

Direcciones IPv4

1. Representación de las direcciones IP

Como hemos visto una dirección IP está formada por **32 dígitos** binarios, o sea, una dirección de IP fija podría tener el siguiente aspecto

11000101101010010101111001010010

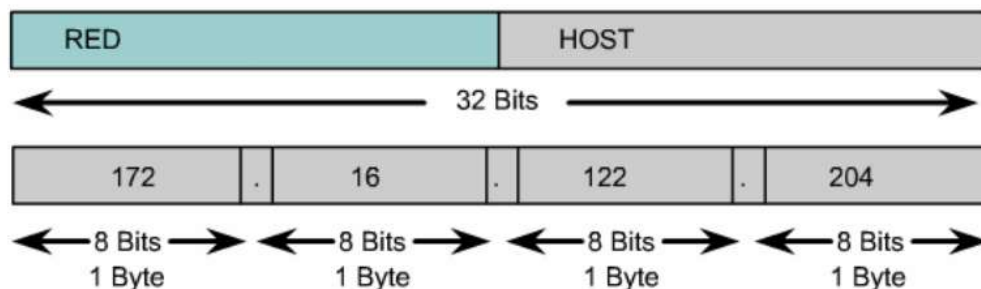
Para los ordenadores no es difícil manejar largas cadenas de unos y ceros, pero para los humanos no es posible comunicarse usando estos términos. Por eso, existe una abreviación llamada notación **decimal puntuada**, que funciona de la siguiente manera:

- Primero: se divide la dirección IP en cuatro piezas de ocho bits (en bytes):
11000101 10101001 01011110 01010010
- Cada grupo de ocho ceros y unos corresponde a un número decimal entre 0 y 255. Recibe también el nombre de octeto:
 - 11000101 – 197
 - 10101001 – 169
 - 01011110 – 94
 - 01010010 – 82
- Los octetos en formato decimal se representan separados por puntos. El número anterior en notación decimal puntuada se representaría como:
197.169.94.82

El valor mínimo de cada octeto sería el representado por todos los bits a 0 (00000000) que se corresponde al 0 decimal y el valor máximo de cada octeto sería el representado por todos los bits a 1 (11111111) que se corresponde al 255 decimal. Por tanto el valor de **cada octeto** debe estar **comprendido entre 0 y 255**.

2. Parte de red y parte de equipo

Cuando un paquete llega a un router, este **separa** la dirección IP de destino en dos partes en las que se codifican elementos diferentes: una parte identifica **la red** hacia la que va el paquete y la otra identifica el **equipo** (host).



Dependiendo del tipo de red, se escogen **uno, dos o tres octetos** para identificar el número de la red y el resto de octetos de la dirección identifica el

host de destino. En el ejemplo anterior, los dos primeros octetos del número de dirección IP pertenecerían a la red y los dos últimos al host dentro de la red.

3. Direcciones reservadas

De todas las combinaciones de bits posibles que existen para la parte de la dirección IP de los equipos **dos** de ellas están **reservadas** y no las podemos utilizar para identificar equipos de la red.

La primera de las direcciones reservadas es aquella que tiene **todos los bits a 0** para la parte que identifica los **equipos**. Esta dirección se utiliza para **identificar la red**.

Para el ejemplo anterior en el que teníamos direcciones IP con 16 bits para identificar la red y 16 para los equipos, la dirección IP 172.16.0.0 corresponde a la dirección de la red y no se puede utilizar para identificar equipos de la misma.

10101100 00010000 **00000000 00000000**

172.16.**0.0**

La otra dirección reservada es es aquella que tiene **todos los bits a 1** para la parte que identifica los equipos. Esta dirección se utiliza para identificar la **dirección de broadcast de la red** que se utiliza cuando queremos enviar un paquete a todos los equipos de la red.

Para el ejemplo anterior, la dirección IP 172.18.255.255 sería la dirección de broadcast:

10101100 00010000 **11111111 11111111**

172.16.**255.255**

El número de bits que especifican que se emplean para identificar un host determina el **número máximo de equipos** que podrán conectarse a esa red. En general:

si en una red se emplean n dígitos binarios para identificar a los equipos, podrá haber como máximo $2^n - 2$ equipos conectados a la misma
--

Por ejemplo, si reservamos 8 bits para la parte del host de la dirección IP, podremos conectar a esa red un máximo de $2^8 - 2 = 254$ equipos. Calcula el número de equipos que pueden conectarse a una red que reserva 16 y 24 bits para la parte del host

4. Redes con clase

Clase A	Red	Host		
Octet	1	2	3	4

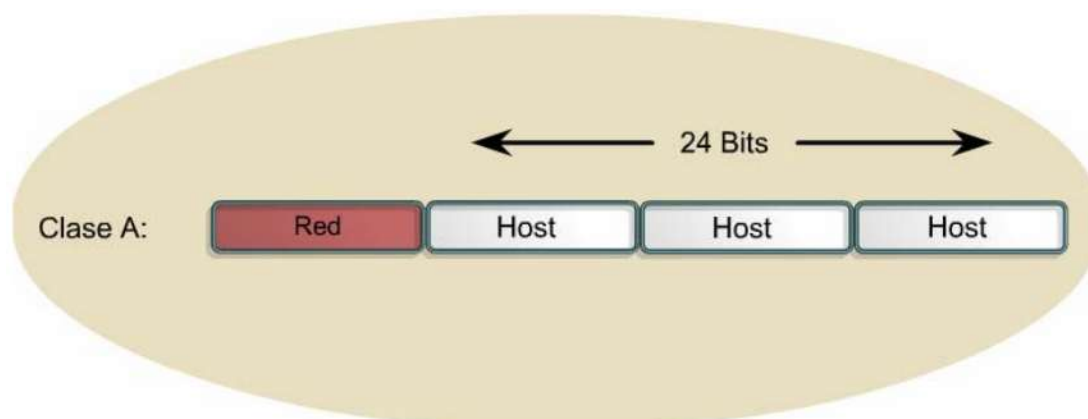
Clase B	Red		Host	
Octet	1	2	3	4

Clase C	Red			Host
Octet	1	2	3	4

Clase D	Host			
Octet	1	2	3	4

Para adaptarse a redes de distintos tamaños y para ayudar a clasificarlas, las direcciones IP se dividen en grupos llamados clases

Clase A

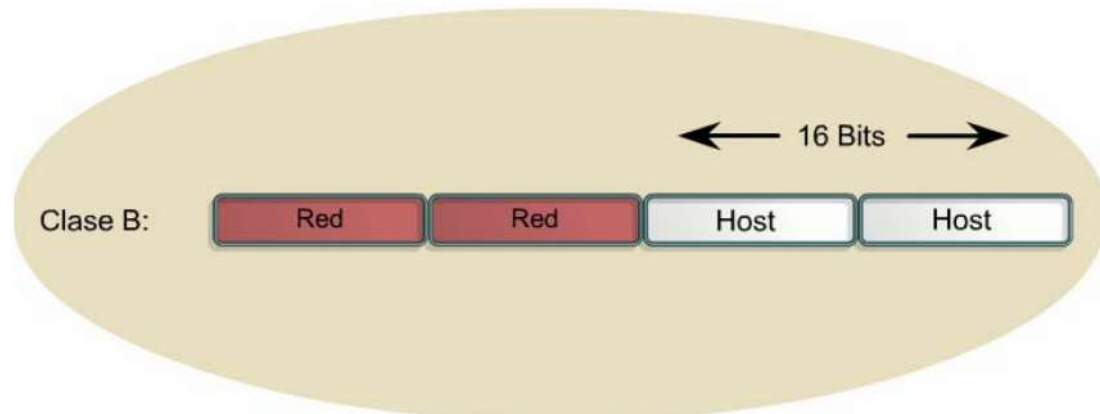


Clase A

La dirección Clase A se diseñó para admitir redes de tamaño extremadamente grande. Características:

- Contienen **8 bits** para direccionar la **parte de red** y **24 bits** para direccionar la **parte de host**.
- El primer bit de la dirección de red siempre ha de valer **0**. Por tanto, las redes de clase A pueden ir desde **00000000**, 0 decimal hasta **01111111**, 127 decimal.
- Estos números 0 y 127 están reservados y no se pueden utilizar como direcciones de red. En conclusión, cualquier dirección que comience con un valor **entre 1 y 126** en el primer octeto es una dirección **clase A**.
- Como tenemos 24 bits para la parte del host, podremos conectar $2^{24} - 2 = 16777216$ **equipos** a cada una de las redes de clase A.

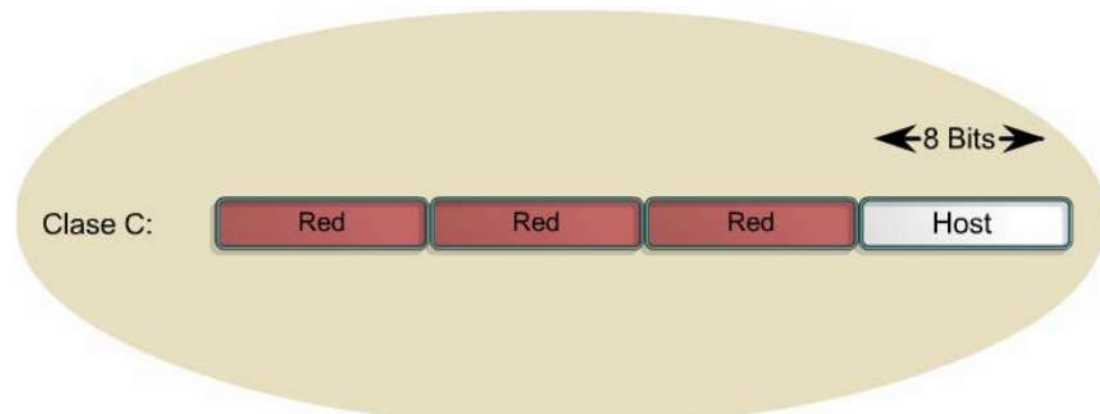
Clase B



La dirección Clase B se diseñó para cumplir las necesidades de redes de tamaño moderado a grande. Características:

- Una dirección IP **Clase B** utiliza los dos primeros de los cuatro octetos (16 bits) para indicar la **dirección de la red**. Los dos octetos restantes (16 bits) especifican las **direcciones del host**.
- Los primeros dos bits del primer octeto de la dirección Clase B siempre son **10**. Los seis bits restantes del primer octeto son combinaciones posibles de redes de clase B. Por lo tanto, el **menor número** que puede representarse en una dirección Clase B es **10000000**, 128 decimal. El **número más alto** que puede representarse es **10111111**, 191 decimal.
- Cualquier dirección que comience con un **valor entre 128 y 191** en el primer octeto es una dirección Clase B.

Clase C



El espacio de direccionamiento Clase C tiene el propósito de admitir redes pequeñas. Características:

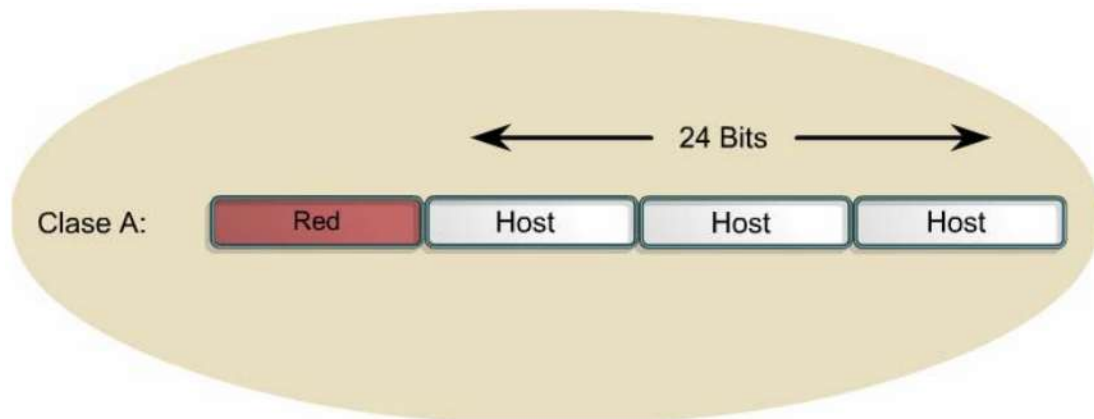
- Una dirección Clase C comienza con el binario **110**. Por lo tanto, el menor número que puede representarse es **11000000**, 192 decimal. El número más alto que puede representarse es **11011111**, 223 decimal.
- Si una dirección contiene un número entre 192 y 223 en el primer octeto, es una dirección de Clase C.

Clase D

La dirección Clase D se creó para permitir **multicast**. Una dirección multicast es una dirección exclusiva de red que dirige los paquetes con esa dirección destino hacia grupos predefinidos de direcciones IP. Por lo tanto, una sola estación puede transmitir de forma simultánea una sola corriente de datos a múltiples receptores.

Características:

- Emplea **8 bits para la dirección de red** y los 24 equipos para identificar a los equipos de la red.
- El espacio de direccionamiento clase D, en forma similar a otros espacios de direccionamiento, se encuentra limitado; los primeros cuatro bits de una dirección Clase D deben ser **1110**. Por lo tanto, el primer rango de octeto para las direcciones Clase D es **11100000** a **11101111**, o **224 a 239**.
- Una dirección IP que comienza con un valor entre 224 y 239 en el primer octeto es una dirección Clase D.



Clase E

Se ha definido una dirección Clase E. Este tipo de direcciones los reserva la **IETF** (internet engineering task force) para realizar **investigaciones**. Por lo tanto, no se han emitido direcciones Clase E para ser utilizadas en Internet.

Características:

- Emplea **8 bits para la dirección de red** y los 24 equipos para identificar a los equipos de la red.
- Los primeros cuatro bits de una dirección Clase E siempre son 1s. Por lo tanto, el rango del primer octeto para las direcciones Clase E es **11110000** a **11111111**, o **240 a 255**.

0 - 127	01001011	00111101	10101001	01000100	Clase A
128 - 191	10011011	00111101	10101001	01000100	Clase B
192 - 223	11011011	10001111	10101001	01000100	Clase C

Primer octeto		Direcciones IP				
Primeros bits	Rango de valores	CLASE	Máscara de red	Red y máquina	Número de Redes	Número de máquinas ó hosts
0	0-127	A	255.0.0.0	N.h.h.h	$2^7=128$	16.777.214
10	128-191	B	255.255.0.0	N.N.h.h	$2^{14}=16.384$	65.534
110	192-223	C	255.255.255.0	N.N.N.h	$2^{21}=2.097.152$	254
1110	224 - 239	D	No aplicable	Reservado	No aplicable	No aplicable
1111	240 - 255	E	No aplicable	Reservado	No aplicable	No aplicable

Tabla resumen clases IP

En resumen:

5. Redes y direcciones IP especiales

Existen una serie de direcciones IP especiales:

- El rango de direcciones desde **0.0.0.0 hasta 0.255.255.255** no puede asignarse como dirección IP a un equipo, ya que indica el estado de un host que está **a la espera de que se le asigne una dirección IP válida**. Tampoco está permitido el uso de esta dirección como dirección de destino
- La dirección **127.0.0.1** se conoce como **dirección de loopback** (o de bucle local) y define al propio equipo. Permite hacer pruebas locales de funcionamiento de la red. Realmente todas las direcciones del rango 127.0.0.0 - 127.255.255.255 se comportan de la misma manera, pero en la práctica se usa solamente 127.0.0.1. Una ip de este rango no será válida para un nodo de la red

6. Redes públicas y privadas

La diferencia entre una dirección IP pública y una dirección IP privada es que:

Una dirección IP pública es concedida por uno de los cinco organismos encargados de proporcionar direcciones IP, mientras los números de dirección IP privadas son números reservados que pueden utilizar los administradores de redes sin solicitar permiso a ninguna organización.

Las redes con IP públicas tienen acceso directo a Internet. Internet es una gran red de direcciones IP públicas.

Las redes con IP privadas permiten proporcionar conectividad dentro de la misma red, pero no acceso instantáneo a Internet. Estos equipos forman una red privada. Los routers de Internet descartan paquetes que estén dirigidos a una dirección IP privada.

Para que los equipos de las redes privadas puedan acceder a Internet deben tener activado un mecanismo llamado **NAT**, Network Address Translation (Traducción de direcciones de red). Consiste en reescribir las direcciones de origen y/o destino de los paquetes IP cuando estos pasan por un router. Se suele utilizar para que una red local con direcciones IP privadas pueda acceder a Internet usando una sola dirección pública.

Existen unos **bloques de direcciones IP** que podemos utilizar libremente para asignar direcciones de equipo en nuestra red local privada y que no son utilizables por equipos o nodos conectados a Internet.

En la siguiente tabla se muestran las direcciones **IP reservadas** para ser utilizadas en redes privadas:

Clase	Rango de direcciones	Número de redes	Número de IPs
A	10.0.0.0 – 10.255.255.255	1	$2^{24} - 2$
B	172.16.0.0 – 172.31.255.255	16	$2^{16} - 2$
C	192.168.0.0 – 192.168.255.255	255	$2^8 - 2$
B	169.254.0.0 – 169.254.255.244	1	$2^{16} - 2$

7. Redes IP sin clase. La máscara de subred

A medida que la joven Internet comenzó a crecer de manera espectacular, surgieron problemas con el esquema de direccionamiento original que utilizabas clases de direcciones IP. La mayoría de compañías optaron por solicitar direcciones de clase B, ya que las de clase C sólo permitían direccionar 254 dispositivos, lo que provocó que las direcciones de clase B se agotaran rápidamente.

A mediados de 1990 se inició el desarrollo del protocolo **IP versión 6** que utiliza **128 bits** para direccionamiento IP, pero se reconoció que se necesitarían muchos años antes de que fuera posible la implementación generalizada de IPv6. Con el fin de extender la vida de IPv4 hasta que el nuevo IPv6 se pudiera implantar, era necesario adoptar un nuevo enfoque para hacer frente al direccionamiento de dispositivos IPv4. Este nuevo sistema implica la eliminación de la noción de clases de direcciones, creando un nuevo esquema de direccionamiento sin clases llamado enrutamiento entre dominios sin clase, Classless Inter-Domain Routing (CIDR).

La principal mejora que introdujo el CIDR fue abandonar la rigidez de las clases de direcciones IP. CIDR permite emplear un número de bits variable para la

parte de red y de equipos de una dirección IP a diferencia que el direccionamiento IP con clase que sólo permite utilizar para la parte de la red 8, 16 o 24 bits.

Para poder asignar cualquier tamaño de bits para la parte de red se definió la máscara de subred que consiste en un número de 32 bits con la parte de red colocada a 1 y la parte de host colocada a 0.

Un ejemplo de máscara de subred sería:

11111111 11111111 11111100 00000000

Que en notación decimal punteada sería 255.255.252.0. Esta máscara indica que la subred utiliza **22 bits** para la parte de red y 10 bits para direccionar equipo, lo que nos da $2^{10} - 2 = 1022$ equipos que podemos direccionar.

Un ejemplo de dirección IP expresada en **notación CIDR** que los routers reconocen es 190.34.121.123/20 donde **20** indica el número de unos de la máscara de subred y, permite por tanto a los routers saber la parte de red de la dirección IP y poder por tanto decidir como encaminar el paquete.

Para averiguar la dirección de red de una dirección IP en notación CIDR, la operación que se hace es la siguiente: a la dirección en formato binario, los bits que corresponden a las posiciones en las que hay un 1 en la máscara de red se les mantiene su valor actual a aquellos en los que la máscara vale 0 se ponen a 0.

Si lo que queremos es averiguar la dirección de broadcast de la red a la que pertenece la dirección IP lo que hacemos es: mantener en su valor actual los dígitos binarios de la dirección IP en los que la máscara vale 1 y ponemos a 1 los dígitos en los que la máscara de subred vale 0.

Por ejemplo, para la dirección **190.34.121.123/28** pasada a binario sería:

190	34	121	123
10111110	00100010	01111001	01111011

La máscara de subred en binario y octal punteada sería:

255	255	255	240
11111111	11111111	11111111	11110000

Si dejamos como están los bits que en la máscara están a 1 y ponemos a 0 los bits que en la máscara son 0 obtenemos la dirección de red a la que pertenece el equipo:

10111110	00100010	01111001	01110000
190	34	121	56

Por lo tanto la dirección de red es **190.34.121.56/28**

Para obtener la dirección de broadcast ponemos a 1 todos los bits de la parte del host:

10111110	00100010	01111001	01111111
190	34	121	127

8. Casos prácticos

8.1. Direcciones asignables a hosts

A la hora de saber si una dirección de red es asignable a un equipo o host para configurarlo en una red hemos de tener en cuenta:

- Ha de tener 32 bits.
- La dirección no puede ser de **red** o de **difusión**.
- La dirección no puede empezar por 0 (reservada para autoasignarse cuando aún no tiene IP) o por 127 (reservada para bucle local o loopback)
- La dirección no puede ser mayor de 223 (están reservadas para redes multicast y uso experimental)

Ejemplo

IPs no válidas y su motivo:

- 123.257.23.33 <- 257 no es un valor octal válido de 8 bits
- 224.35.22.11 <- es una dirección de tipo multicast
- 195.233.43.0 <- es una dirección de red
- 0.0.0.1 <- reservada como IP a la espera de autoasignarse una dirección IP
- 175.23.255.255 <- dirección de difusión de la red 175.23.0.0
- 127.0.1.1 <- dirección de bucle local

8.2. Subredes

A medida que las redes fueron creciendo y la tecnología mejorando los administradores de redes se dieron cuenta de que mejoraba el rendimiento si se dividían las redes grandes en redes LAN pequeñas que se comunicaban entre si mediante Routers. Sin embargo en el direccionamiento IP sólo tenemos una parte de la dirección para la red y el resto para los equipos.

Para evitar este problema surge el concepto de subred o subnetting. Lo que se hace es utilizar bits de la parte de host para asignárselos a la parte de red y así conseguir que los routers dentro de una misma organización puedan definir diferentes subredes en el conjunto de la red. Para realizar esta asignación se utiliza la máscara de subred.

Lo que se consigue mediante la máscara de subred es ampliar la parte de dirección de red de una dirección IP. El número de bits que podremos coger dependerá de la clase de dirección IP que se trate. Hemos de tener en cuenta que siempre debemos dejar al menos 2 bits para la parte del host, para poder direccionar al menos 2 equipos en una red.

Uno de los inconvenientes que tiene el **subnetting** es que por cada subred creada se pierden dos direcciones que se emplean para la dirección de red y de difusión de la subred.

Ejemplos

1. Imaginemos que en una red con dirección 199.134.3.0/24 queremos montar 5 subredes ¿Cuántos bits le tenemos que quitar a la parte de host para crearlas?

- $2^1 = 2$
- $2^2 = 4$
- $2^3 = 8 \rightarrow$ con 3 bits podemos crear 5 subredes

¿De cuántos bits será nuestra máscara de red?

27 bits

¿Cuál sería el valor de la máscara en formato decimal punteado?

255.255.255.111 00000

255.255.255.224

¿Cuántos hosts como máximo podremos conectar a cada una de las subredes?

$2^5 - 2 \Rightarrow$ 30 equipos por red

¿Cuáles podrían ser las direcciones de red de las 5 subredes que necesitamos?

199.134.3.000 00000 \rightarrow 199.134.3.0/27

199.134.3.001 00000 \rightarrow 199.134.3.32/27

199.134.3.010 00000 \rightarrow 199.134.3.64/27

199.134.3.011 00000 \rightarrow 199.134.3.96/27

199.134.3.100 00000 \rightarrow 199.134.3.128/27

¿Cuáles serían las direcciones de difusión de cada una de las subredes?

199.134.3.000 11111 \rightarrow 199.134.3.31

199.134.3.001 11111 \rightarrow 199.134.3.63

199.134.3.010 11111 \rightarrow 199.134.3.95

199.134.3.011 11111 \rightarrow 199.134.3.127

199.134.3.100 11111 \rightarrow 199.134.3.159

¿Cuál sería la primera y última IP disponible de cada una de las subredes?

La primera dirección de la red será la posterior a la de red y la última la anterior a la de difusión. Por tanto quedaría de la forma:

subred	dirección de difusión	primera dirección	última dirección
199.134.3.0/27	199.134.3.31	199.134.3.1	199.134.3.30
199.134.3.32/27	199.134.3.63	199.134.3.33	199.134.3.62
199.134.3.64/27	199.134.3.95	199.134.3.65	199.134.3.94
199.134.3.96/27	199.134.3.127	199.134.3.97	199.134.3.126
199.134.3.128/27	199.134.3.159	199.134.3.129	199.134.3.158

Si a un router de esta organización le llega la dirección IP

199.134.3.72. ¿A qué subred pertenece?

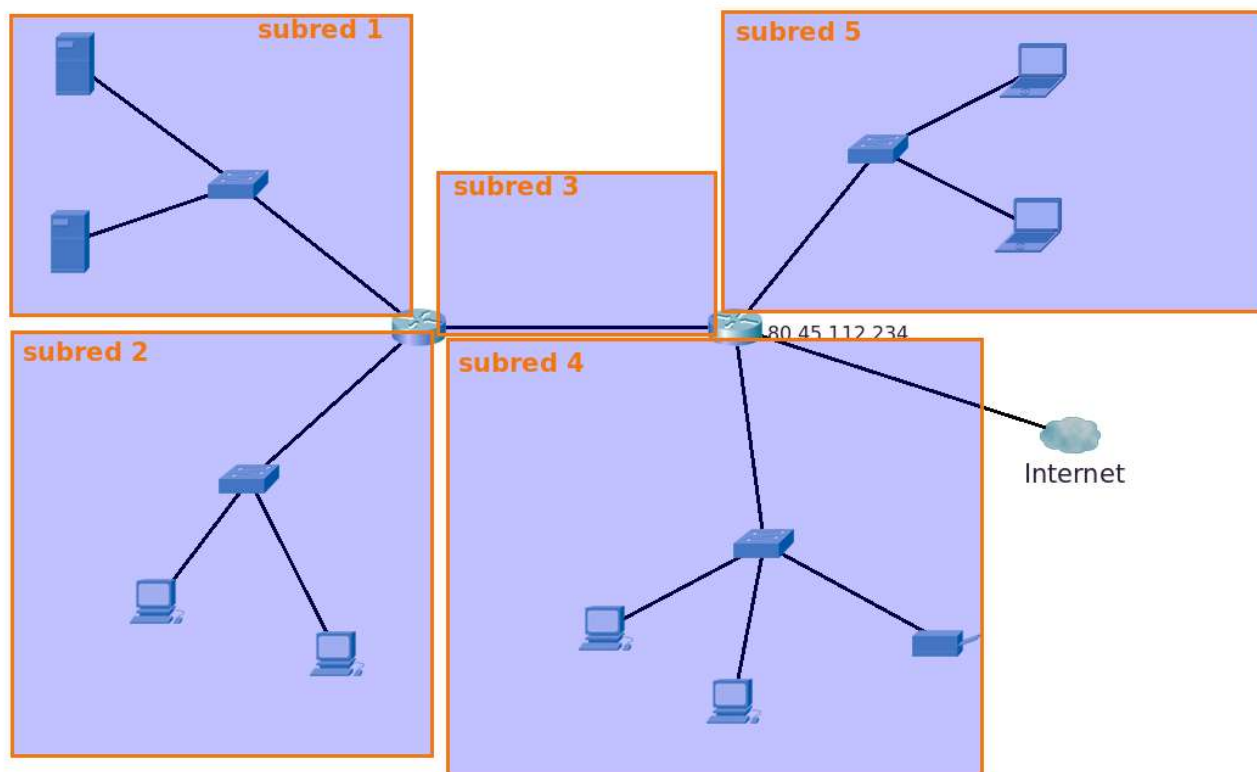
Si a la dirección IP le aplicamos la máscara de las subredes obtendremos a cuál de ellas corresponde:

199.134.3.72 → 11000111 10000110 00000011 01001000

255.255.255.224 → 11111111 11111111 11111111 11111111

11000111 10000110 00000011 01000000 -> 199.134.3.64

Por tanto pertenece a la subred 199.134.3.64/27



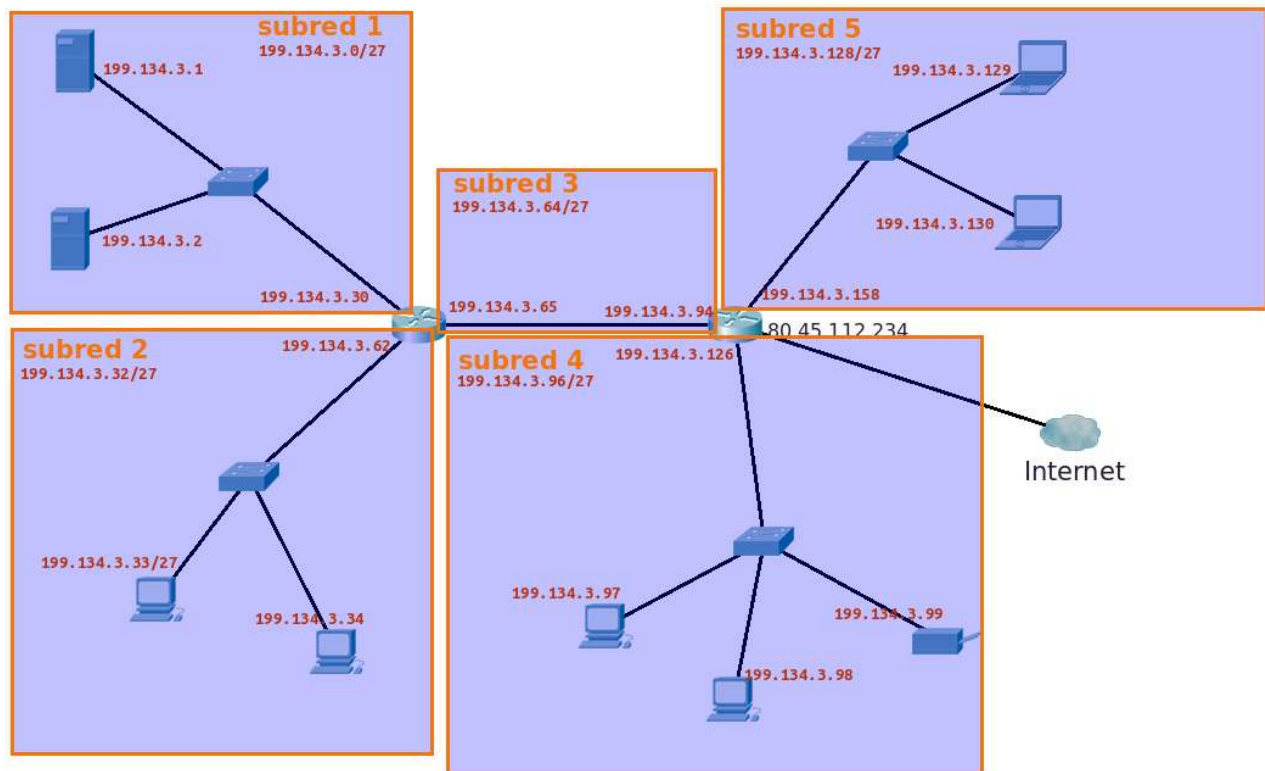
Esquema base de red

Edita el esquema siguiente E inserta:

- La dirección de la subred en formato CIDR debajo del nombre de cada subred
- La dirección IP de todas las tarjetas de red de todos los nodos del esquema a partir de las subredes definidas en los apartados anteriores.

Se seguirán las siguientes reglas para asignar ips:

- En ninguna subred podrá haber ips duplicadas
- A los hosts (pcs, impresoras y servidores) se les asignarán de forma sucesiva ips empezando por el principio de las disponibles en la red.
- A los routers se les asignará la última disponible de la subred.
- La red que sólo tiene dos routers se les pondrá la primera y la última IP disponible de la subred elegida.



Esquema de subnetting resuelto

El resultado sería algo como: **2. Dadas las direcciones 174.25.129.45/18 y 174.25.190.33/18 determinar si pertenecen a la misma subred**

Para obtener la respuesta debemos obtener la dirección de red de cada una de las direcciones. Si coinciden pertenecerán a la misma subred. Para obtener la dirección de red debemos pasar las direcciones a binario y a continuación aplicarles la máscara de subred.

174.25.129.45 -> 10101110 00011001 10000001 00101101

174.25.190.33 -> 10101110.00011001.10111110.00100001

La máscara de red es de 18 bits, por tanto en binario es: 11111111 11111111 11000000 00000000

Si le aplicamos la máscara a cada una de las direcciones IP:

Recuerda que los bits que coinciden con los que están a **1** en la máscara no se modifican y que ponemos a **0** los que en la máscara valen 0

174.25.129.45

```

      174      25      129      45
10101110 00011001 10000001 00101101
11111111 11111111 11000000 00000000
-----

```

10101110 00011001 10000000 00000000 <- 174.25.128.0

174.25.129.45

```

      174      25      190      33
10101110 00011001 10111110 00100001

```

11111111 11111111 11000000 00000000

10101110 00011001 10000000 00000000 <- 174.25.128.0

Como vemos, al aplicar la máscara obtenemos la misma dirección de subred **174.25.128.0/18** y, por tanto podemos afirmar que **ambas direcciones pertenecen a la misma subred.**

3. Determinar la máscara de subred que deberíamos utilizar en nuestra red si queremos direccionar 4095 equipos.

Si queremos direccionar 4095 equipos, debemos tener una red con **n** bits para la parte de host de forma que:

$$2^n - 2 \geq 4095$$

Recuerda que restamos 2 porque de todas las combinaciones posibles de valores que ponemos generar tenemos 2 reservados (1 para direccionar la red y otro para la dirección de difusión de la misma)

Si probamos con:

- **n = 12** obtenemos $2^{12} - 2 = 4094$ que no es ≥ 4095
- **n = 13** obtenemos $2^{13} - 2 = 8190$ que es ≥ 4095

Por tanto nuestra máscara será de **13 bits** para la parte de hosts y de **19 bits** para la parte de red. Será de la forma:

11111111 11111111 11100000 00000000

Que en formato decimal punteado es:

255.255.224.0