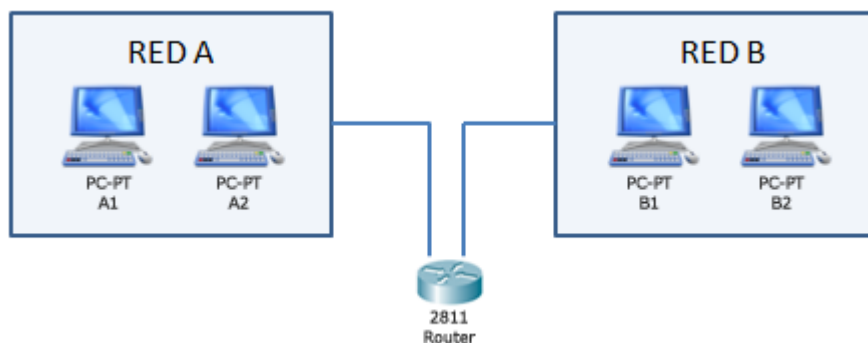


## Capítulo 5

### Direccionamiento IP

Para que dos sistemas se comuniquen, se deben poder identificar y localizar entre sí. En el ejemplo de la figura, aunque las direcciones no son direcciones de red reales, representan el concepto de agrupamiento de las mismas.



En la imagen mostrada A y B se usan para identificar la red en su conjunto y la secuencia de números (A1, A2, B1, B2) para identificar el host individual.

Nos podemos encontrar con situaciones en las que un computador se encuentre conectado a más de una red. En este caso, debemos asignar al sistema más de una dirección. Cada dirección identificará la conexión del computador a una red diferente.

No se suele decir que un equipo tiene una dirección sino que cada uno de los puntos de conexión (o interfaces) del equipo tiene una dirección en una red. Esto permite que otros computadores localicen el equipo en una determinada red.

La combinación de letras (dirección de red) y el número (dirección del host) crean una dirección única para cada dispositivo conectado a la red. Cada computador conectado a una red TCP/IP debe recibir un identificador exclusivo o una dirección IP. Esta dirección, que opera en la Capa 3, permite que un computador localice a otro computador en la red.

Una dirección IP es un código numérico único que identifica a un ordenador específico en Internet.

Todos los computadores también cuentan con una dirección física exclusiva, conocida como dirección MAC. Estas son asignadas por el fabricante de la tarjeta de red. Las direcciones MAC operan en la Capa 2 del modelo OSI.

Las direcciones de red son análogas a las direcciones de correos, en el sentido de que le indican a un sistema dónde debe entregar un paquete. Hay tres términos que utilizamos comúnmente en Internet y que se relacionan íntimamente con el direccionamiento: nombre, dirección y ruta.

---

Un nombre es una identificación concreta de una máquina, un usuario o una aplicación. Una dirección típicamente identifica la localización del objetivo, por lo general su localización física o lógica en una red. Una ruta le dice al sistema cómo hacer llegar el paquete a la dirección de destino.

A menudo utilizaremos el nombre del destinatario, ya sea especificando un nombre de usuario o un nombre de máquina, y una aplicación hará por nosotros el trabajo de conexión de forma transparente. Todo este trabajo se apoya en los servicios de resolución de nombres DNS, que encargados de realizar una traducción de nombres a direcciones.

De esta manera cuando enviamos un paquete por la red, simplemente damos el nombre del destinatario y nos apoyamos en el servidor de nombres para encontrar la forma de hacer llegar el envío al destino final.

Al finalizar el estudio de estas lecciones serás capaz de:

- ✓ Entender el formato y la composición de una dirección IPv4
  - ✓ Comprender la diferencia entre direcciones privadas y públicas
  - ✓ Conocer las distintas clases de direcciones estándar
  - ✓ Tener claras las diferencias entre redes con clase y sin clase
  - ✓ Conocer los esquemas VLSM y CIDR
  - ✓ Calcular subredes de tamaño fijo
  - ✓ Crear subredes de tamaño personalizado
  - ✓ Obtener de información de red
-

## Lección 1

### Formato de la dirección IP

En una red TCP/IP identificamos los ordenadores mediante un número que se denomina dirección IP. Esta dirección ha de estar dentro del rango de direcciones asignadas al organismo o empresa a la que pertenece. La dirección IP es el identificador de cada host dentro de su red.

Una dirección IP está formada por 4 bytes (32 bits) y para su representación empleamos la notación decimal punteada A.B.C.D, donde cada letra se corresponde con un número comprendido entre el 0 y el 255.

Los 32 bits anteriores se agrupan en octetos o bytes, donde cada octeto es traducido a formato decimal y separado del siguiente por un punto para componer de esta forma la dirección final.

Por poner un ejemplo, fijémonos en la dirección de *www.google.es*, que podemos obtener fácilmente haciendo ping al nombre anterior (*ping www.google.es*):

**@IP = 74.125.230.84**

El hecho de que cada valor separado por puntos se extienda del 0 al 255, se debe a la correspondencia de un byte con un octeto, esto es, 8 bits y a la traducción de binario a decimal que realizamos.

Veamos algún ejemplo de traducción de decimal a binario:

Decimal	Binario
0	00000000
2	00000010
15	00001111
128	10000000
200	11001000
255	11111111

Como podemos observar una dirección IP en binario se puede extender desde 00000000 a 11111111, en cada octeto.

Rango
00000000.00000000.00000000.00000000
11111111.11111111.11111111.11111111

Las direcciones IP también se pueden representar en formato hexadecimal, desde la 00.00.00.00 hasta la FF.FF.FF.FF. Donde para hacer la conversión de binario a hexadecimal hemos agrupado los bits en grupos de cuatro. Para realizar la conversión nos hemos apoyado en la siguiente tabla:

Decimal	Hexadecimal	Binario
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

En el caso de la dirección anterior de *www.google.es* (74.125.230.84) tenemos las siguientes equivalencias entre binario, decimal y hexadecimal.

Formato	Dirección
Decimal	74.125.230.84
Hexadecimal	4A.7D.E6.54
Binario	01001010.01111101.11100110.01010100

Veamos otro ejemplo con la dirección IP de partida en formato decimal y que representan a la misma máquina:

Formato	Dirección
Decimal	93.92.232.228
Hexadecimal	5D.5C.E8.E4
Binario	01011101.01011100.11101000.11100100

---

Para poder entender estas traducciones de binario a decimal y hexadecimal es necesario tener unos mínimos conocimientos sobre matemática de redes, en el **Anexo A** tenemos información al respecto.

Tenemos que hacer notar algunas particularidades respuesta al formato de nuestra dirección IP:

- ✓ El valor más a la derecha sólo puede oscilar entre 1 y 254 porque el 255 está reservado a la dirección de *broadcast* y el 0 es indicativo de la dirección de red.
- ✓ Todos los dispositivos tienen como dirección local propia 127.0.0.1, y que se identifica como *localhost*.

### Nota

La dirección de *broadcast* hace referencia a todos los equipos dentro de una red o subred y se emplea para hacer un envío masivo de información. La dirección de red es un identificador general de la red de pertenencia de un equipo.



La dirección de una máquina se compone de dos partes cuya longitud puede variar:

- ✓ **Bits de red:** son los bits que definen la red a la que pertenece el equipo
- ✓ **Bits de host:** distinguen a un equipo de otro dentro de una red

Los bits de red siempre están a la izquierda y los de host a la derecha, veamos un ejemplo sencillo:

Zona de red	Zona de host
193.144.15.	17
11000001.10010000.00001111.	00010001

Para poder determinar la zona de red y la zona de host de una dirección IP debemos presentar primero el direccionamiento con clase y las máscaras de red asociadas con cada una de las clases tradicionales.

De momento y como punto de partida para poder entender la división en zonas de la dirección IP tomaremos una máscara que cubra los tres primeros octetos y en lecciones posteriores indicaremos con detalle el funcionamiento de las máscaras para poder calcular la dirección de red de pertenencia de una IP determinada.

## Lección 2

### Direccionamiento con clase

Si nos ponemos a pensar cuántas direcciones IP existen, tendríamos que empezar a calcular en potencias de 2, de tal manera que si tomamos 2 elevado a 32 obtenemos más de 4000 millones de direcciones distintas.

Sin embargo, no todas las direcciones son válidas para asignarlas a hosts. Las direcciones IP no se encuentran aisladas en Internet, sino que pertenecen siempre a alguna red. Todas las máquinas conectadas a una misma red se caracterizan en que los primeros bits de sus direcciones son iguales. De esta forma, las direcciones se dividen conceptualmente en dos partes: el **identificador de red** y el **identificador de host**.

Dependiendo del número de hosts que se necesiten para cada red, las direcciones de Internet se han dividido tradicionalmente en las **clases A, B y C**. La **clase D** está formada por direcciones que no identifican a un host, sino a un grupo de ellos, son lo que se conoce como direcciones multicast. Las direcciones de **clase E** no se pueden utilizar (están reservadas para investigación).

#### Direccionamiento CLASSFULL

---

Para acomodar la estructura de direccionamiento a las diferentes necesidades de uso, agrupamos las direcciones IP en clases, de forma que la simple inspección de una dirección IP nos permite conocer a que clase pertenece.

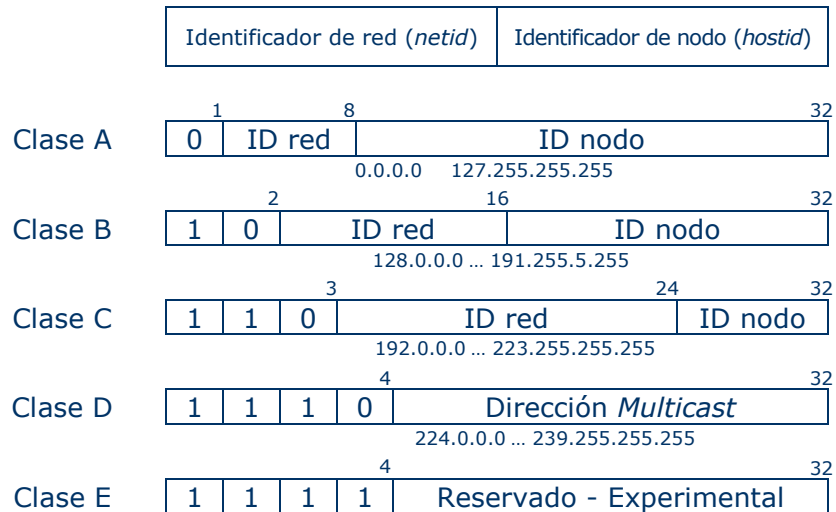
Clase	Prefijo
A	0
B	10
C	110
D	1110
E	1111

El prefijo que estamos manejando en la tabla anterior hace referencia al primer octeto de la dirección IP, por lo que si tenemos esto en cuenta ya nos da una idea sobre los rangos en los que se van a mover las direcciones de red de cada una de las clases.

Es fácil observar, por ejemplo, que para una Clase A si el primer bit es un 0, el máximo valor que podemos configurar en el primer octeto es el 127 y el más pequeño el 0.

---

Esto se debe a que el bit más a la izquierda del primer byte siempre vale 0 y el resto de bits pueden tomar valores de 0 ó 1, de ahí el rango entre 0 y 127.



Antes de entrar en detalle en cada una de las clases, vamos a citar algunas características generales para todas ellas:

- ✓ Para calcular el número de redes de cada clase emplearemos potencias de 2 y nos apoyaremos en el número de bits no fijados que tenemos en el primer octeto de cada clase para obtener el número final de redes posibles.

Clase	Prefijo
A	0XXXXXXXX
B	01XXXXXX
C	110XXXXX
D	1110XXXX

- ✓ Para calcular el número de hosts o dispositivos finales en cada red de clase también haremos uso de las potencias de 2, pero teniendo en cuenta que siempre será necesario restar dos al número obtenido. Esto es debido a que en cada red siempre existen una dirección de broadcast y una dirección de red que identifica a la misma.
- ✓ En la Clase A, debemos retirar las redes 0.0.0.0 y 127.0.0.0 por hacer referencia a casos particulares, no configurables, que veremos más adelante como redes especiales.

Si tenemos en cuenta estas consideraciones obtenemos la siguiente información para cada una de las redes clásicas: A, B, C y D.

Clase A
7 bits libres para zona de red y 24 bits para zona hosts
Rango direcciones: 0.0.0.0 – 127.255.255.255
Número de redes: $2^7$
Número de dispositivos: $2^{24} - 2$
Clase B
14 bits libres para zona de red y 16 bits para zona hosts
Rango direcciones: 128.0.0.0 – 191.255.255.255
Número de redes: $2^{14}$
Número de dispositivos: $2^{16} - 2$
Clase C
21 bits libres para zona de red y 8 bits para zona hosts
Rango direcciones: 192.0.0.0 – 223.255.255.255
Número de redes: $2^{21}$
Número de dispositivos: $2^8 - 2$
Clase D
28 bits para multicasting
Rango: 224.0.0.0 – 239.255.255.255

Clase	Zona red	Zona host	Nº redes	Nº hosts	Rango
A	8 bits	24 bits	128	16777214	0.0.0.0 – 127.255.255.255
B	16 bits	16 bits	16384	65534	128.0.0.0 – 191.255.255.255
C	24 bits	8 bits	2097152	254	192.0.0.0 – 223.255.255.255
D	-	-	-	-	224.0.0.0 – 239.255.255.255
E	-	-	-	-	240.0.0.0 – 255.255.255.255



## **Cálculo de redes y hosts para una Clase B**

En una clase B, el primer octeto comienza obligatoriamente por 10, tal y como hemos visto en la tabla anterior. Si tenemos en cuenta esto, nos quedan 6 bits libres en el primer octeto y otros 8 en el segundo, debemos recordar que la zona de red de una clase B ocupa 2 octetos (16 bits).



Teniendo en cuenta esto, el número total de redes que podemos crear es:  $2^{14}$

Realmente hemos aplicado la fórmula:  $2^{n-x}$ , donde  $n$  es el número de bits de la zona de red (16) y  $x$  es el número de bits fijos de la zona de red (2). De ahí obtenemos el valor de  $2^{14}$ .

Para calcular los hosts finales, tomamos el número de bits de host en potencia de 2 y le restamos la dirección de broadcast y la dirección de red, de tal manera que en cada red que configuremos podremos direccionar un total de:  $2^{16} - 2$  equipos.

## Lección 3

### Clasificación de direcciones IP

Cada host conectado a una red tiene una dirección IP asignada, la cual debe ser distinta a todas las demás direcciones que estén vigentes en ese momento en el conjunto de redes visibles por el host.

En el caso de Internet, no podemos tener dos ordenadores con 2 direcciones IP (públicas) iguales. Pero sí podríamos tener dos ordenadores con la misma dirección IP, siempre y cuando pertenezcan a redes independientes entre sí (sin ningún camino posible que las comunique).

Tenemos diferentes criterios de clasificación disponibles para ordenar las direcciones IP. En primer lugar podemos clasificar en:

**Direcciones IP públicas.** Son visibles en todo Internet. Un ordenador con una IP pública es accesible (visible) desde cualquier otro ordenador conectado a Internet. Para poder conectarnos a Internet debemos disponer de al menos una dirección IP pública en nuestra ubicación.

**Direcciones IP privadas (reservadas).** Son visibles únicamente por otros hosts dentro de su propia red o de otras redes privadas interconectadas por routers. Los ordenadores con direcciones IP privadas pueden salir a Internet por medio de un router (o proxy) que tenga una IP pública. Sin embargo, desde Internet no se puede acceder a ordenadores con direcciones IP privadas.

A su vez, las direcciones IP pueden ser:

**Direcciones IP estáticas (fijas).** Un host que se conecta a la red con dirección IP estática siempre lo hará con una misma IP. Las direcciones IP públicas estáticas son empleadas por los servidores de Internet con objeto de que estén siempre localizables por los usuarios de Internet. Para poder disponer de una dirección de este tipo es necesario contratarla con un proveedor de servicios de internet (ISP).

**Direcciones IP dinámicas.** Un host que se conecta a la red mediante una dirección IP dinámica, cada vez lo hará con una dirección IP distinta o cuando menos con una cierta variabilidad, que dependerá del proveedor ISP y del rango que tenga asignado. Las direcciones IP públicas dinámicas son las que se utilizan en las conexiones a Internet mediante un módem o un router, como es el caso de las conexiones ADSL o de Cable Modem.

Entre las ventajas que nos plantean las direcciones IP dinámicas podemos señalar las siguientes:

- ✓ Reduce el coste de operación del ISP
- ✓ Disminuye la cantidad de IP asignadas de forma estática

Como contrapartida, obliga a depender de servicios que redirigen un host a una IP.

---

**Direcciones IP especiales y reservadas.** No todas las direcciones comprendidas entre la 0.0.0.0 y la 223.255.255.255 son válidas para ser configuradas en un host: algunas de ellas tienen significados especiales.

Las principales direcciones especiales se resumen en la siguiente tabla. Su interpretación depende del host desde el que se utilicen.

Zona red	Zona host	Dirección	Ejemplo
Todo 0's		Identificación local	0.0.0.0
Todo 1's	0	Máscara	255.255.255.0
red	Todo 0's	Red	192.168.10.0
Todo 1's		Broadcast general	255.255.255.255
red	Todo 1's	Broadcast local	192.168.10.255
127	Cualquier valor	Loopback	127.0.0.1

Emplearemos la **dirección de broadcast** o difusión para realizar una inundación de tráfico en toda la red.

Como se ve en la tabla, podemos diferenciar entre una difusión o broadcasting local, cuando nos limitamos al ámbito de nuestra red de pertenencia, o una difusión completa, cuando no limitamos el tráfico a nuestra red.

Este último caso, como es de suponer, no es transmitido por todos los equipos que componen la red de redes.

En alguna ocasión hemos citado la el término **dirección de multicast**, se refiere al envío de paquetes a varios hosts al mismo tiempo (aquellos que se hayan suscrito a un mismo grupo de multicast).

Siguiendo esta misma terminología, en ocasiones se utiliza el término **unicast** para hacer referencia al envío de información a un único host.

La **dirección de red**, conocida por tener la zona de host a 0 (siempre que hablemos de direccionamiento con clase sin subredes), es empleada para identificar la red a la que pertenece nuestro equipo.

En nuestro sistema de redes clásicas, A, B y C, coincidirá con una de las posibles redes que podemos configurar en cada una de las clases.

La **dirección de loopback** (normalmente 127.0.0.1) se utiliza para comprobar que los protocolos TCP/IP están correctamente instalados en nuestro propio ordenador.

Tradicionalmente empleamos como dirección de loopback la IP 127.0.0.1, aunque podríamos elegir cualquier dirección que empiece por 127.X.X.X.

Todas ellas responden a una petición de echo local para comprobar el funcionamiento de la interfaz de red de nuestro ordenador.

Como ejemplo probamos: `ping 127.10.100.18`

---

Las siguientes direcciones de red se encuentran reservadas para su uso en redes privadas, generalmente redes de área local. Diremos que una dirección IP que pertenezca a una de estas redes, es una dirección IP privada y tal y como hemos reseñado anteriormente, sólo tienen un significado local; lo que implica que sólo serán vistas y accesibles dentro de su propia red.

Clase	Rango de direcciones de red reservadas
A	10.0.0.0
B	172.16.0.0 – 172.31.0.0
C	192.168.0.0 – 192.168.255.0

Por ejemplo, si estamos construyendo una red privada con un número de ordenadores no superior a 254 podemos utilizar una red reservada de clase C.

Al primer ordenador le podemos asignar la dirección 192.168.100.1, al segundo 192.168.100.2 y así sucesivamente hasta la 192.168.100.254.

Como estamos utilizando direcciones reservadas, tenemos la garantía de que no habrá ninguna máquina conectada directamente a Internet con alguna de nuestras direcciones.

De esta manera, no se producirán conflictos y desde cualquiera de nuestros ordenadores podremos acceder a la totalidad de los servidores de Internet (si utilizásemos en un ordenador de nuestra red una dirección de un servidor de Internet, nunca podríamos acceder a ese servidor).

Las direcciones privadas se pueden utilizar junto con un servidor de traducción de direcciones de red (NAT) para suministrar conectividad a todos los hosts de una red que tiene relativamente pocas direcciones públicas disponibles.

Según lo acordado por los diferentes organismos de estandarización, cualquier tráfico que posea una dirección de destino dentro de uno de los intervalos de direcciones privadas no se enrutará a través de Internet.

---

## Lección 4

### Máscara de red

Los identificadores de red y de host en una dirección IP se distinguen mediante una máscara de red. Cada máscara de red es un número de 32 bits que utiliza grupos de bits consecutivos de todo unos (1) para identificar la zona de red y todo ceros (0) para identificar la parte de host en una dirección IP.

Por ejemplo, la máscara de red que se utiliza normalmente con la dirección IP 130.100.19.200 es el siguiente número binario de 32 bits:

**11111111 11111111 00000000 00000000**

Este número de máscara de red está formado por 16 bits a uno seguidos de 16 bits a cero, lo que indica que las zonas de red y de host de esta dirección IP tienen una longitud de 16 bits.

Normalmente, esta máscara se muestra en notación decimal con puntos, como 255.255.0.0. No encontraremos máscaras con mezclas de unos y ceros alternadas, siempre tendremos un bloque inicial de unos a la izquierda y después un bloque final de ceros.

La siguiente tabla muestra las máscaras de red para las clases de direcciones de Internet al estilo clásico (direccionamiento classfull).

Clase	Máscara de red
A	255.0.0.0
B	255.255.0.0
C	255.255.255.0

Es muy común que nos encontremos direcciones IP especificadas como una combinación de @IP y máscara, en un formato @IP/XX, donde XX hace referencia al número de unos que tiene la máscara de red. Esta forma de expresar el direccionamiento es muy común dentro del CIDR (Enrutamiento entre dominios sin clase) que veremos más adelante.

Por ejemplo es muy normal que veamos especificaciones de direcciones como:

- ✓ 157.13.34.56/16
- ✓ 192.168.100.10/24

En los ejemplos anteriores es fácil comprobar que la máscara de la primera dirección tiene 16 bits a uno y se corresponde con una red de clase B, mientras que en el segundo caso tiene 24 bits a uno e indica una red de clase C.

La máscara de red nos permite calcular de una forma sencilla cuál es la red a la que pertenece nuestra dirección IP y si otra serie de direcciones que nos faciliten pertenecen a nuestra misma red.

Pasemos ahora a realizar un ejercicio práctico de ejemplo para poder comprobar cuál es la red de pertenencia de una dirección IP dada.

Tomemos como punto de partida una máscara de red de clase A, que en notación binaria tendrá la siguiente representación (todo unos en el primer octeto):

**11111111.00000000.00000000.00000000**

Si elegimos ahora una dirección de Clase A, como la **18.15.6.12**, podemos concluir que su red de pertenencia es la **18.0.0.0**.

Para llegar a esta conclusión hemos comparado en binario, la dirección IP de partida con la máscara de red y nos hemos apoyado en ésta para seleccionar la parte de la dirección que pertenece a la zona de red, en nuestro caso 18.

De manera innata nos estamos apoyando en una operación lógica AND de la dirección IP de partida y la máscara de red, veamos el proceso en detalle.

La operación AND lógica se muestra en la siguiente tabla. Nosotros haremos una operación AND bit a bit de la dirección IP y la máscara de red.

AND	0	1
0	0	0
1	0	1

AND	Decimal	Binario
IP	18.15.6.12	00010010.00001111.00000110.00001100
Máscara	255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000
Red	18.0.0.0	00010010.00000000.00000000.00000000

Al estar trabajando todavía dentro del esquema de direccionamiento con clase puro, sin creación de subredes, también era sencillo concluir que la red de pertenencia era la 18.0.0.0.

Nos bastaba con observar el primer octeto de la dirección IP y determinar en cuál de los rangos vistos anteriormente se sitúa la dirección.

CLASE	RANGO
A	0 – 127
B	128 – 191
C	192 – 223

Con esto vemos claramente que la red es de clase A y nos basta con poner la zona de host a 0 para calcular la dirección de red de pertenencia.

---

### Otro ejemplo:

Supongamos una red con máscara 255.255.0.0, o lo que es lo mismo, una máscara de clase B. Tenemos un ordenador con dirección 153.120.33.100. Si expresamos esta dirección y la de la máscara de subred en binario, tenemos:

AND	Decimal	Binario
IP	153.120.33.100	10011001.01111000.00100001.01100100
Máscara	255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000
Red	153.120.0.0	10011001.01111000.00000000.00000000

Al hacer el producto binario de las dos primeras direcciones (donde hay dos 1 en las mismas posiciones ponemos un 1 y en caso contrario, un 0).

Si hacemos lo mismo con otro ordenador que tenga una dirección IP del mismo rango, por ejemplo la 153.120.33.109, obtenemos la misma dirección de red. Esto significa que ambas máquinas se encuentran en la misma red (153.120.0.0).

AND	Decimal	Binario
IP	153.120.34.109	10011001.01111000.00100010.01101101
Máscara	255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000
Red	153.120.0.0	10011001.01111000.00000000.00000000

En cambio, si tomamos la dirección 153.121.33.36, observamos que no pertenece a la misma red que las anteriores.

AND	Decimal	Binario
IP	153.121.33.36	10011001.01111001.00100001.00100100
Máscara	255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000
Red	153.121.0.0	10011001.01111001.00000000.00000000

En una red de redes TCP/IP no puede haber hosts aislados: todos pertenecen a alguna red y todos tienen una dirección IP y una máscara (si no se especifica, se toma la máscara que corresponda a su clase).

Mediante esta máscara un ordenador sabe si otro ordenador se encuentra en su misma red o en otra distinta.

Si pertenece a su misma red, el mensaje se entregará directamente. En cambio, si los hosts están configurados en redes distintas, el mensaje se enviará a la puerta de enlace o router de la red del host origen.

Este router pasará el mensaje al siguiente de router y así sucesivamente hasta que se alcance la red del host de destino y se complete la entrega del mensaje.

---

## Cálculo de la dirección de difusión o broadcast

---

Ya hemos visto que el producto lógico binario (AND) de una dirección IP y su máscara nos devuelve su dirección de red. Para calcular su dirección de difusión o de broadcast, hay que hacer la suma lógica en binario (OR) de la IP con el inverso (NOT) de su máscara.

Recordemos que la tabla de operación de un operador OR es:

OR	0	1
0	0	1
1	1	1

OR	Decimal	Binario
IP	153.120.33.100	10011001.01111000.00100001.01100100
NOT(Máscara)	0.0.255.255	00000000.00000000.11111111.11111111
Broadcast	153.120.255.255	10011001.01111000.11111111.11111111

Existe una sencilla forma para calcular la dirección de broadcast, podemos tomar la zona de red de la dirección IP y dejarla tal cual y colocar 1's en la zona de host. De esta sencilla forma conseguimos identificar la dirección de difusión de la red.

Por tanto, en los casos anteriores, si tenemos por ejemplo una dirección IP 153.120.33.100, hemos obtenido que pertenece a la red 153.120.0.0 y aplicando lo anterior, la dirección de broadcast será: 153.120.255.255.



## Lección 5

### Creación de subredes

Desde una perspectiva histórica, podemos decir que la forma de crear redes y subredes ha pasado por diferentes fases desde la aparición del direccionamiento IP.

Desde sus inicios, donde todas las subredes tenían el mismo tamaño y éste venía determinado por el número de bits que tomábamos de la parte de host, al actual direccionamiento con VLSM y CIDR, donde ajustamos el tamaño de la subred a nuestras necesidades.

En esta lección estudiaremos el estilo clásico de creación de subredes, donde todas ellas son del mismo tamaño y la máscara de subred es la misma para todas.

Aunque como ya hemos indicado, este no es el esquema que se emplea hoy en día, es necesario conocer los mecanismos tradicionales para afianzar unos conceptos iniciales de subnetting que perfeccionaremos en la siguiente lección.

#### Subnetting clásico

---

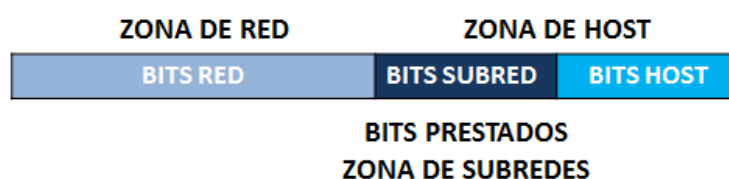
En el modelo clásico de creación de subredes nos encontramos con redes del mismo tamaño, es decir, el número de equipos que integran cada subred es el mismo, lo que supone un desperdicio considerable de direcciones.

En esta situación, la máscara de subred que se emplea es la misma para cada una de las subredes creadas. Veamos algunas de las características fundamentales de este método de trabajo.

Creamos las subredes utilizando uno o más de los bits de la zona de host como bits de la zona de red. Esto se hace ampliando la máscara para tomar prestados algunos de los bits de la porción de host de la dirección, a fin de crear bits de red adicionales.

Cuanto más bits de la zona de host se usen, mayor será la cantidad de subredes que puedan definirse. Para cada bit que tomamos prestado, se duplica la cantidad de subredes disponibles.

Por ejemplo: si se toma prestado 1 bit, es posible definir 2 subredes. Si se toman prestados 2 bits, es posible crear 4 subredes. Sin embargo, con cada bit que se toma prestado, se dispone de menos direcciones de host por subred.



## Fórmulas de cálculo

---

### Cálculo del número de subredes:

- ✓  $2^n$ , donde n corresponde a la cantidad de bits que se toman prestados

Por ejemplo, si tomamos prestados dos bits crearemos un total de 4 subredes:  $2^2$

Si nos ceñimos a un entorno clásico de creación de subredes y nos limitamos a entornos de dominios con clase, donde el enrutamiento se realiza con protocolos que no admiten máscaras de diferente longitud, es necesario que hagamos notar una apreciación respecto al cálculo de subredes.

Aunque el número de redes teóricas que se pueden calcular es  $2^n$ , no podemos configurar todas esas subredes en los equipos de red, ya que provocarían un solape con algunas direcciones ya presentes.

En concreto, la primera de las subredes que se pueden crear o subred cero, coincide con la dirección con clase de la red de partida y a su vez la última de las subredes que se pueden formar tiene entre el rango de direcciones que puede emplear una dirección de broadcast que se solapa con la dirección de broadcast de la red con clase de inicio.

Hasta que no pasemos a la siguiente lección y empleemos las máscaras de longitud variable (VLSM) y el enrutamiento entre dominios sin clase (CIDR), no podremos hacer uso de estas dos subredes, por lo que el número final de subredes configurables con este mecanismo, será finalmente:  $2^n - 2$

### Cálculo del número de equipos por subred:

- ✓ Para calcular la cantidad de hosts por subred, se usa la fórmula  $2^n - 2$ , donde n corresponde a la cantidad de bits que quedan disponibles para hosts.

En un ejemplo concreto, si nuestra porción de host inicial tenía 8 bits y hemos tomado prestados dos para la creación de subredes, la aplicación de la fórmula anterior nos devuelve un resultado de: 62 equipos ( $2^6 - 2$ )

El hecho de restar un dos al total de hosts está relacionado con la necesidad de reservar una dirección de red y otra de broadcast para cada una de las subredes que creamos.

### Ejemplo de cálculo:

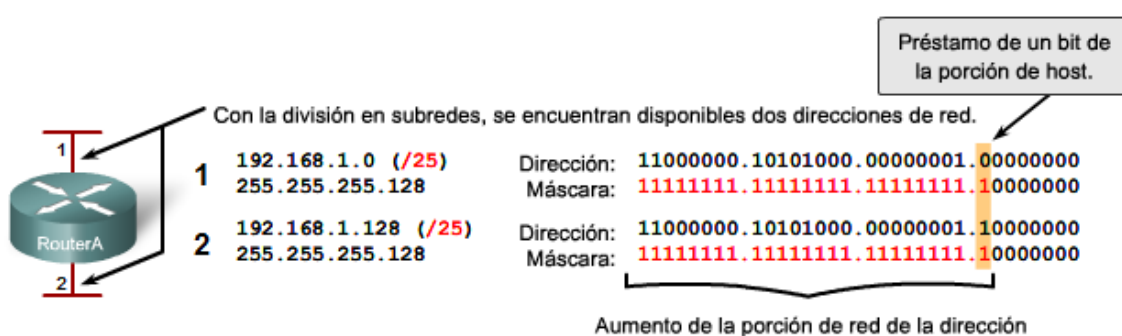
Tomamos como red de partida la dirección de clase C: 192,168.1.0. Vamos a tomar prestado un único bit de la zona de host, por lo que el número de subredes que podemos crear es 2.

---

Planteamos este ejemplo, como el más sencillo posible y descriptivo del proceso en su conjunto, pero siempre dejando claro que no sería un caso real configurable en equipos de red a causa de los solapes que hemos comentado anteriormente.

Para poder cumplir con las especificaciones de red, sería necesario tomar prestados como mínimo dos bits de la zona de host, tal y como veremos en algún ejemplo posterior.

Volvamos pues a las especificaciones de inicio de nuestro ejemplo y veamos como calculamos las subredes, el rango de hosts configurables y las direcciones de broadcast.



En el ejemplo de la figura podemos observar cómo hemos tomado prestado un bit de la zona de host para emplearlo en la creación de subredes. Por tanto, nuestra nueva zona de red (red + subred) tiene un total de 25 bits (24 + 1).

Esto conlleva que la máscara de subred que empleamos tiene un total de 25 bits a 1 y 7 bits a 0. O lo que es lo mismo: 255.255.255.128

Si ahora examinamos el último octeto de cada subred, vemos que sus valores son los siguientes:

- ✓ **Subred 1:** 00000000 = 0
- ✓ **Subred 2:** 10000000 = 128

Para comprender estos valores, basta con estudiar en detalle ese último octeto. Hemos tomado prestado un único bit a la zona de host, y ese bit podrá tomar valores de 0 o 1. Por tanto, para la primera subred le damos un valor de 0 y para la segunda subred le damos un valor de 1.

Y al realizar la traducción de binario a decimal obtenemos los valores de 0 y 128.

Cuando creamos subredes, las numeraremos desde la 0 hasta la  $2^n - 1$ .

Para expresar la dirección de red, podemos emplear el sistema tradicional de dirección y máscara decimal (192.168.1.0 – 255.255.255.128) o podemos usar la notación @IP/XX (con XX los bits a 1 de la máscara). En este último caso tenemos direcciones del estilo: 192.168.1.0/25

Para calcular el rango de direcciones de host configurables, simplemente empezamos a numerar por la siguiente dirección a la de subred y finalizamos con la última dirección de la subred menos una, la que reservamos para la dirección de broadcast de la subred.

La dirección de broadcast de la subred se calcula de la misma forma que la dirección de broadcast tradicional, esto es, colocando a 1's los bits de la zona de host y dejando el resto de bits de la dirección de subred inalterados.

En la siguiente tabla se ofrece un resumen de las características fundamentales:

Subred	Dirección de red	Rango de hosts	Broadcast
0	192.168.1.0/25	192.168.1.1 – 192.168.1.126	192.168.1.127
1	192.168.1.128/25	192.168.1.129 – 192.168.1.254	192.168.1.255

Dos ideas importantes surgen del sistema de direcciones que hemos estudiado:

- ✓ Al ser conocida la estructura de direcciones IP y viajar ésta (dirección origen y destino) en cada paquete IP que se envía por la red, los routers, únicamente deben conocer la localización de otras subredes, sin preocuparse de conocer la localización de cada host en la red.
- ✓ Si un host está conectado a dos o más subredes, implica que debe tener asignadas dos o más direcciones IP, una por cada subred a la que se encuentre conectado.

Una organización que tenga asignada una dirección de cualquier clase A, B o C puede subdividirla en subredes utilizando para ello parte de los bits reservados para la zona de hosts.

Si utilizamos como ejemplo representativo una dirección de clase B como la 153.120.0.0 para nuestra organización. Esta dirección tiene un total de 16 bits para asignar el identificador de host.

Supongamos que la organización dispone de 200 máquinas a las que se desea asignar una dirección IP propia. Estas 200 máquinas se encuentran divididas físicamente en grupos de 20, por lo que en total tenemos diez departamentos o filiales.

Existen dos maneras fundamentales de asignar las direcciones:

- ✓ Podemos asignar diferentes identificadores de host desde el 1 hasta el 200, sin utilizar el concepto de subred. El problema surge cuando tenemos que definir el sistema interno de encaminado, ya que será necesario que conozcamos la localización de cada uno de los doscientos equipos.
  - ✓ Podemos utilizar 8 bits de los 16 asignados a hosts para representar direcciones de subred. Usando esta segunda opción, el sistema de enrutamiento interno de nuestra organización puede observar estos 8 bits de subred y usarlos para conocer donde está situado el host destino.
-

Cuando estamos realizando el dimensionado de una red para dividirla en subredes es necesario cumplir con dos requisitos fundamentales:

- ✓ Dividir la red en el número de subredes necesarias.
- ✓ Atender al número de hosts por subred requerido. En este caso, la subred que requiera mayor número de direcciones será la que marque el tamaño del resto de subredes.

Para estos cálculos suele ser común realizar un sobredimensionado de la red que nos permita hacer frente a un crecimiento futuro tanto en el número de sedes como en el número de equipos.

### Ejemplo de cálculo:

Consideremos este ejemplo donde tenemos la necesidad de dar servicio a cinco redes LAN y una red WAN.

Para conseguir las 6 subredes, debemos tomar prestados como mínimo 3 bits ( $2^3$ ) de la zona de host, y ahora sí que, a diferencia del ejemplo anterior, podremos descartar la primera y la última subred.

Al tomar 3 bits de préstamo daremos lugar a una máscara de subred /27 o lo que es lo mismo 255.255.255.224.

Comience con esta dirección	-	192.168.1.0 (/24)	Dirección:	11000000.10101000.00000001.00000000
		255.255.255.0	Máscara:	11111111.11111111.11111111.00000000
Forme 8 subredes	0	192.168.1.0 (/27)	Dirección:	11000000.10101000.00000001.00000000
		255.255.255.224	Máscara:	11111111.11111111.11111111.11100000
	1	192.168.1.32 (/27)	Dirección:	11000000.10101000.00000001.00100000
		255.255.255.224	Máscara:	11111111.11111111.11111111.11100000
	2	192.168.1.64 (/27)	Dirección:	11000000.10101000.00000001.01000000
		255.255.255.224	Máscara:	11111111.11111111.11111111.11100000
	3	192.168.1.96 (/27)	Dirección:	11000000.10101000.00000001.01100000
		255.255.255.224	Máscara:	11111111.11111111.11111111.11100000
	4	192.168.1.128 (/27)	Dirección:	11000000.10101000.00000001.10000000
		255.255.255.224	Máscara:	11111111.11111111.11111111.11100000
	5	192.168.1.160 (/27)	Dirección:	11000000.10101000.00000001.10100000
		255.255.255.224	Máscara:	11111111.11111111.11111111.11100000
	6	192.168.1.192 (/27)	Dirección:	11000000.10101000.00000001.11000000
		255.255.255.224	Máscara:	11111111.11111111.11111111.11100000
	7	192.168.1.224 (/27)	Dirección:	11000000.10101000.00000001.11100000
		255.255.255.224	Máscara:	11111111.11111111.11111111.11100000

Se piden prestados tres bits para proporcionar ocho subredes.

Tal y como hemos realizado en el ejemplo anterior, donde tan solo pedíamos prestado un bit, debemos calcular todas las combinaciones posibles de los tres bits que tomamos de la zona de host.

De tal manera, que si nos fijamos en la tabla de traducción correspondiente y la combinamos con los ceros de la zona de host, damos lugar a las siguientes direcciones en el último octeto.

Subred	Bits prestados	Bits host	Último octeto
0	000	00000	0
1	001	00000	32
2	010	00000	64
3	011	00000	96
4	100	00000	128
5	101	00000	160
6	110	00000	192
7	111	00000	224

Para calcular la cantidad de hosts, examinamos el último octeto y observamos que tenemos 5 bits disponibles para la zona de host, lo que implica que el número de equipos por subred será:  $2^5 - 2$ , esto es un total de 30 equipos.

En la siguiente tabla presentamos un resumen de la configuración del direccionamiento:

Subred	Dirección de red	Rango de hosts	Broadcast
0	192.168.1.0/27	192.168.1.1 – 192.168.1.30	192.168.1.31
1	192.168.1.32/27	192.168.1.33 – 192.168.1.62	192.168.1.63
2	192.168.1.64/27	192.168.1.65 – 192.168.1.94	192.168.1.95
3	192.168.1.96/27	192.168.1.97 – 192.168.1.126	192.168.1.127
4	192.168.1.128/27	192.168.1.129 – 192.168.1.158	192.168.1.159
5	192.168.1.160/27	192.168.1.161 – 192.168.1.190	192.168.1.191
6	192.168.1.192/27	192.168.1.193 – 192.168.1.222	192.168.1.223
7	192.168.1.224/27	192.168.1.225 – 192.168.1.254	192.168.1.255

---

# Lección 6

## VLSM y CIDR

### Introducción

---

El diseño de redes basado en clases (direccionamiento classfull) nos sirvió durante la expansión de internet, sin embargo este formato no es escalable y frente al gran crecimiento de las redes en la década de los 90, el sistema de clases fue reemplazado por una arquitectura de redes sin clases, Classless Inter-DomainRouting (CIDR).

CIDR está basado en el empleo de máscaras de longitud variable (Variable LengthSubnetMasking, VLSM) que nos permite asignar porciones de red de tamaño arbitrario, con una simple modificación del número de bits de la máscara.

Adicionalmente, CIDR también emplea el concepto de agregación de rutas en lo que se conoce como superred o supernetting.

Esto nos permite llevar a cabo una distribución de direcciones más fina y granulada, calculando las direcciones necesarias y "desperdiciando" las mínimas posibles.

### Un poco de historia

---

Antes de 1981, las direcciones IP usaban sólo los primeros 8 bits para especificarla porción de red de la dirección, lo que limitabaInternet, entonces conocida como ARPANET, a 256 redes. Pronto fue evidente que el espacio de direcciones no iba a ser suficiente.

En 1981, el formato de la dirección IPv4 de 32 bits fue modificado para permitir tres clases o tamaños distintos de redes: clase A, clase B y clase C.

Las direcciones de clase A usaban 8 bits para la porción de red de la dirección, las de clase B usaban 16 bits y las de clase C usaban 24 bits. Este formato se hizo conocido como direccionamiento IP con clase.

El desarrollo inicial del direccionamiento con clase resolvió el problema del límite de 256 redes, por un tiempo. Una década más tarde, fue evidente que el espacio de direcciones IP se estaba reduciendo rápidamente.

En respuesta a esto, el IETF introdujo el Enrutamiento entre dominios sin clase (CIDR), que utilizaba una máscara de subred de longitud variable (VLSM) para ayudar a conservar el espacio de direcciones.

Con la introducción de CIDR y VLSM, los ISP ahora podían asignar una parte de una red con clase a un cliente y otra parte diferente a otro cliente.

---

Con la introducción de VLSM y CIDR, los administradores de redes tenían que usar otras habilidades relacionadas con la división en subredes.

VLSM simplemente subdivide una subred, éstas, a su vez, se pueden dividir en subredes y así sucesivamente.

Además de la división en subredes, fue posible resumir una gran colección de redes con clase en una ruta agregada o superred.

## Direccionamiento privado

---

El esquema de direccionamiento privado basado en clases, que habíamos definido en la clasificación de direcciones IP, ya no es válido si empleamos este nuevo formato (CIDR).

Ahora ya no nos fijamos en las diferentes redes de clase A, B o C que tenemos disponibles para el entorno privado, sino que simplemente fijamos un rango de trabajo privado que viene delimitado por el número de bits que tomamos para la máscara de subred.

Class	RFC 1918 Internal Address Range	CIDR Prefix
A	10.0.0.0 - 10.255.255.255	10.0.0.0 / 8
B	172.16.0.0 - 172.31.255.255	172.16.0.0 / 12
C	192.168.0.0 - 192.168.255.255	192.168.0.0 / 16

## Problemática de partida

---

El principal problema que plantea la división clásica de subredes es que todas ellas deben emplear la misma máscara y por tanto tener el mismo tamaño, lo que da lugar a un claro desaprovechamiento de direcciones.

Veamos un claro ejemplo de desperdicio de direcciones, estos son los requisitos iniciales que planteamos:

- ✓ Tenemos una red de clase C: 193.10.12.0
  - ✓ Queremos dividir la red en tres subredes
  - ✓ El número de hosts por subred debería cumplir
    - Subred 1 – 50 hosts
    - Subred 2 – 20 hosts
    - Subred 3 – 20 hosts
-



En total tenemos 90 hosts a los que suministrar una dirección. Tenemos una red inicial Clase C, que como ya sabemos presenta un total de 254 direcciones disponibles.

Nuestra zona de host inicial tiene una longitud de 8 bits y para proceder a la creación de 3 subredes con el estilo clásico, necesitamos tomar prestados 3 bits de la zona de host (2 no son suficientes por el problema de los solapes).

Por otro lado para direccionar 50 equipos en una subred necesitamos al menos 6 bits en la zona de host, pero con los cálculos que hemos realizado para la creación de las subredes, no disponemos de ellos.

Por tanto, llegamos a la conclusión de que no es posible realizar el dimensionado de la red con una clase C.

Podríamos preguntarnos el por qué de esta situación e incluso dónde se han perdido las direcciones.

En principio una red de clase C con 254 direcciones disponibles, no debería tener problemas con 90 hosts pero al emplearse una máscara de tamaño fijo para toda la red hay que dimensionarla para la subred más grande.

Es decir, la máscara de subred debe tener al menos 6 bits para hosts. Las subredes que no necesitan tantos bits los tendrán de todas formas, desperdiciando por tanto un gran número de direcciones.

- ✓ Para dar servicio a 20 hosts nos vale con 5 bits,  $2^5 - 2 = 30$  IP's y desperdiciamos 10 direcciones.
- ✓ Al asignar 6 bits, se desperdician  $(2^6 - 2) - 20 = 40$  direcciones en la subred 2 y otras 40 direcciones en la subred 3.
- ✓ Además, para hacer 3 subredes necesitamos al menos 3 bits en la zona de subred, pero 3 bits dan la opción de crear:  $2^3 - 2 = 6$  subredes.
- ✓ Estamos empleando 3 subredes, por lo que desperdiciamos:  $3 \times 2^6 = 192$  direcciones.
- ✓ De hecho, con la subred 0 y la 7, y por culpa de los solapes, estamos desperdiciando  $2 \times 2^6 = 128$  direcciones más

Todo este desaprovechamiento hace que sea imposible el direccionamiento.

---

## **VLSM – VARIABLE LENGHT SUBNET MASKING**

---

Cada red dentro de la intranet de una empresa u organización está diseñada para incluir una cantidad limitada de equipos.

Algunas redes, como los enlaces punto a punto, sólo requieren un máximo de dos direcciones, una para cada interfaz del router de interconexión. Otras, sin embargo, como una LAN de usuarios en un edificio o departamento, pueden necesitar de cientos de direcciones para equipos.

Es necesario que los administradores de red diseñemos el esquema de direccionamiento de la red para incluir la cantidad máxima de hosts para cada subred.

La cantidad de hosts en cada división debe permitir el crecimiento futuro de nuestra infraestructura.

Por tanto, como punto de partida, tenemos que determinar la cantidad total de hosts que vamos a direccionar y siempre con una previsión de crecimiento.

Tenemos que usar, siempre que la red no nos venga impuesta, un bloque de direcciones lo suficientemente amplio como para incluir todos los dispositivos en todas las redes corporativas.

Esto incluye dispositivos de usuarios finales, servidores, dispositivos intermedios e interfaces de routers.

Nuestros primeros pasos deberán ir orientados a determinar la cantidad y el tamaño de las redes que debemos crear dependiendo del número de ubicaciones o sedes de nuestra empresa y de las necesidades particulares de direccionamiento de cada una de ellas.

Dividimos la red en subredes para superar problemas de ubicación, tamaño y control. Al diseñar el direccionamiento, se tienen en cuenta los factores para agrupar los hosts antes mencionados:

- ✓ Agrupación basada en ubicación geográfica común
- ✓ Agrupación de hosts utilizados para propósitos específicos
- ✓ Agrupación basada en propiedad

Cada enlace punto a punto para conectar las distintas sedes es una red independiente que tenemos que contemplar a la hora de realizar nuestros cálculos.

Se crean subredes para la WAN que interconecta diferentes ubicaciones geográficas. Al conectar diferentes ubicaciones, se usa un router para dar cuenta de las diferencias de hardware entre las LAN y la WAN.

A pesar de que los hosts de una ubicación geográfica en común típicamente comprenden un solo bloque de direcciones, puede ser necesario realizar la división en subredes de este bloque para formar redes adicionales en cada ubicación.

---

Es necesario crear subredes en diferentes ubicaciones que tengan hosts para las necesidades comunes de los usuarios. También puede suceder que otros grupos de usuarios requieran muchos recursos de red o que muchos usuarios requieran su propia subred.

Además, es posible tener subredes para hosts especiales, como servidores. Es necesario tener en cuenta cada uno de estos factores para determinar la cantidad de redes.

También se deben tener en cuenta las necesidades de seguridad especial o de propiedad administrativa que requieran redes adicionales.

Una vez que ya conocemos la cantidad de redes y la cantidad de hosts para cada red, es necesario comenzar a asignar direcciones a partir de un bloque general de direcciones que contemple nuestros requerimientos.

Este proceso comienza al asignar direcciones de red para ubicaciones de redes especiales. Se comienza por las ubicaciones que requieren la mayoría de los hosts y se continúa hasta los enlaces punto a punto.

Este proceso asegura que se disponga de bloques de direcciones lo suficientemente amplios para incluir los hosts y las redes para estas ubicaciones.

Al hacer las divisiones y asignar las subredes disponibles, es necesario asegurarse de que haya bloques de direcciones del tamaño adecuado para mayores demandas.

Además, se debe realizar una cuidadosa planificación para asegurar que los bloques de direcciones asignados a la subred no se superpongan.

## **Solución problemática de partida**

---

Veamos cómo podemos solucionar los problemas detectados en el ejemplo anterior, derivados del excesivo desperdicio de direcciones.

¿Cómo podrían aprovecharse mejor las direcciones de la red del ejemplo anterior?

- ✓ La dirección de partida era: 193.10.12.0/24
- ✓ La subred 1 tiene 50 hosts, la subredes 2 y 3 tienen 20 hosts cada una.

Tal y como hemos indicado a lo largo de la lección, vamos a iniciar el dimensionado partiendo de la subred que demande más direcciones. Por tanto empezamos con la subred que tiene 50 hosts.

Si necesitamos dar servicio a 50 equipos, debemos disponer de 6 bits en la zona de host. Esta condición de inicio nos fija directamente la máscara que debemos emplear para direccionar esos equipos.

---

Retirando los 6 bits de la zona de host tenemos una **máscara /26** (32 – 6).

Dicho de otra manera la subred 1 con capacidad para 50 equipos puede ser etiquetada como: **193.10.12.0/26**

Esta subred se extenderá por tanto desde la dirección **193.10.12.1** hasta la **193.10.12.62**, presentará una dirección de **broadcast 193.10.12.63** y una **máscara 255.255.255.192**.

Si ahora procedemos de igual manera con la subred 2, con capacidad para 20 equipos, tendremos que dejar 5 bits en la zona de host para controlar los equipos suficientes.

Al dejar 5 bits en la porción de host, fijamos una **máscara /27** (32 – 5) y etiquetamos la dirección de la subred 2 como: **193.10.12.64/27**.

Esta subred se extenderá por tanto desde la dirección **193.10.12.65** hasta la **193.10.12.94**, presentará una dirección de **broadcast 193.10.12.95** y una **máscara 255.255.255.224**.

Fíjate que hemos comenzado la asignación de direcciones donde nos habíamos quedado en la subred 1.

Finalmente vamos a por la tercera subred que presenta unas características idénticas a las de la subred 2. Por tanto tendremos que volver a dejar 5 bits en la zona de host para controlar los equipos suficientes.

La máscara volverá a ser **/27** (32 – 5) y etiquetamos la dirección de la subred 3 como: **193.10.12.96/27**.

Esta subred se extenderá por tanto desde la dirección **193.10.12.97** hasta la **193.10.12.126**, presentará una dirección de **broadcast 193.10.12.127** y una **máscara 255.255.255.224**.

Subred	Máscara	Rango	Broadcast
193.10.12.0	/26	193.10.12.1 – 193.10.12.62	193.10.12.63
193.10.12.64	/26	193.10.12.65 – 193.10.12.94	193.10.12.95
193.10.12.96	/27	193.10.12.97 – 193.10.12.126	193.10.12.127

Recordemos que ahora podemos emplear máscaras de longitud variable (VLSM) en nuestros sistemas.

Es importante observar que todavía tenemos a nuestra disposición más de 100 direcciones.

---

## SUPERNETTING - SUPERRED

---

Analicemos ahora una nueva situación. Se desea un espacio de direcciones para una red que dispone de 1000 máquinas.

- ✓ Una red de clase C sólo dispone de 254 direcciones: insuficiente
- ✓ Tendríamos que solicitar una red de clase B pero desperdiciaríamos:  $2^{16} - 2 - 1000 = 64534$  direcciones, lo que supone el 98% de las direcciones

Ante esta situación, redes de tamaño medio reservaban redes B sin utilizarlas apenas con lo que el espacio de direcciones de las redes B se agotaba.

Una alternativa es asignar varias redes C, de tal forma que una red de 1000 hosts necesitaría al menos 4 redes C y se necesitaría una entrada en las tablas de rutas de todos los routers de Internet por cada red C.

La solución a toda esta problemática es la siguiente:

- ✓ Asignar redes C consecutivas
- ✓ Agrupar estas redes consecutivas en un solo prefijo/máscara
- ✓ Los routers pueden almacenar una sola entrada en su tabla de rutas siempre que sean capaces de recordar también la máscara de subred.

Dirección	1	2	3	4
193.192.64.0	11000001	11000000	01000000	00000000
193.192.65.0	11000001	11000000	01000001	00000000
193.192.66.0	11000001	11000000	01000010	00000000
193.192.67.0	11000001	11000000	01000011	00000000

En la tabla se observa como las cuatro redes tienen una gran cantidad de bits en común. El uso de superredes nos permite fijar una máscara de tamaño el número de bits comunes, en nuestro caso 22.

Por lo que nos encontramos con una máscara: **255.255.252.0**

La dirección de superred que resume las cuatro redes anteriores se puede expresar como: **193.192.64.0/22**

## CIDR – CLASSLESS INTERDOMAIN ROUTING

---

El enrutamiento entre dominio sin clase o CIDR se plantea como la respuesta a los problemas que estaba teniendo Internet:

- ✓ Agotamiento de direcciones
  - ✓ Crecimiento de las tablas de rutas
-

CIDR junta el funcionamiento de VLSM y Supernetting. Las clases (A, B y C) dejan de tener significado y las entradas en las tablas de rutas de los routers deben tener no solo la dirección de la red sino también la máscara.

El protocolo de enrutamiento que se emplee en la red debe transportar no sólo la información de dirección sino también la máscara correspondiente.

Permite:

- ✓ Asignar redes más ajustadas al tamaño necesario. Se asigna un identificador de red y una máscara del tamaño deseado (VLSM)
  - ✓ Al no tener significado las clases, la red puede estar en cualquier rango disponible (no hace falta que sea dentro de una red B o agrupando redes C)
  - ✓ Reducir el número de entradas en las tablas de rutas "resumiendo" varias entradas en una (Supernetting)
-

# ANEXO A

## Matemática de redes

### INTRODUCCIÓN

La memoria del computador sólo reconoce datos representados en forma binaria. El sistema numérico binario representa los datos como una secuencias de ceros (0) y unos (1). Los unos y los ceros se usan para representar los dos estados posibles de un componente electrónico de un computador y se denominan dígitos binarios o bits.

Para representar un carácter normalmente se le asigna un código numérico de ocho (8) bits. Este código se conoce como ASCII (*American Standard Code for Information Interchange* o código estándar americano para el intercambio de la información).

En el código ASCII el carácter "A" tiene asociado el número 65 que se representa binariamente como 01000001.

Los computadores están diseñados para usar agrupaciones de ocho bits. Esta agrupación de ocho bits se denomina byte. El intervalo de valores de un byte es de 0 a 255.

Los bytes a su vez se agrupan en kilobytes, megabytes, gigabytes y terabytes.

Unidades	Definición	Bytes*	Bits*	Ejemplos
Bit (b)	Dígito binario, un 1 o un 0	1	1	Conectado/Desconectado; Abierto/Cerrado; +5 voltios o 0 voltios
Byte (B)	8 bits	1	8	Representar la letra "X" como código ASCII
Kilobyte (KB)	1 kilobyte = 1024 bytes	1000	8,000	Correo electrónico típico = 2 KB Informe de 10 páginas = 10 KB Los primeros PC = 64 KB de RAM
Megabyte (MB)	1 megabyte = 1024 kilobytes = 1.048.576 bytes	1 millón	8 millones	Disquetes = 1,44 MB RAM típica = 32 MB CDROM = 650 MB
Gigabyte (GB)	1 gigabyte = 1024 megabytes = 1.073.741.824 bytes	Mil millones	8 mil millones	Disco duro típico = 40 GB o superior
Terabyte (TB)	1 terabyte = 1024 gigabytes = 1.099.511.627.778 bytes	1 billón	8 billones	Cantidad de datos que teóricamente se pueden transmitir por fibra óptica en un segundo

\* Bytes o bits comunes o aproximados

# SISTEMA DECIMAL

Los seres humanos escribimos los números usando el sistema numérico decimal.El sistema numérico decimal es un sistema que utiliza los dígitos del 0 al 9 y coloca estos dígitos en posiciones que representan potencias de 10.

Por ejemplo:

$2134 = (2 \times 10^3) + (1 \times 10^2) + (3 \times 10^1) + (4 \times 10^0) = 2000 + 100 + 30 + 4$

La siguiente tabla muestra las características principales del sistema numérico decimal:

Valor posición	<div><div>1000</div><div>100</div><div>10</div><div>1</div></div>
Base <div>Exponente</div>	<div><div><math>10^3 = 1000</math></div><div><math>10^2 = 100</math></div><div><math>10^1 = 10</math></div><div><math>10^0 = 1</math></div></div>
Cantidad de símbolos	10
Símbolos	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Razonamiento	Número típico de dedos igual a diez

# SISTEMA BINARIO

El sistema numérico binario es un sistema que utiliza los dígitos 0 y 1, y coloca estos dígitos en posiciones que representan potencias de 2.

Por ejemplo:

$0101_2 = (0 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 0 + 4 + 0 + 1 = 5$

Otro ejemplo:

$10110_2 = (1 \times 2^4) + (0 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (0 \times 2^0) = 16 + 0 + 4 + 2 + 0$   
 $= 22$



La siguiente tabla muestra las características principales del sistema numérico binario:

Valor posición	128	64	32	16	8	4	2	1
Base Exponente	$2^7 = 128$		$2^3 = 8$					
	$2^6 = 64$		$2^2 = 4$					
	$2^5 = 32$		$2^1 = 2$					
	$2^4 = 16$		$2^0 = 1$					
Cantidad de símbolos	2							
Símbolos	0, 1							
Razonamiento	Los sistemas de voltaje de dos estados (valor binario diferenciado) creados con transistores pueden ser variados, potentes, económicos, pequeños y relativamente inmunes al ruido.							

Conocer las potencias de 2 es también útil para poder convertir a binario números escritos usando el sistema decimal.

Por ejemplo, para convertir el número 67 a binario:

<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
128	64	32	16	8	4	2	1
$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

Fíjese que el  $67 = 64 + 2 + 1 = (1 \times 2^6) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0)$

Existen varios métodos para convertir números decimales en números binarios.

Un método consiste en determinar cuál es la suma de potencias de 2 que produce el número decimal. Las potencias usadas corresponden a los 1, las potencias no usadas corresponden a los 0.

Este fue el método que se usó en el ejemplo anterior.

Por ejemplo, para convertir el 146 a binario:

<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>
128	64	32	16	8	4	2	1
$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

Fíjese que el  $146 = 128 + 16 + 2 = (1 \times 2^7) + (1 \times 2^4) + (1 \times 2^1)$

---

Utilice el ejemplo siguiente para convertir el número decimal 168 en un número binario.

- a) 128 entra en 168. De modo que el bit que se ubica más a la izquierda del número binario es un 1.
- b)  $168 - 128$  es igual a 40.
- c) 64 no entra en 40. De modo que el segundo bit desde la izquierda es un 0.
- d) 32 entra en 40. De modo que el tercer bit desde la izquierda es un 1.
- e)  $40 - 32$  es igual a 8.
- f) 16 no entra en 8, de modo que el cuarto bit desde la izquierda es un 0.
- g) 8 entra en 8. De modo que el quinto bit desde la izquierda es un 1.
- h)  $8 - 8$  es igual a 0. De modo que, los bits restantes hacia la derecha son todos ceros.

Resultado: Decimal 168 =  $10101000_2$

## SISTEMA HEXADECIMAL

---

El sistema numérico hexadecimal (hex) se usa frecuentemente cuando se trabaja con computadores porque se puede emplear para representar números binarios de manera más legible.

El sistema hex utiliza los 16 dígitos (del 0 al 9 y de la A a la F) y coloca estos dígitos en posiciones que representan potencias de 16.

La conversión de binario a hexadecimal y viceversa no es tan complicada como podría parecer. Cada dígito hexadecimal corresponde a un único número binario de cuatro (4) bits.

Decimal	Binary	Hexadecimal
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

---

Para convertir un número binario a hexadecimal lo único que hay que hacer es dividir el número en grupos de 4 bits y escribir el dígito hexadecimal correspondiente a cada grupo.

Ejemplo:  $0010\ 0001\ 0000\ 0010_2 = 2102_{16}$

Otro ejemplo:  $1001\ 1011\ 0111\ 1111_2 = 9B7F_{16}$

Otra forma de escribir los hexadecimales es usando el prefijo "0x". Por ejemplo: 0x2102 y 0x9B7F.

Para realizar la conversión de números hexadecimales a binarios, simplemente se expande cada dígito hexadecimal a su equivalente binario de cuatro bits.

Ejemplo:  $9B7F_{16} = 1001\ 1011\ 0111\ 1111_2$

---