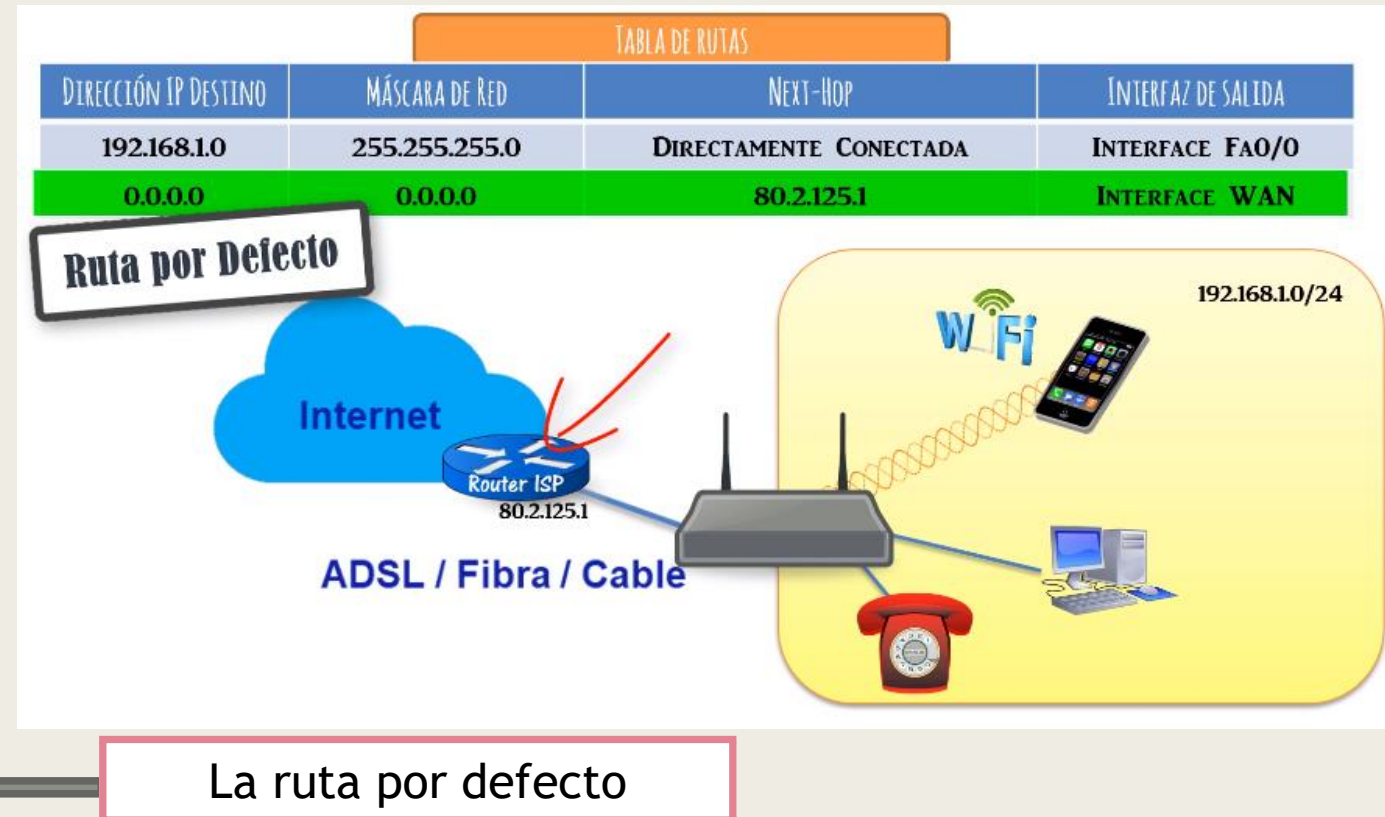
Ejemplo de direccionamiento - SOLUCIÓN

- Reenviará el paquete por 10.20.0.0 /16 porque es más específica.
 - *La última ruta hace match. No pertenece a la red a la que vamos a enviar.*



¿Por qué es importante la ruta por defecto?

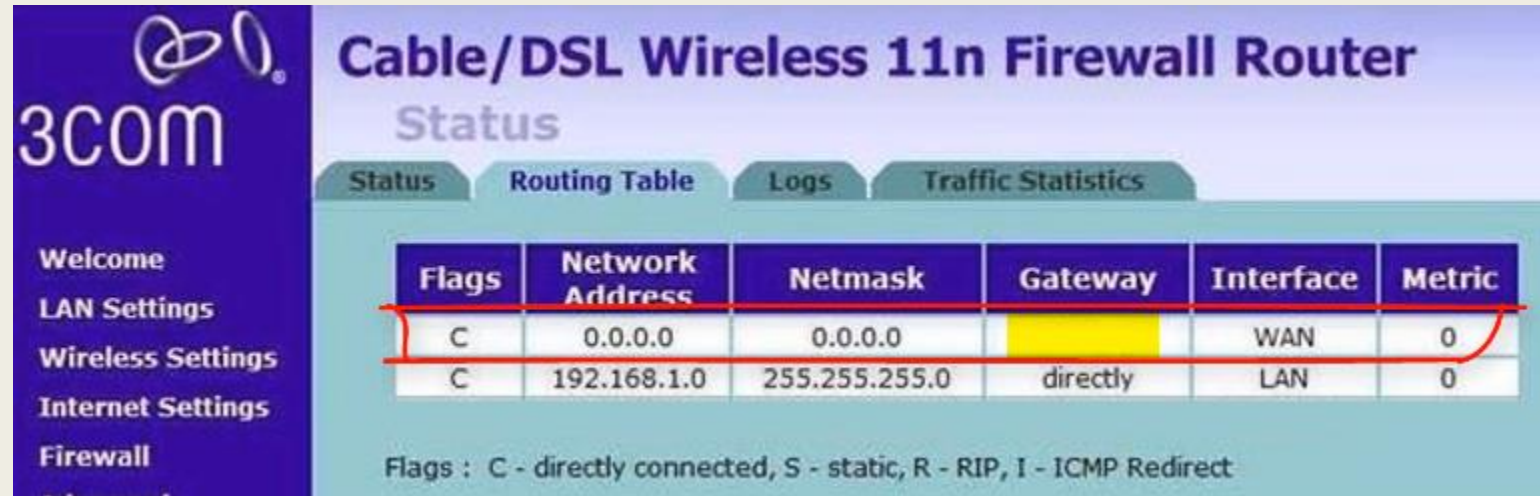
- La ruta por defecto es muy habitual en casos como el que tenemos en casa.
- El router que nos da acceso a internet, en lugar de tener en su tabla de rutas TODAS las redes que nos dan acceso a internet (que lo obligaría a tener mucha potencia para gestionar cientos de miles de rutas) tiene una sola ruta que engloba a TODO INTERNET.



Todo lo que el router no sepa por dónde enviar, lo enviará hacia el router del proveedor de servicios de internet (ISP) (telefónica, orange, Jazztel...) mediante la ruta por defecto.

Ejemplos de tablas de rutas de routers domésticos

- En el primer ejemplo no aparece Gateway.
 - *Es habitual que esto suceda. No es ningún error.*
- Lo más probable es que hayan hecho una conexión **punto a punto** y al no haber más posibles destinos para el router, no necesita puerta.
- En el segundo ejemplo vemos Gateway 0.0.0.0, es porque ese router expresa así el “directamente conectado”

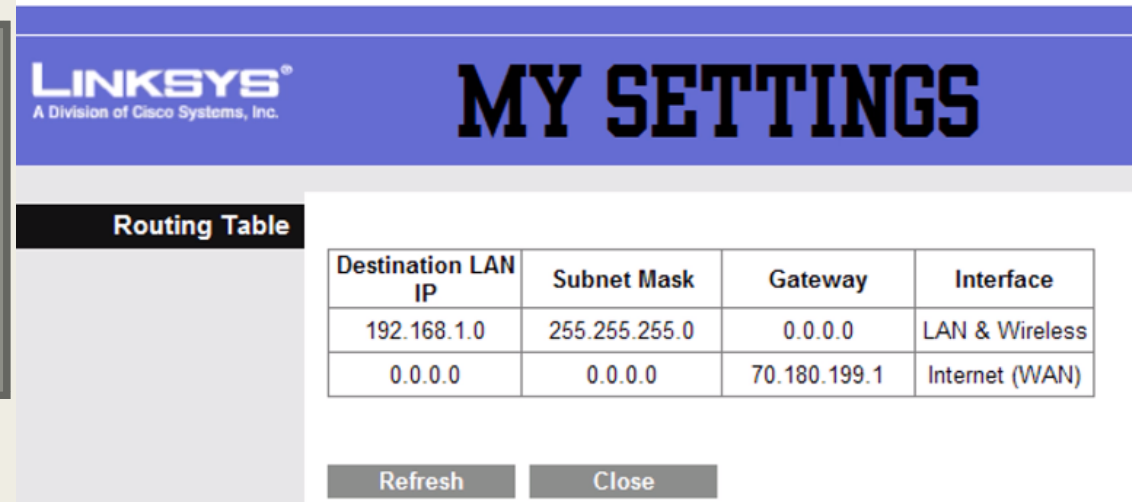


The screenshot shows the status page of a 3COM router. The 'Routing Table' tab is selected. The table has columns: Flags, Network Address, Netmask, Gateway, Interface, and Metric. Two entries are shown: one for 0.0.0.0 with a yellow Gateway cell, and another for 192.168.1.0 with the text 'directly' in the Gateway column.

Flags	Network Address	Netmask	Gateway	Interface	Metric
C	0.0.0.0	0.0.0.0		WAN	0
C	192.168.1.0	255.255.255.0	directly	LAN	0

Flags : C - directly connected, S - static, R - RIP, I - ICMP Redirect

Efectivamente, una conexión punto a punto puede estar a nivel lógico en redes distintas.



The screenshot shows the 'MY SETTINGS' page of a Linksys router. The 'Routing Table' tab is selected. The table has columns: Destination LAN IP, Subnet Mask, Gateway, and Interface. Two entries are shown: one for 192.168.1.0 with Gateway 0.0.0.0, and another for 0.0.0.0 with Gateway 70.180.199.1.

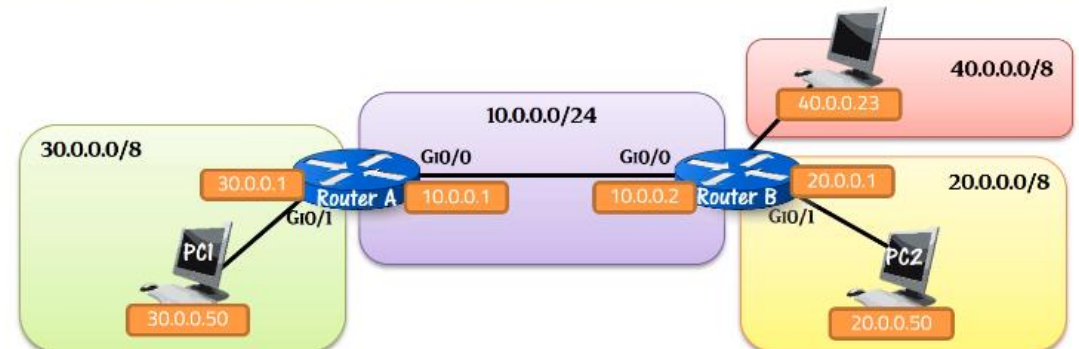
Destination LAN IP	Subnet Mask	Gateway	Interface
192.168.1.0	255.255.255.0	0.0.0.0	LAN & Wireless
0.0.0.0	0.0.0.0	70.180.199.1	Internet (WAN)

Refresh Close

Tablas de rutas hacia un host específico

- Puede suceder que tengamos rutas para llegar a un único equipo concreto de una red.
- Esto se hace con una máscara de red con TODO a 1. Es decir, 255.255.255.255 o /32.
- Por ejemplo, para llegar a 40.0.0.23 (ojo, no a la red 40.0.0.0) enviaremos el paquete hacia el router 10.0.0.2 por la interfaz Gi0/0 .

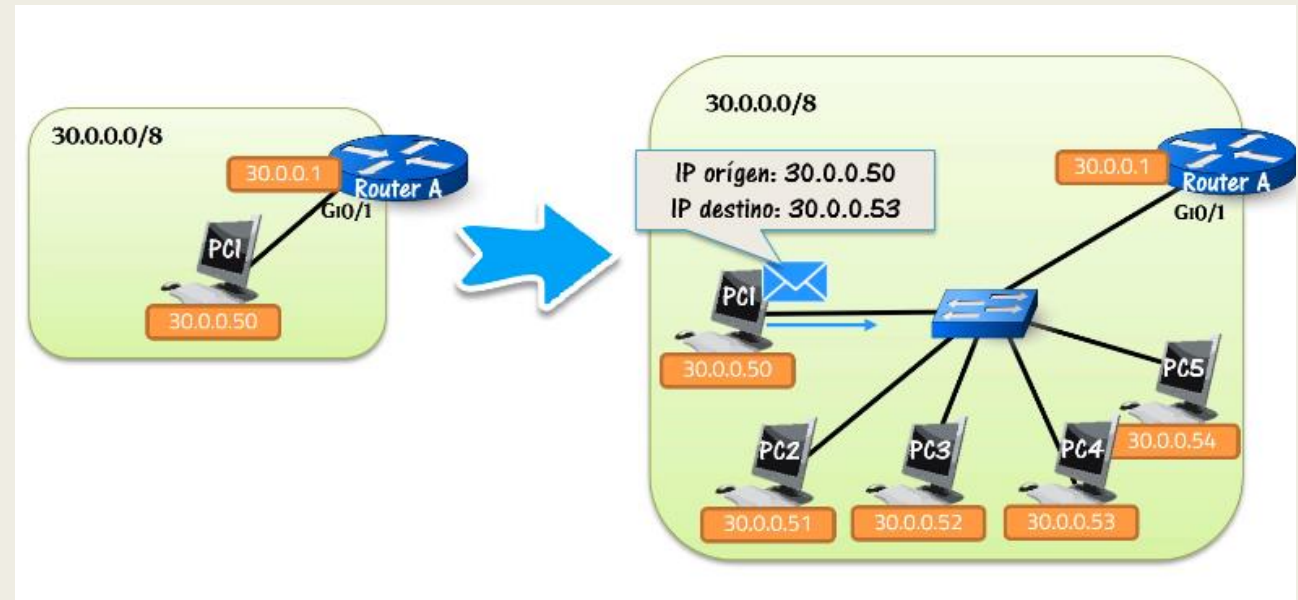
DIRECCIÓN IP DESTINO	MÁSCARA DE RED	NEXT-HOP	INTERFAZ DE SALIDA
20.0.0.0	255.0.0.0	10.0.0.2	INTERFACE Gi0/0
30.0.0.0	255.0.0.0	DIRECTAMENTE CONECTADA	INTERFACE Gi0/1
10.0.0.0	255.255.255.0	DIRECTAMENTE CONECTADA	INTERFACE Gi0/0
40.0.0.23	255.255.255.255	10.0.0.2	INTERFACE Gi0/0



En este ejemplo, si quisiéramos llegar a cualquier otro equipo de la red 40.0.0.0 NO PODRÍAMOS, ya que solo tenemos en la tabla el camino para un equipo específico.

Enrutamiento dentro de la misma red

- En los ejemplos anteriores hemos partido de que teníamos un equipo en una red que enviaba a otro en una red distinta.
- Pero un escenario habitual es que tengamos varios equipos conectados a un switch dentro de la red.
- Y puede suceder que un equipo le quiera enviar algo a otro equipo en la misma red. Es decir, que no sea necesario el router para llegar a él.
- En este caso, el PC1, ¿qué hará si le quiere enviar algo al PC4? **Le enviará el paquete directamente al PC4 sin enviárselo al router.**



¿El PC1 toma decisiones de enrutamiento para enviar el paquete al PC4? Sí. La tabla de rutas la podemos encontrar en todos los equipos que se conectan a una red IP, no es exclusiva de los routers.

TABLAS DE RUTAS EN WINDOWS Y LINUX



Tabla de rutas en un sistema operativo Windows


- Recordemos lo mencionado al final de la anterior sección. Dijimos que cada equipo puede tener su propia tabla de rutas.
- Abrimos la línea de comandos (inicio -> ejecutar -> cmd)
- Escribimos netstat -r

Es conveniente hacer un ipconfig /all para determinar la red en la que estamos.

```
Node type . . . . . : IPv4
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No

Ethernet adapter Local Area Connection 2:

Connection-specific DNS Suffix . : 
Description . . . . . : Realtek PCIe GbE Family Controller
Physical Address. . . . . : 80-00-00-00-00-00
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::256b:4013:4140:453f%2
IPv4 Address. . . . . : 10.0.2.15(Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Lease Obtained . . . . . : Tuesday, March 12, 2018 6:00:00 PM
Lease Expires . . . . . : Tuesday, March 12, 2018 6:00:00 PM
```



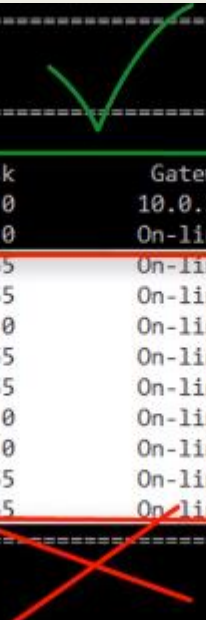
IPv4 Route Table

Active Routes:

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.2.2	10.0.2.15	10
10.0.2.0	255.255.255.0		On-link	10.0.2.15	266
10.0.2.15	255.255.255.255		On-link	10.0.2.15	266
10.0.2.255	255.255.255.255		On-link	10.0.2.15	266
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
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	10.0.2.15	266
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	10.0.2.15	266

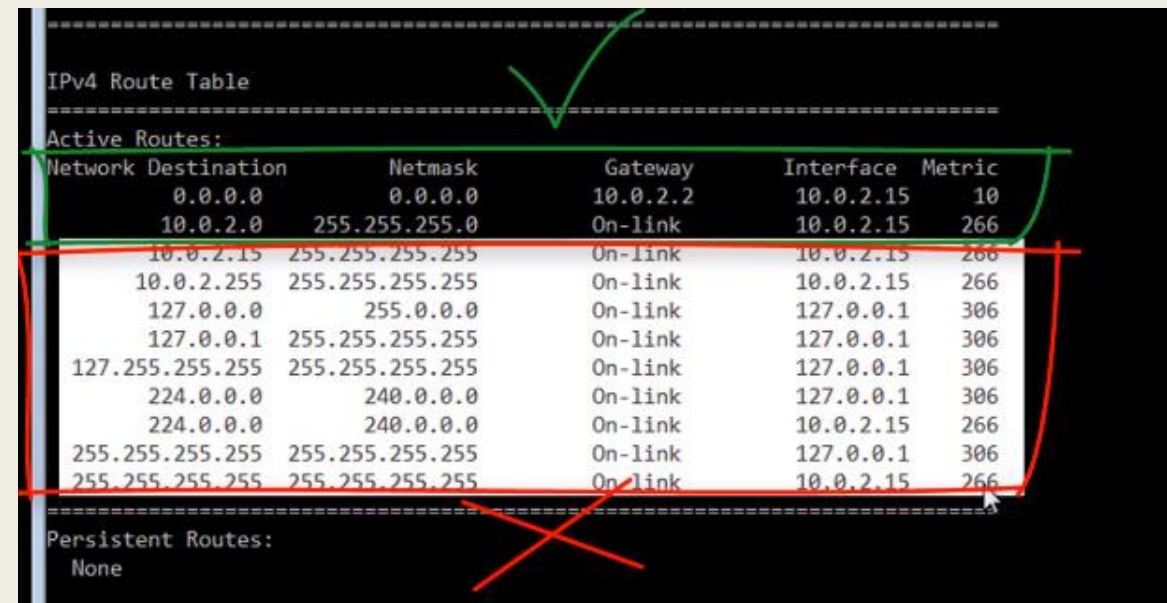
Persistent Routes:

None



Entendiendo la tabla de rutas de Windows

- Windows incluye una serie de rutas específicas que vamos a ignorar, en este caso concreto nos centramos en las dos primeras.
- La primera es la ruta por defecto, la segunda la ruta para comunicarnos con equipos que se encuentren en nuestra misma red.
- La forma que tiene Windows de poner la interfaz, en lugar de poner el nombre, nos pone la IP.



IPv4 Route Table

Active Routes:

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.2.2	10.0.2.15	10
	10.0.2.0	255.255.255.0	On-link	10.0.2.15	266
	10.0.2.15	255.255.255.255	On-link	10.0.2.15	266
	10.0.2.255	255.255.255.255	On-link	10.0.2.15	266
	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
	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	10.0.2.15	266
	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	10.0.2.15	266

Persistent Routes:
None

La métrica

- La métrica se utiliza para aquellos casos en los que tenemos dos rutas que tienen como red destino y máscara la misma red.
- En los routers es habitual encontrarse con casos en los que se pueden tomar caminos distintos para llegar al mismo destino.
- En estos casos podemos tener dos rutas que apuntan al mismo destino pero con caminos distintos.
- Para estas situaciones la métrica resulta de utilidad para decidir cuál de las diferentes rutas utilizar.
- Suele tener prioridad la ruta con la métrica más baja.

IPv4 Route Table

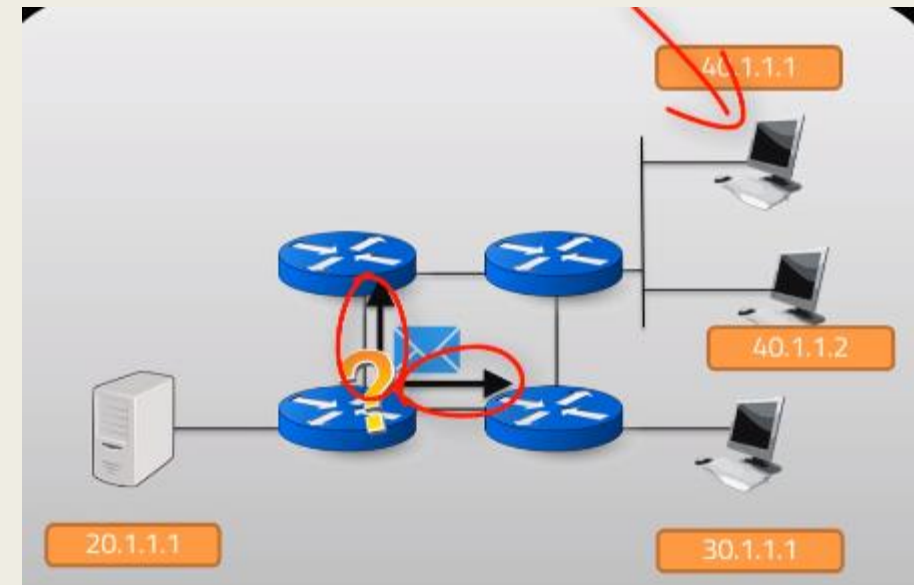
=====

Active Routes:

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.2.2	10.0.2.15	10
	10.0.2.0	255.255.255.0	On-link	10.0.2.15	266
	10.0.2.15	255.255.255.255	On-link	10.0.2.15	266
	10.0.2.255	255.255.255.255	On-link	10.0.2.15	266
	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
	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	10.0.2.15	266
	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	10.0.2.15	266

=====

Persistent Routes:



Datos puntuales de la métrica en Windows

- Más adelante veremos cómo añadir rutas estáticas a las tablas de rutas.
- Lo veremos cuando lleguemos al tema de Rutas estáticas y dinámicas.

```
=====
Active Routes:

```

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.2.2	10.0.2.15	10
	10.0.2.0	255.255.255.0	On-link	10.0.2.15	266
	10.0.2.15	255.255.255.255	On-link	10.0.2.15	266
	10.0.2.255	255.255.255.255	On-link	10.0.2.15	266
	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
	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	10.0.2.15	266
	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	10.0.2.15	266

```
=====
Persistent Routes:

```

Tabla de rutas en un sistema operativo Linux

- Abrimos el terminal de Linux y aquí también ejecutamos:
 - `netstat -r`
- Es conveniente hacer un `ifconfig` para determinar en qué red estamos.

```
osboxes@osboxes: ~  
File Edit View Search Terminal Help  
osboxes@osboxes:~$ ifconfig  
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500  
    inet 192.168.1.133 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.1.0/24  
    inet6 fe80::25ef:8c20:a948:d71f prefixlen 64 scopeid 0x20<link>  
    ether 08:00:27:3e:56:b8 txqueuelen 1000 (Ethernet)  
    RX packets 2879 bytes 1352026 (1.3 MB)  
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0  
    TX packets 2445 bytes 217927 (217.9 KB)  
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0  
  
lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536  
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0  
    inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>  
    loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)  
    RX packets 685 bytes 53604 (53.6 KB)  
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0  
    TX packets 685 bytes 53604 (53.6 KB)  
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0  
  
osboxes@osboxes:~$
```

```
osboxes@osboxes:~$ netstat -r  
Kernel IP routing table  
Destination      Gateway         Genmask         Flags   MSS Window  irtt Iface  
default          192.168.1.1    0.0.0.0         UG      0 0        0 enp0s3  
link-local       0.0.0.0        255.255.0.0     U        0 0        0 enp0s3  
192.168.1.0      0.0.0.0        255.255.255.0   U        0 0        0 enp0s3  
osboxes@osboxes:~$
```

Entendiendo la tabla de rutas de Linux

```
osboxes@osboxes:~$ netstat -r
Kernel IP routing table
Destination        Gateway           Genmask          Flags   MSS Window  irtt  Iface
default            192.168.1.1      0.0.0.0          UG      0 0        0     enp0s3
link-local          0.0.0.0          255.255.0.0      U        0 0        0     enp0s3
192.168.1.0         0.0.0.0          255.255.255.0    U        0 0        0     enp0s3
osboxes@osboxes:~$
```

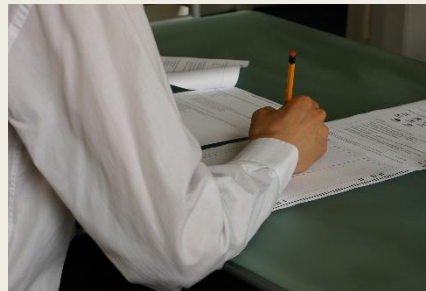
Genmask
=
Netmask
=
Máscara de red

- Podemos apreciar que tiene muchas menos rutas que Windows. Tenemos 3 rutas.
- 192.168.1.0 hace referencia a la red del equipo. Todo lo que se tenga que enviar por esa red, se enviará directamente (recordar Gateway 0.0.0.0 podía interpretarse como directamente conectado).
- link-local hace referencia al protocolo DHCP. Es un protocolo de asignación de IPs automático (es seguramente el que tenemos todos en el router de casa, que en cuanto conectamos un equipo, le asigna una IP automáticamente y no tenemos que hacerlo de forma manual). DHCP necesita una dirección que se llama link-local, más adelante cuando lo estudiemos, lo veremos en detalle. Por el momento, quedarnos con que esta ruta tiene que ver con el correcto funcionamiento del equipo y el servidor DHCP.
- Default (0.0.0.0). Si llega algo para la ruta por defecto, lo manda al Gateway por la interfaz enp0s3 (en Linux las rutas sí se referencian con nombre y no con IP como en Windows).

¿Preguntas?



¿Fecha para el examen?



A thick black L-shaped frame is positioned on the left and bottom edges of the slide, framing the central text.

ARQUITECTURA DE REDES

Parte 1 - Introducción al modelo TCP/IP y OSI