

## Tipos de direcciones de IP

Una dirección de IP es una dirección lógica de 32 bits de uno de los siguientes tipos:

- **Unicast.** Una dirección de IP unicast se asigna a una única interfaz de red conectada al conjunto de redes de IP. Las direcciones unicast de IP se usan en las comunicaciones uno a uno.
- **Difusión.** Una dirección de difusión de IP se designa para su procesamiento por todos los nodos de IP del mismo segmento de red. Las direcciones de difusión de IP se usan en la comunicación de uno a todos.
- **Multidifusión.** Una dirección de multidifusión de IP es una dirección en la que uno o más nodos pueden estar escuchando en el mismo o distintos segmentos de red. Una dirección de multidifusión de IP se usa en una comunicación de uno a muchos.

## Escribir direcciones de IP

Las direcciones de IP son cantidades de 32 bits que las computadoras saben manipular. Las personas, sin embargo, no piensan en modo binario en los 32 bits a la vez. Como la mayoría de las personas están acostumbradas a usar el sistema decimal (sistema de numeración en base 10) en lugar del binario (sistema de numeración en base 2), es común expresar las direcciones de IP en forma decimal.

La dirección de IP de 32 bits se divide desde el bit de mayor orden hasta el bit de menor orden en cuatro cantidades de 8 bits llamadas bytes. Las direcciones de IP se suelen escribir como cuatro bytes separados en decimal separados por un punto (.). Es lo que se conoce como notación decimal con punto.

Por ejemplo, la dirección de IP:

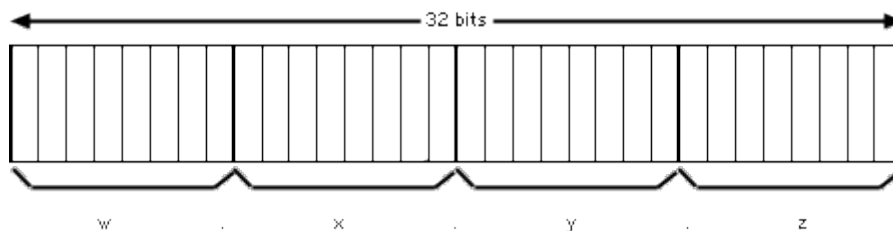
00001010000000011111000101000011

se subdivide en cuatro bytes:

00001010 00000001 11110001 01000011

Cada byte se convierte a números en base 10 y se separan por puntos:

10.1.241.67



Una dirección de IP generalizada se indica como w.x.y.z

## Conversión de binario a decimal

Para convertir un número binario a su equivalente en decimal, sume los números representados en las posiciones de los bits que estén a 1. En la tabla se muestra un número de 8 bits y el valor decimal de cada posición.

7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
128	64	32	16	8	4	2	1

Por ejemplo, el número binario de 8 bits 01000011 es 67 ( $= 64 + 2 + 1$ ). El mayor número que se puede expresar con un número de 8 bits (11111111) es 255 ( $=128+64+32+16+8+4+2+1$ ).

### Conversión de decimal a binario

Para convertir de decimal a binario se analiza el número decimal para ver si contiene las cantidades representadas por las posiciones de los bits desde el bit de mayor orden hasta el bit de menor orden. Empezando desde el bit de mayor orden (128), si cada cantidad existe, se pone a 1 el bit de esa posición. Por ejemplo, el número decimal 211 contiene 128, 64, 16, 2 y 1. Por tanto, 211 es 1010011 en binario.

### Direcciones de IP y cabecera de IP

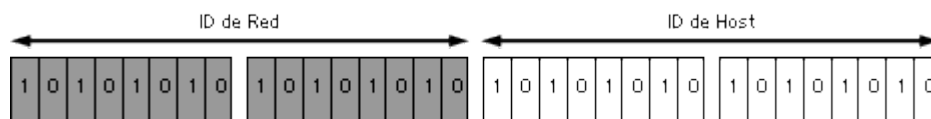
Las direcciones de IP se usan en los campos Dirección de origen y Dirección de destino de la cabecera de IP.

- El campo Dirección de origen de la cabecera de IP es siempre una dirección unicast o la dirección especial 0.0.0.0. La dirección de IP 0.0.0.0 se usa sólo cuando un nodo de IP aún no está configurado con una dirección de IP y está intentando obtenerla mediante un protocolo de configuración como el Protocolo de Configuración Dinámica de Host (DHCP).
- El campo Dirección de destino de la cabecera de IP es siempre una dirección unicast, de multidifusión o de difusión.

### Direcciones IP unicast

Todas las interfaces con TCP/IP activo deben identificarse por una dirección de IP unicast lógica y única. La dirección de IP unicast es una dirección lógica pues es una dirección del Nivel Internet (dirección de IP unicast asignada a un host de una red Ethernet) que no tiene relación directa con la dirección que se utiliza en el Nivel de Interfaz de Red (dirección MAC de 48 bits que usa el adaptador de red Ethernet).

La dirección de IP unicast es una dirección del conjunto de redes para los nodos de IP que constan de un ID de red y un ID de host.



- **El ID de red, o dirección de red**, identifica a todos los nodos ubicados en la misma red lógica. En la mayoría de los casos, una red lógica es la misma que el segmento de red físico cuya frontera está definida por los enrutadores de IP. En algunos casos existen varias redes lógicas en la misma red física, usando una práctica denominada multired (multinetting). Todos los nodos en la misma red lógica comparten el mismo ID de red. Si alguno de los nodos de la misma red lógica no está configurado con el mismo ID de red, ocurrirán problemas de envío o enrutamiento. El ID de red debe ser único para la interred.
- **El ID de host, o dirección de host**, identifica a un nodo dentro de una red. Un nodo es un enrutador o un host, un sistema con una interfaz que no es de un enrutador como una estación de trabajo, un servidor u otro sistema que utilice TCP/IP. El ID de host debe ser único en cada segmento de red.

## Clases de direcciones de IP

Debido a la expansión tan rápida de Internet la estructura de clases diseñada originalmente no permitía un crecimiento apropiado para el tamaño de un conjunto de redes global. Si todavía se estuviesen manejando las direcciones en clases, existirían cientos de miles de rutas en las tablas de enrutamiento de los enrutadores troncales de Internet. Para evitar este problema de escala, el direccionamiento en la Internet moderna es sin clase. Sin embargo, comprender las clases de direcciones de Internet es un elemento importante para comprender el direccionamiento de Internet.

En la RFC 791 se definen las direcciones de IP unicast en términos de clases de direcciones para crear redes bien definidas de distintos tamaños. El objetivo de diseño inicial era crear:

- Un pequeño número de grandes redes con un gran número de nodos.
- Un moderado número de redes de tamaño medio.
- Un gran número de redes pequeñas.

El resultado fue la creación de las clases de direcciones, subdivisiones del espacio de direcciones de 32 bits definido estableciendo los bits de mayor orden y dividiendo el resto de bits en ID de red a ID de host.

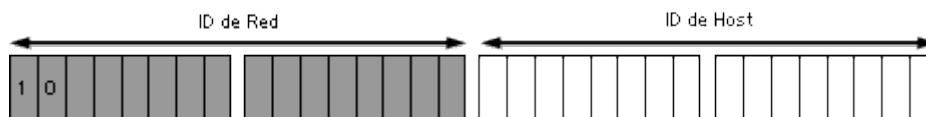
### Direcciones de clase A

Las direcciones de clase A se diseñaron para redes con un gran número de hosts. El bit de mayor orden se establece a 0. Los primeros 8 bits (el primer byte) definen el ID de red; los 24 bits restantes (los tres últimos bytes) definen el ID de host.



### Direcciones de clase B

Las direcciones de clase B se diseñaron para redes de tamaño moderado con un número moderado de hosts. Los dos bits de mayor orden se establecen a 10. Los primeros 16 bits (los dos primeros bytes) definen el ID de red; los 16 bits restantes (los dos últimos bytes) definen el ID de host.



### Direcciones de clase C

Las direcciones de clase C se diseñaron para redes pequeñas con un pequeño número de hosts. Los tres bits de mayor orden se establecen a 110. Los primeros 24 bits (los tres primeros bytes) definen el ID de red; los 8 bits restantes (el último byte) definen el ID de host.



### Clases adicionales de direcciones

Además de las direcciones unicast de clase A, B y C se definen las direcciones de clases D y E.

- **Clase D.** Las direcciones de clase D son direcciones de IP de multidifusión. Los 4 bits de mayor orden se establecen al valor 1110. Los 28 bits restantes se usan para direcciones de IP de multidifusión individuales. Microsoft Windows 2000 admite las direcciones de clase D

para tráfico de multidifusión de IP.

- **Clase E.** Las direcciones de clase E son direcciones experimentales, reservadas para usos futuros. Los 5 bits de mayor orden se establecen al valor 11110. Windows 2000 no admite el uso de direcciones de clase E.

### Reglas para la numeración de ID de red

En la numeración de los ID de red de IP se aplican las siguientes reglas:

- **El ID de red no puede empezar con 127 como primer byte.** Todas las direcciones 127.x.y.z se reservan como direcciones de bucle de retroceso (loopback).
- **No se pueden poner todos los bits del ID de red a 1.** Los ID de red con todos los bits a 1 se reservan para las direcciones de difusión.
- **No se pueden poner todos los bits del ID de red a 0.** Los ID de red con todos los bits a 0 se reservan para indicar un host de la red local.
- **El ID de red debe ser único en el conjunto de redes de IP.**

Los ID de red se expresan estableciendo todos los bits de hosts a 0 y expresando el resultado en notación decimal.

Rangos de las clases de direcciones de ID de red			
Clase de dirección	Primer ID de red	Último ID de red	Número de redes
Clase A	1.0.0.0	126.0.0.0	126
Clase B	128.0.0.0	191.255.0.0	16.384
Clase C	192.0.0.0	223.255.255.0	2.097.152

### Reglas para la numeración de los ID de host

Para la numeración de ID de host de IP se aplican las siguientes reglas:

- **No se puede establecer a 1 todos los bits del ID de host.** Los ID de host con todos los bits a 1 se reservan para direcciones de difusión.
- **No se puede establecer a 0 todos los bits del ID de host.** Los ID de host con todos los bits a 0 se reservan para expresar los ID de red.
- **El ID de host de ser único en la red.**

Rangos de las clases de direcciones de ID de host			
Clase de dirección	Primer ID de host	Último ID de host	Número de host
Clase A	w.0.0.1	w.255.255.254	16.777.214
Clase B	w.x.0.1	w.x.255.254	65.534
Clase C	w.x.y.1	w.x.y.254	254

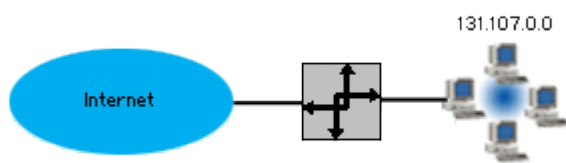
## Subredes y máscaras de subred

La creación de subredes se diseña para hacer un uso más eficiente de un espacio de direcciones fijo. Un espacio de direcciones fijo es un ID de red de IP. Los bits de red son fijos y los bits de host son variables. Originalmente, los bits de host se diseñaron para indicar ID de host dentro de un ID de red de IP. Con la creación de subredes, los bits de ID de host se pueden utilizar para expresar una combinación de un ID de subred y un ID de host dentro de la subred y, por tanto, un mejor uso de los bits de host.

Considere una red de clase B con 65.534 hosts posibles. Un segmento de red de 65.534 hosts es técnicamente posible pero impracticable debido a la acumulación de tráfico de difusión. Todos los nodos del mismo segmento físico de red pertenecen al mismo dominio de difusión y comparten el mismo tráfico de difusión. Como 65.534 hosts compartiendo el mismo tráfico de difusión no es una configuración práctica, la mayoría de los ID de host no son utilizables.

Para crear dominios más pequeños de difusión y hacer un mejor uso de los bits de hosts, en la RFC 950 se define un método para subdividir un ID de red en subdominios, subredes de la red de clase original, usando bits de la parte de ID de host del ID de red de IP original. A cada subred se le asigna un nuevo ID de red de la subred. Los hosts en las subredes tienen su ID de host con el resto de bits del ID de subred.

Aunque la RFC 950 trata la creación de subredes en términos de ID de red de clase, la creación de subredes es una técnica general que se puede usar con ID de red sin clase o usar recursivamente para ID de subred.

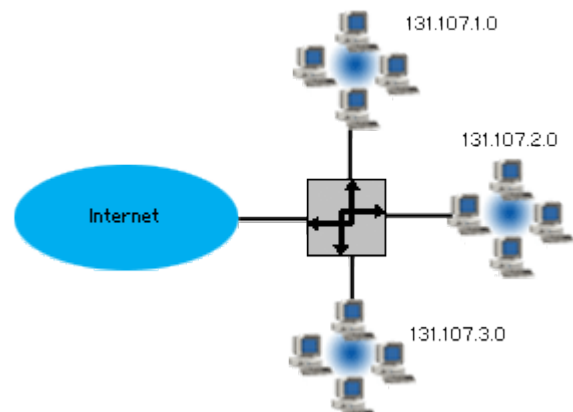


La creación apropiada de subredes a partir del ID de red es transparente para el resto del conjunto de redes de IP. Por ejemplo, considere el ID de red de clase B 131.107.0.0 conectada a Internet. El ID de red de clase se obtuvo de InterNIC y es un espacio fijo de direcciones. Como este ID de red resulta un dominio de difusión impracticable, se divide en subredes. Sin embargo, para la creación de subredes de 131.107.0.0 no se debería requerir ninguna reconfiguración de los enrutadores de Internet.

Sin embargo, para la creación de subredes de 131.107.0.0 no se debería requerir ninguna reconfiguración de los enrutadores de Internet.

A partir de un análisis del tráfico de difusión se determine que no debería haber más de 250 nodos en cada dominio de difusión. Por tanto, el ID de red 131.107.0.0 se subdivide como en direcciones de clase C usando los primeros 8 bits de mayor orden de host (el tercer byte representado por y) como ID de subred. Tras crear las subredes, los primeros tres bytes se consideran el ID de red. Los nuevos ID de red son 131.107.1.0, 131.107.2.0 y 131.107.3.0.

El enrutador de IP conectado a Internet tiene una interfaz con cada una de las subredes y es consciente del nuevo esquema de subredes. El enrutador de IP reenvía los datagramas de IP desde Internet hasta el host de la subred apropiada. Los enrutadores de Internet no conocen las subredes de 131.107.0.0. Siguen considerando todas las direcciones del rango 131.107.0.0 a 131.107.255.255 como alcanzables a través de la interfaz de Internet el enrutador de IP.



### **Máscara de subred**

Con la creación de subredes, un host o un enrutador ya no puede suponer el ID de red y el ID de host de la clases de direcciones de IP. Los nodos necesitan una configuración adicional para

distinguir la parte de ID de red de la parte de ID de host de una dirección de IP, ya sea el ID de red de clase, sin clase, o un ID de subred.

La RFC 950 define el uso de una máscara de bits para identificar qué bits de una dirección de IP pertenecen a un ID de red y cuáles pertenecen al ID de host. Esta máscara de bits, llamada máscara de subred o máscara de dirección, se define de la siguiente forma:

- Si la posición del bit se corresponde a un bit en el ID de red, se pone este bit a 1.
- Si la posición del bit se corresponde a un bit en el ID de host, se pone este bit a 0.

Desde la publicación de la RFC 950, los nodos de TCP/IP requieren para su configuración una máscara de subred para cada dirección de IP, aunque se use direccionamiento de clase. La máscara de subred por defecto se corresponde con el ID de red con clase. Una máscara de subred personalizada se corresponde o con un ID de red sin clase o con un ID de red de subred. La máscara de subred es la pieza clave de configuración que permite a un nodo determinar su propio ID de red.

### **Máscaras de subred en representación decimal con puntos**

Frecuentemente, la máscara de subred se expresa en notación decimal con puntos. Aunque se expresa de la misma forma que una dirección de IP, la máscara de subred no es una dirección de IP. Un ejemplo de máscaras de subred en notación decimal con puntos son las máscaras de direcciones de IP con clase predeterminadas.

Se usa una máscara de red personalizada cuando se realiza un direccionamiento que no pertenece a ninguna clase. En el ejemplo anterior, el ID de red de clase 131.107.0.0 se subdivide usando el tercer byte para las subredes. El ID de subred 131.107.1.0 ya no usa la máscara de red por defecto 255.255.0.0. Para expresar que el tercer byte forma parte del ID de red, la máscara de subred personalizada que se usa es 255.255.255.0.

El ID de subred y su correspondiente máscara de subred se expresan en notación decimal con puntos como 131.107.1.0, 255.255.255.0.

Pulsa el enlace para ver el cuadro [Notación decimal con puntos para máscaras de subred por defecto](#)

### **Representación del tamaño del prefijo de red de las máscaras de red**

Aunque es técnicamente posible crear subredes a partir de un ID de red de IP eligiendo bits de host de manera no contigua, resulta impracticable y matemáticamente un desafío enumerar los ID de las subredes y los ID de host de cada subred. Por esta razón, las subredes se deben crear eligiendo bits de host de forma contigua desde el bit de host de mayor orden.

Como los bits del ID de red siempre son contiguos desde el bit de mayor orden, una forma más sencilla y compacta de expresar la máscara de subred es indicar el número de bits del ID de red usando la notación prefijo de red, o la notación de enrutamiento entre dominios sin clase. La notación de prefijo de red ve la red en términos de un prefijo, el ID de red, y un sufijo, el ID de host. La notación prefijo de red es:

#### [/# de bits en el ID de red](#)

La notación de prefijo de red se usa habitualmente en las implementaciones de TCP/IP distintas de Windows 2000, y es una notación importante teniendo en cuenta IP versión 6(IPv6).

En el ejemplo anterior, el ID de red con clase 131.107.0.0, con la máscara de subred 255.255.0.0, se expresa en la notación prefijo de red como 131.107.0.0/16. Si 131.107.0.0 se subdividiese usando el tercer byte para expresar las subredes, se utilizarían un total de 24 bits contiguos para el ID de subred. El ID de red de la subred 131.107.1.0 y su correspondiente máscara de subred se expresarían en la notación prefijo de red como 131.107.1.0/24.

## Cómo expresar el ID de red

Un ID de red se define por los bits fijos del ID de red y la máscara de subred. Por tanto, los ID de red siempre se deben expresar mediante la combinación de un ID de red y una máscara de red. Expresar un ID de red sin su máscara de red es ambiguo. Por ejemplo, para el ID de red 10.16.0.0, ¿cuántos bits se utilizan para el ID de red?, ¿los primeros 16?, ¿los primeros 24?, ¿los primeros 12?

Los siguientes son ejemplos de ID de red expresados apropiadamente:

- 192.168.45.0, 255.255.255.0
- 10.99.0.0/16

Todos los hosts de la misma red lógica deben usar los mismos bits del ID de red y la misma máscara de subred. Por ejemplo, 131.107.0.0/16 no es lo mismo que 131.107.0.0/24. Para el ID de red 131.107.0.0/16, las direcciones de IP que se pueden utilizar van desde la 131.107.0.1 hasta la 131.107.255.254. Para el ID de red 131.107.0.0/24, las direcciones de IP que se pueden utilizar van desde la 131.107.0.1 hasta la 131.107.0.254. Claramente, 131.107.0.0/16 y 131.107.0.0/24 no representan al mismo grupo de hosts.

## Determinación del ID de red

Los ID de red con clase y los ID de red de subred coincidían con la frontera de un byte donde resultaba sencillo determinar la parte del ID de red y del ID de host de la dirección de IP. Sin embargo, en el mundo real de las subredes no siempre se utilizan bytes completos. Por ejemplo, algún administrador de red podría llegar a la conclusión de que para determinada situación sólo se necesitan tres bits para la creación de subredes.

Como se pueden crear subredes fuera de un byte completo, debe haber un método para determinar el ID de red a partir de una dirección de IP con una máscara de red arbitraria. IP usa un método llamado AND lógico de bits para extraer el ID de red.

Recuerde cómo se define una máscara de subred: un 1 para indicar un bit del ID de red y un 0 para indicar un bit del ID de host. En una comparación con un AND lógico, el resultado es 1 cuando el valor de los dos bits que se comparan es 1. Si no, el resultado es 0. Esta comparación se realice para los 32 bits de la dirección de IP y la máscara de subred. El resultado del AND lógico de bits de la dirección de IP y la máscara de red es el ID de red.

La comparación de la dirección de IP 131.107.164.26 con una máscara de 255.255.240.0, se realizaría de la siguiente forma: para obtener el resultado en binario, se convierten a binario tanto la dirección de IP como la máscara de subred. A continuación se realiza la comparación AND lógico para cada bit.

<b>Dirección de IP</b>	10000011	01101011	10100100	00011010
<b>Máscara de subred</b>	11111111	11111111	11110000	00000000
<b>ID de red</b>	10000011	01101011	10100000	00000000

El resultado del AND lógico de bits de los 32 bits de la dirección de IP y la máscara de subred es el ID de red 131.107.160.0 con una máscara de subred de 255.255.240.0.

Tenga en cuenta que:

- Los bits de la parte del ID de red de la dirección de IP se copian directamente en el resultado. Un valor de 1 en la parte del ID de red de la dirección de IP se convierte en un 1 en el resultado. Un valor de 0 en la parte del ID de red de la dirección de IP se convierte en un 0 en el resultado.
- Todos los bits en la parte del ID de host de la dirección de IP se convierten en 0. Como la

máscara de subred usa un 0 para las posiciones de los bits del ID de host, las comparaciones con AND lógico siempre devuelven un 0.

Por tanto, los bits del ID de red se copian y los bits del ID de host se ponen a 0. El resultado tiene que ser el ID de red.

### Cómo crear subredes

El acto de dividir un ID de red en subredes es un procedimiento relativamente complejo; aunque existen numerosas calculadoras de subredes disponibles, la capacidad de crear subredes es una habilidad vital para cualquier administrador de una red TCP/IP.

La creación de subredes se lleva a cabo en dos pasos básicos:

1. Según los requisitos de diseño, se decide cuántos bits de host se necesitan para un equilibrio apropiado entre el número de subredes y el número de hosts por subred.
2. De acuerdo al número de bits de host elegido se enumeran los ID de red de las subredes, incluyendo los rangos de direcciones de IP utilizables para cada nueva subred. El mecanismo real para definir los ID de las subredes se puede realizar en binario o en decimal.

Existen dos métodos para el segundo paso de la creación de subredes, la enumeración de los ID de las nuevas subredes:

- **Método binario**, en el que se manipulan los bits individuales de los ID de red de las subredes y se convierten a la notación decimal con puntos, pero no escala bien para gran número de subredes.
- **Método decimal**, en el que los ID de subred se derivan de cálculos con números decimales, escala bien para gran número de subredes y se traslada fácilmente para su programación o uso en hojas de cálculo.

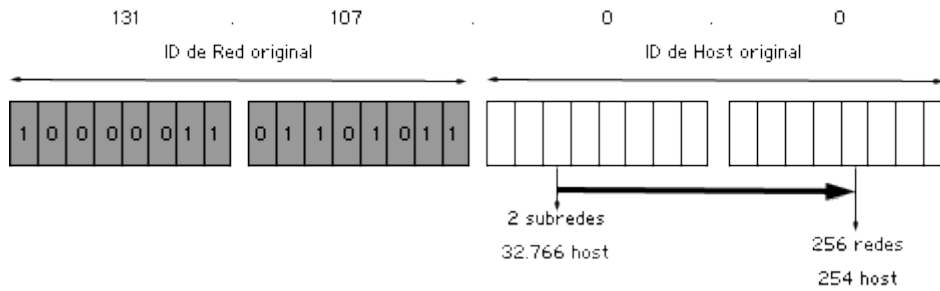
#### **Paso 1: Determinación del número de bits para el host**

Para determinar el número de bits que se requieren para el host para crear las subredes, realice un análisis de la red. Se debería determinar:

- **El número de subredes necesarias en este momento y en el futuro.** Asegúrese de que tiene en cuenta la expansión. Crear subredes de una red existente significa reasignar las direcciones de IP a las interfaces de IP. Aunque DHCP puede ayudar a ello, los enrutadores y otro tipo de host con direcciones fijas pueden necesitar una configuración manual.
- **El máximo número de hosts que se desean en cada subred.** Este número dependerá de cuantos hosts se desee que compartan el tráfico de difusión. En la mayoría de los casos, cuando se elige entre más subredes o más hosts por subred, la elección práctica es elegir más subredes.

Existe una relación inversa entre el número de subredes y el número de hosts por subred que se puede obtener de un esquema de creación de subredes dado. Cuando se reservan más bits del hosts el número de subredes crece, pero el número de host por subred decrece en un factor de 2.





Si se reserva un bit del host para las subredes del ID de red de clase B 131.107.0.0, se puede disponer de dos subredes con 32.766 hosts por subred. Si se reservan 8 bits del host, se puede disponer de 256 subredes con 254 hosts por subred.

Determine cuántas subredes necesita y planifique el crecimiento estimado, es decir, cuántas se necesitarán en los próximos cinco años. Cada segmento físico de red es una subred. Las conexiones de red de área extensa (WAN) punto a punto como las líneas alquiladas pueden necesitar ID de subred, a no ser que los enrutadores admitan conexiones sin numerar. Las tecnologías WAN de acceso múltiple sin difusión como Frame Relay necesitan ID de subred. Use bits adicionales de host si los bits de host restantes pueden expresar más hosts por subred de los que se necesitan.

La creación de subredes siempre empieza con un espacio de direcciones fijo en la forma de un ID de red. El ID de red a dividir puede ser un ID de red con clase, un ID de red sin clase (como el asignado usando CIDR), o un ID de red previamente dividido en subredes o sin clase. El espacio de direcciones fijo consta de una secuencia de bits fija (los bits del ID de red) y una secuencia de bits variable (los bits del ID de host).

De acuerdo con el análisis de número deseable de subredes y del número de hosts por subred, un determinado número de bits de host de mayor orden se convierte de bits de host en bits de subred. La combinación de los bits del ID de red original y los bits de host convertidos se convierte en el nuevo ID de red de la subred.

Una vez determinado cuántos bits del host se necesitan, se determina la nueva máscara de subred para el ID de red de las subredes.

Pulsa los siguientes enlaces para ver las tablas de [Creación de subredes con un ID de red de clase A](#), [Creación de subredes con un ID de red de Clase B](#), [Creación de subredes con un ID de red de clase C](#).

**Paso 2: Definición de los ID de red de las subredes (método binario)**

La siguiente técnica describe cómo crear subredes de un ID de red arbitrario en subredes de manera que se obtenga tanto los ID de redes de las subredes como sus correspondientes rangos válidos de direcciones de IP usando el análisis binario. Aunque existen otras técnicas que podrían parecer más sencillas, normalmente tienen limitaciones de uso. Esta técnica funciona para cualquier situación de creación de subredes.

**Paso 2a: Enumeración de los ID de red de las subredes (binario)**

Cree una tabla con  $2^n$  filas donde n es el número de bits de host reservados para crear las subredes. La columna uno se usa para los números de subred. La columna dos es para la representación binaria de los ID de red de las subredes. La columna tres es para la representación decimal con puntos de los ID de red de las subredes.

Para la representación binaria de cada entrada de la tabla se establecen los bits del ID de red original a sus valores originales. Los bits de host seleccionados para crear las subredes, a partir de este punto

los bits de subred, se asignan para ir variando por todos sus valores posibles, y el resto de los bits de host se establecen a 0.

La primera entrada de la tabla es la subred, definida con todos los bits de subred a 0, también se le denomina subred todos ceros (all-zeros subnet). El resultado se convierte a la notación decimal con puntos. Este ID de red de la subred no parece distinta del ID de red original; pero recuerde que un ID de red es la combinación de la notación decimal con puntos y la máscara de red. Con la nueva máscara de red, este ID de red de la subred es claramente distinto del original.

En las siguientes entradas se van utilizando los distintos bits de subred para los distintos números binarios. Se va incrementando el valor en los bits de la subred y se convierte el resultado de los 32 bits al ID de red de la subred en notación decimal con puntos.

- Como ejemplo de esta técnica, se crea una [subred a partir del ID de red de clase B 131.107.0.0 usando 3 bits del ID de host](#). La nueva máscara de red para los ID de red de las subredes es 255.255.224.0 ó /19. Teniendo en cuenta que se usan tres bits de host, se crea una tabla con ocho entradas ( $8 = 2^3$ ). La primera entrada es la subred de todos ceros. Las entradas adicionales se crean incrementando el número binario que representan los bits de subred (subrayados).

#### **Paso 2b: Enumeración de los rangos de direcciones de IP para cada ID de red de las subredes (binario)**

Para cada ID de subred se puede determinar el rango de direcciones de IP válidas.

1. Cree una tabla con tres columnas con  $2^n$  entradas donde n es el número de bits reservados para el host al crear las subredes. La columna uno se usa para el número de subred. La columna dos es para la representación binaria de la primera y la última dirección de IP en el rango. La columna tres es para la representación decimal con puntos de la primera y la última dirección de IP en el rango. Adicionalmente, puede extender la tabla para enumerar los ID de red de las subredes añadiendo dos columnas.
2. Exprese la primera y la última dirección de IP en el rango en binario. La primera dirección se define estableciendo todos los bits restantes para el host a 0, excepto el último bit. La última dirección de IP se define estableciendo todos los bits restantes para el host a 1, excepto el último bit.
3. Convierta la representación binaria de la primera y la última dirección de IP a la notación decimal con punto.
4. Repita los pasos 2 y 3 hasta que se complete la tabla.

[Para ver la el resultado pulsa este enlace](#)

#### **Paso 2: Definición de los ID de red de las subredes (método decimal)**

La técnica anterior describe un método para crear las subredes usando binario. Aunque este método funciona para cualquier esquema de subred válido, no escala bien. Por ejemplo, si desea realizar subredes de 10 bits, debería crear una tabla con 1.024 entradas. Aunque los programadores son adeptos de la manipulación en binario y podrían crear un programa para automatizar este proceso, a los no programadores les resulta más sencillo manejar los números en decimal. Por tanto, la siguiente técnica trata los ID de red de 32 bits y las direcciones de IP como un único número decimal para enumerar los ID de red de las subredes y sus correspondientes rangos de direcciones de IP. Cualquiera de las dos técnicas, decimal o binaria, consigue los mismos resultados.

#### **Paso 2a: Enumeración de los ID de red de las subredes (decimal)**

1. Cree una tabla de tres columnas con  $2^n$  entradas donde n es el número de bits reservados para el host al crear las subredes. La columna uno se usa para los números de subred. La

columna dos para la representación decimal de los ID de red de las subredes. La columna tres es para la representación decimal con puntos de los ID de red de las subredes.

2. Convierta el ID de red original de su notación decimal con punto (w.x.y.z) a N, su representación decimal.

$$N = w * 16777216 + x * 65536 + y * 256 + z$$

3. Calcule I, el valor de incremento, de acuerdo con la h, el número de bits para el host.

$$I = 2^h$$

4. Para la primera entrada de la tabla, la subred de todos ceros, la representación decimal del ID de red de la subred es N, y el ID de red de la subred es w.x.y.z, con su nueva máscara de subred.

5. Para la representación decimal de la siguiente entrada de la tabla, añada el incremento 1 a la entrada anterior.

6. Convierta la representación decimal del ID de red de la subred a la notación decimal con puntos (W.X.Y.Z) usando las siguientes fórmulas, donde s es la representación decimal del ID de red de la subred:

$$\begin{aligned} W &= \text{INT} \left( \frac{s}{16777216} \right) \\ X &= \text{INT} \left( \frac{(s \bmod 16777216)}{65536} \right) \\ Y &= \text{INT} \left( \frac{(s \bmod 65536)}{256} \right) \\ Z &= s \bmod 256 \end{aligned}$$

INT ( ) significa la división entera y su resultado es un número entero. Mod significa el operador módulo y su resultado es el resto de la división entera.

7. Repita los pasos 5 y 6 hasta que se termine la tabla.

Para comparar ambas técnicas y verificar que se obtiene el mismo resultado, a continuación se presenta la [creación de subredes de 3 bits a partir de 131.107.0.0 con el método decimal](#).

Para n = 3 se crea una tabla con ocho entradas. La entrada para la subred 1 es la subred todos ceros. N, la representación decimal de 131.107.0.0, es 2204827648 (131\*16777216 + 107\*65536). Como existen 13 bits para la parte del host, el valor del incremento 1 es 2<sup>23</sup> ó 8.192. Las entradas 2 a la 8 de la tabla se van incrementado en 8.192.

### Paso 2b: Enumeración de los rangos de las direcciones de IP para cada ID de red de las subredes (decimal)

Para cada ID de red de la subred hay que determinar el rango de direcciones de IP válidas.

1. Cree una tabla de tres columnas con 2<sup>n</sup> entradas donde n es el número de bits reservados para el host al crear las subredes. La columna uno se usa para el número de subred. La columna dos es para la representación decimal de la primera y la última dirección de IP en el tango. La columna tres es para la representación decimal con puntos de la primera y la última dirección de IP en el tango. Adicionalmente, se podría extender la tabla para enumerar los ID de red de las subredes añadiendo dos columnas.

2. Calcule el valor del incremento J para h, el número de bits que se utilizan para el host.  
J=2<sup>h</sup>-2

3. La representación decimal de la primera dirección de IP es N + 1, donde N es la representación decimal del ID de red de la subred. La representación decimal de la última dirección de IP es N + J.

4. Convierta la representación decimal de la primera y última dirección de IP a la notación decimal con puntos (W.X.Y.Z) usando las siguientes fórmulas (donde s es la representación decimal de la primera y la última dirección de IP):  
W = INT (s/16777216)

$$\begin{aligned}
 X &= \text{INT} \left( \left( \left( s \text{ mod } 16777216 \right) / 65536 \right) \right) \\
 Y &= \text{INT} \left( \left( \left( s \text{ mod } 65536 \right) / 256 \right) \right) \\
 Z &= s \text{ mod } 256
 \end{aligned}$$

INT () significa la división entera y su resultado es un número entero. Mod significa el operador módulo y su resultado es el resto de la división entera.

5. Repita los pasos 3 y 4 hasta que se complete la tabla.

Para continuar con el ejemplo se [enumerarán los rangos de direcciones de IP válidas para las subredes de 3 bits de la dirección 131.107.0.0](#). Se calcula el valor del incremento  $J = 2^{13} - 2 = 8.190$ .

### Subredes todos ceros y todos unos

En los ejemplos anteriores se usaban subredes donde todos los bits de host estaban a 0, la subred todos ceros, y la subred donde todos los bits de host estaban a 1, subred todos unos. El uso de estas subredes es controvertido.

Originalmente, en la RFC 950 se prohibía el uso de estas subredes como subredes válidas porque:

- La subred todos ceros ocasionaba problemas a los primeros protocolos de enrutamiento pues no utilizaban máscara de subred para distinguir el ID de red. Por tanto, para el enrutador 131.107.0.0/16 era la misma red que 131.107.0.0/19.
- La dirección de difusión de subred para la subred todo unos usa la misma dirección de subred como una dirección especial de difusión, llamada dirección de difusión directa a todas las subredes (all-subnets-directed broadcast address). Cualquier datagrama de IP para difusión directa a todas las subredes se ha diseñado para que los enrutadores lo reenvíen a todas las subredes con ID de red con clase.

La restricción para el uso de las subredes todos ceros y todos unos es parte del legado de las redes con clase. El resultado de esta restricción es que parte sustancial del espacio de direcciones fijas no se puede usar y se desperdicia. Por ejemplo, cuando se realiza la creación de subredes de 3 bits de 131.107.0.0 y se excluyen las subredes de todos ceros y todos unos, sólo se dispone de seis subredes. El rango de direcciones de IP disponibles, 131.107.0.1 a 131.107.31.254 para la subred todos ceros, y el rango, 131.107.224.1 a 131.107.255.254 para la subred todos unos, no se puede usar.

En este momento la RFC 1812 permite usar las subredes todos ceros y todos unos en entornos sin clase.

- Los entornos sin clase usan protocolos de enrutamiento que advierten de la máscara de subred junto con el ID de red. Por tanto, se puede distinguir entre 131.107.0.0/16 y 131.107.0.0/19.
- La difusión directa a todas las subredes no tienen ningún sentido en entornos sin clase.

Aunque la RFC 1812 permita el uso de estas subredes especiales, no existe garantía de que todos los enrutadores y hosts las admitan. Para los enrutadores es una configuración por defecto común que no admitan una o la otra de las subredes y debe configurarse para que las admitan. Los hosts y enrutadores con Microsoft Windows 2000 admiten el uso de subredes todos ceros y todos unos sin ninguna configuración adicional.

### Creación de subredes de tamaño variable

Las subredes creadas con 3 bits a partir del ID de red de clase 131.107.0.0/16 generaban ocho subredes de igual tamaño, cada una con 8.190 direcciones de IP posibles. Sin embargo, en el mundo real, los segmentos de red no son todos del mismo tamaño. Algunos segmentos de red requieren

más direcciones de IP que otros. Por ejemplo, un segmento de red con muchos hosts requiere más direcciones de IP que un segmento de red troncal que sólo contiene unos pocos enrutadores. Y las conexiones WAN punto a punto sólo requieren dos direcciones de IP.

Si se crean subredes del mismo tamaño, se han de crear teniendo en cuenta el segmento de red que requiera el mayor número de hosts. El resto de segmentos tendrá el mismo número de direcciones de IP, algunas de las cuales no se asignarán o serán no utilizables.

Para maximizar el uso de un espacio de direcciones fijo se aplica recursivamente la técnica de creación de subredes para producir subredes de distinto tamaño derivadas del ID de red original. Es lo que se conoce como creación de subredes de tamaño variable. Las distintas subredes de distinto tamaño tienen máscaras de subred distintas, o máscaras de subred de tamaño variable, VLSM (Variable-Length Subnet Masks).

Como todas las subredes derivan del mismo ID de red, si las subredes son contiguas, los enrutadores de todas las subredes pueden agruparlas publicando el ID de red original. Subredes contiguas son las subredes del mismo ID de red que están conectadas unas con otras.

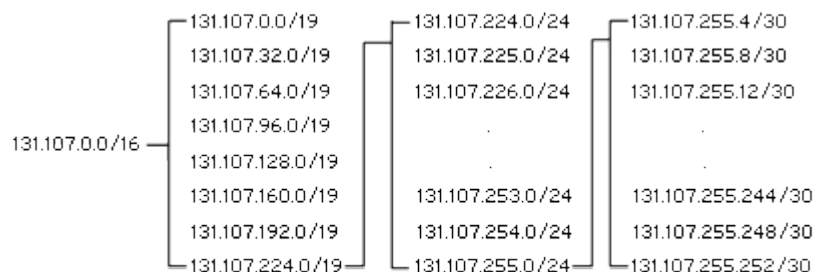
Cuando se realiza la creación de subredes de tamaño variable hay que tener cuidado de que cada subred sea única, y que junto con su máscara de subred se pueda distinguir del resto de subredes del ID de red original. La creación de subredes de tamaño variable requiere un cuidadoso análisis de los segmentos de red para determinar cuántas redes de cada tamaño se necesitan. Después se empieza con el ID de red y se van realizando la creación de subredes tantas veces como sea necesario para expresar tantas subredes como se desee de los tamaños apropiados.

#### Ejemplo de creación de subredes de tamaño variable

[Ahora creamos subredes a partir del ID de red de clase 131.107.0.0/16.](#) Tras crear subredes de 3 bits se dividen las direcciones restantes de forma que:

- La mitad de las direcciones se reservan para futuros usos.
- Se reservan tres subredes con hasta 8.190 direcciones de IP.
- Se asignan 31 subredes con hasta 254 direcciones de IP.
- Se crean 64 subredes con sólo 2 direcciones de IP.
- **Reserva de la mitad de las direcciones de IP para futuros usos.** Para reservar la mitad de las direcciones para futuros usos se seleccionan las cuatro primeras subredes (131.107.0.0/19, 131.107.32.0/19, 131.107.64.0/19, 131.107.96.0/19).

• **Obtención de tres subredes con hasta 8.190 direcciones de IP.** Para obtener tres subredes con hasta 8.190 direcciones de IP para cada subred se eligen las siguientes tres subredes (131.107.128.0/19, 131.107.160.0/19, 131.107.192.0/19). Cada subred tiene 13 bits para el host, lo que hace un total de 8.190 direcciones de IP para cada subred.



Creación de Subredes de tamaño variable a partir de 131.107.0.0/16 en subredes de distinto tamaño

- **Obtención de 31 subredes con hasta 254 direcciones de IP.** Para obtener 31 subredes, cada una con hasta 254 direcciones de IP, se realiza una creación de subredes de 5 bits a partir de 131.107.224.0/19. El resultado es de 32 subredes (131.107.224.0/24,

131.107.225.0/24, 131.107.226.0/24 . . . 131.107.253.0/24, 131.107.254.0/24, 131.107.255.0/24). Para cumplir con los requisitos se eligen las primeras 31 subredes (131.107.224.0/24 a 131.107.254.0/24).

- **Obtención de 64 subredes con sólo 2 direcciones de IP.** Para obtener 64 subredes con sólo 2 direcciones de IP se realiza una creación de subredes a partir de 131.107.255.0/24. El resultado es de 64 subredes (131.107.255.4/30, 131.107.255.8/30, 131.107.255.12/30 ... 131.107.255.244/30, 131.107.255.248/30, 131.107.255.252/30).

### **Subredes de tamaño variable y enrutamiento**

Las subredes de tamaño variable requieren que los protocolo de enrutamiento publiquen las máscaras de subred junto con los ID de red. El Protocolo de información de enrutamiento (RIP) versión 2, el Protocolo el primer camino más corto abierto (OSPF) y el Protocolo de pasarela exterior (BGP) versión 4 admiten entornos de subredes de tamaño variable. RIP versión 1 no los admite.

### **Superredes y enrutamiento entre dominios sin clase (CIDR)**

Debido al súbito crecimiento de Internet a partir de un conjunto de instituciones educativas y agencias del gobierno a un conjunto de redes orientadas al negocio, se puso un gran estrés en el espacio de direcciones de IP. La asignación de ID de red de clase a organizaciones significaría un agotamiento inútil del espacio de direcciones de Internet.

Por ejemplo, un gran número de organizaciones en el mundo necesita más de 254 direcciones de IP. Por tanto, un ID de red de clase C es insuficiente. Un único ID de red de clase B, sin embargo, proporciona suficientes direcciones de IP y suficientes bits de host para implantar la creación de subredes dentro de la red interna de una organización. Aunque resulta apropiado para la organización, es contraproducente para el espacio de direcciones de IP de Internet. Considere una pequeña organización que necesite sólo 4.000 direcciones de IP. Al asignarle una red de clase B con 65.534 direcciones de IP posibles significa que no se asignan y se desperdician 61.534 direcciones de IP.

En este momento, en lugar de un ID de red de clase B, InterNIC asigna un rango de ID de red de clase C. Por ejemplo, InterNIC asigna 16 ID de red de clase C a una organización que necesite 4.000 direcciones de IP. Cada ID de red de clase C permite 254 direcciones de IP. Por tanto, con 16 ID de red de clase C se puede disponer de 4.064 direcciones de IP.

Esta técnica minimiza el desperdicio de direcciones de IP de Internet. Sin embargo, genera un nuevo problema. Si se asigna un único ID de red de clase B, este único ID de red de clase B es una única ruta en las tablas de enrutamiento de los enrutadores troncales de Internet. Si se asignan ID de red de clase C, 16 ID de red de clase C se convierten en 16 rutas en las tablas de enrutamiento de los enrutadores troncales de Internet.

Extendiendo este ejemplo a sus límites, existen unos dos millones de ID de clase C. Tras asignarlos todos, es posible tener unos dos millones de rutas en las tablas de enrutamiento de los enrutadores troncales de Internet. Incluso con la tecnología actual, resulta complicado construir un enrutador de IP que pueda tener una tabla de enrutamiento de millones de entradas y reenviar los datagramas de IP a velocidades de megabits o gigabits por segundo.

Para prevenir que este problema de escala colapse los enrutadores de Internet, se utiliza una técnica de agregación de rutas para expresar un rango de ID de red de clase C como una única ruta. Esta técnica se denomina CIDR (Classless Inter-Domain Routing), que es el método de asignación de direcciones que usa la moderna Internet. Con CIDR se resuelve el problema de escalado minimizando el número total de rutas que se deben almacenar en las tablas de enrutamiento de los enrutadores de Internet.

CIDR usa una máscara de subred de superred para expresar el rango de ID red de clase C. Una máscara de subred de superred es menos específica o contiene menos bits para el ID de red que una máscara de subred sin clase.

En contraste una máscara de subred de superred es más específica, o contiene más bits para el ID de red que una máscara de subred de clase.

### Asignación de CIDR

El método CIDR para la asignación de direcciones se puede ver desde dos puntos de vista distintos:

1. Un rango de ID de red de clase C.
2. Un espacio de direcciones en el que varias redes con clase se combinan en una única red sin clase.

La última perspectiva es la más apropiada en la Internet actual y para el futuro IP versión 6 (IPv6).

#### Un rango de ID de red de clase C

Visto como un rango de ID de red de clase C, los requisitos se basan en el número de segmentos de red de clase C que necesita la organización. Se pueden expresar los siguientes requisitos para un rango de ID de red de clase C como una única ruta usando un ID de red y una máscara de subred:

- Los ID de red de clase C deben ser consecutivos.
- El número de ID de red de clase C asignados debe ser una potencia de 2.

Por ejemplo, si listamos el rango, o bloque, de 8 ID de red de clase C, empezando con el ID de red 223.1.184.0.

ID de red inicial 223.1.184.0 11011111.00000001.10111000.00000000

ID de red final 223.1.191.0 11011111.00000001.10111111.00000000

Tenga en cuenta que los primeros 21 bits (aparecen subrayados) de los ID de red de clase C son los mismos. Los tres últimos bits del tercer byte varían por todos los valores posibles desde 000 hasta 111. Estos ID de red de clase C se pueden agregar usando un ID de red y una máscara de subred.

Un bloque de ID de red basadas en clase, como se han asignado en este ejemplo, se conoce como un bloque CIDR.

La lista del número de ID de red de clase C y las máscaras de subred de superred para un número requerido de hosts, es:

#### Bloque agregado de ID de red de clase C

ID de red	223.1.184.0
Máscara de subred (binario)	11111111 11111111 11111000 00000000
Máscara de subred	255.255.248.0
Prefijo de red	/21

#### Espacio de direcciones

Desde el punto de vista de un espacio de direcciones, los bloques CIDR ya no se ven como un rango de ID de red de clase C. Aunque el bloque CIDR se obtenga a partir de un rango de ID de red de clase C, no representa necesariamente un rango de ID de red de clase C. Al ver el bloque CIDR como un rango de ID de red de clase C implica que se asignará cada uno de los ID de red de clase C



del bloque a cada una de las redes internas.

En realidad, normalmente se desea asignar ID de red de distintos tamaños a las redes de la intranet siguiendo un esquema de creación de subredes de tamaño variable. Entonces el requisito se basa en el número de direcciones de IP necesarias, en lugar del número de redes de clase C de la organización.

Por ejemplo, para asignar 4.000 direcciones de IP a una organización, se determina el número de bits necesarios para expresar 4.000 direcciones de IP. Usando potencias de 2 se ve que se necesitan 12 bits para 4.094 direcciones de IP. Por tanto, se usarán 12 bits para la parte de ID de host y 20 bits para la parte de ID de red. La máscara de subred indica 20 bits del ID de red. A partir de una porción sin asignar del espacio de direcciones de IP, InterNIC asigna a la organización el espacio de direcciones de la red 223.1.176.0 con la máscara de subred 255.255.240.0 (o 223.1.176.0/20).

El espacio de direcciones asignado permite la asignación del rango de direcciones de IP desde 223.1.176.1 hasta 223.1.191.254. Sin embargo, es muy improbable que la organización usa las 4.094 direcciones de IP en el mismo segmento de red. En su lugar, la organización creará subredes de tamaño variable y los 10 bits de host para crear una serie de subredes que contengan el número apropiado de subredes con el tamaño apropiado.

Con CIDR, los ID de red de IP pierden su herencia de pertenecer a una clase y se convierten en un espacio de direcciones con ciertos bits fijos, los bits del ID de red, y ciertos bits variables, los bits del ID de host. Con las técnicas de creación de subredes de tamaño variable, las necesidades de la organización determinan cómo utilizar mejor los bits de host.

<b>Las ocho subredes de la creación de subredes con 3 bits a partir de 131.107.0.0/16</b>	
<b>Subred</b>	<b>ID de red de la subred</b>
1	131.107.0.0/19
2	131.107.32.0/19
3	131.107.64.0/19
4	131.107.96.0/19
5	131.107.128.0/19
6	131.107.160.0/19
7	131.107.192.0/19
8	131.107.224.0/19

### **CIDR y enrutamiento**

CIDR, como la creación de subredes de tamaño variable, requiere que los protocolos de enrutamiento publiquen las máscaras de subred junto con el ID de red. RIP versión 2, OSPF y BGPv4 admiten los entornos CIDR. RIP versión 1 no se puede utilizar en entornos con CIDR.

### **Direcciones públicas y privadas**

Cuando se desarrolla un esquema de direccionamiento de IP para una organización, la consideración principal es si la intranet está conectada a Internet.



- Si la organización no está conectada a Internet, es técnicamente posible elegir cualquier ID de red de IP, con clase o sin clase, sin tener en cuenta el solapamiento de direcciones con otras que se usan en Internet. Sin embargo, es recomendable elegir un rango de direcciones privadas.
- Si la organización está conectada a Internet, se puede conectar de dos formas.
  - Si la organización usa una conexión directa mediante un enrutador o un servidor de seguridad, se deben usar direcciones asignadas por InterNIC o por un ISP.
  - Si la organización usa una conexión indirecta mediante un servidor proxy o un traductor de direcciones de red, debe usar direcciones que no se solapen con direcciones que existen, o podrían existir, en Internet.

Para las organizaciones conectadas a Internet, la organización debería elegir entre el uso de direcciones públicas o privadas.

### **Direcciones públicas**

InterNIC asigna las direcciones públicas dentro del espacio público de direcciones que consiste en todas las posibles direcciones unicast en la Internet mundial. Históricamente, InterNIC asignaba ID de red con clase a las organizaciones conectadas a Internet sin tener en cuenta su ubicación geográfica. Hoy en día InterNIC asigna bloques CIDR a los ISP según su ubicación geográfica. Los ISP subdividen los bloques CIDR asignados entre sus clientes. La subdivisión del resto del espacio de direcciones de clase C según su ubicación geográfica se realiza para disponer de un enrutamiento jerárquico. El objetivo era minimizar el número de rutas en los enrutadores troncales de Internet. Las direcciones públicas se garantiza que son únicas globalmente.

Cuando a una organización o a un ISP se le asigna un bloque de direcciones del espacio público de direcciones, existe una ruta en las tablas de enrutamiento de los enrutadores de Internet por la que las direcciones públicas asignadas se pueden alcanzar a través del ISP. Históricamente, se añadía a todos los enrutadores de Internet un ID de red con clase. En la actualidad, se añade a las tablas de enrutamiento de los enrutadores de Internet e ISP regionales una ruta que consiste en un rango de direcciones asignadas.

El rango de direcciones de IP públicas asignadas a una organización se resume en uno o más pares (ID de red, máscara). Estos pares se convierten en rutas en los enrutadores de Internet y de los ISP de forma que se pueda alcanzar las direcciones de IP de la organización.

### **Direcciones solapadas o ilegales**

Las organizaciones que no están conectadas a Internet directa ni indirectamente son libres de elegir cualquier esquema de direccionamiento sin tener en cuenta las direcciones que tienen asignadas otras organizaciones a otros ISP. Sin embargo, si la organización decide, más tarde, conectarse a Internet, se requiere implantar un nuevo esquema de direccionamiento.

Las direcciones asignadas cuando la organización no estaba conectada a Internet podrían incluir direcciones públicas que InterNIC hubiese asignado a otras organizaciones o ISP. En este caso, esas direcciones están duplicadas, en conflicto con las direcciones asignadas. Se conoce como direccionamiento solapado, o ilegal. El tráfico de Internet desde los hosts que usan direcciones ilegales se reenvía a los enrutadores de la organización cuyas direcciones se asignaron originalmente. Por tanto, las organizaciones que usan direcciones ilegales no se encuentran alcanzables en Internet.

Por ejemplo, una organización que no está conectada a Internet decide usar el espacio de direcciones 207.46.130.0/24 para su intranet. Mientras la organización no se conecte a Internet el uso de 207.46.130.0/24 no representa ningún problema. Si la organización se conecta a Internet con una ruta directa, el uso de 207.46.130.0/24 es ilegal y no se reciben respuestas de los hosts en el

segmento de red 207.46.130.0/24.

Con esta configuración, cuando un host envía tráfico a un sitio en Internet, envía el tráfico con la dirección de IP de origen dentro del espacio de direcciones de 207.46.130.0/24. Cuando un host de Internet responde, envía la respuesta a la dirección de IP de destino dentro del espacio de direcciones de 207.46.130.0/24. InterNIC asignó este espacio de direcciones a Microsoft Corporation y, por tanto, existe una ruta en los enrutadores de Internet para reenviar el tráfico con direcciones de IP de destino en este rango a los enrutadores de Microsoft Corporation. Por tanto, las respuestas al tráfico enviado por los hosts con el espacio de direcciones ilegal 207.46.130.0/24 se reenvían a los enrutadores de Microsoft Corporation, y no a los enrutadores de la organización con las direcciones ilegales.

*Es una práctica común entre los proveedores de servicios de Internet descartar los paquetes de IP que envía un sitio de un cliente cuando el campo de dirección de IP de origen no es una dirección pública válida asignada al cliente. Esto previene el envío de tráfico desde hosts que usen direcciones ilegales y suplantación de direcciones. La suplantación de direcciones es el envío de tráfico de IP desde una dirección de IP de origen que no está asignada a un host.*

### **Direcciones privadas**

Con el crecimiento exponencial de Internet, la demanda de direcciones de IP públicas creció exponencialmente. Como cada nodo de la intranet de una organización requiere una dirección de IP pública única y global, las organizaciones solicitaban de InterNIC suficientes direcciones de IP para asignar direcciones únicas a todos los nodos de sus organizaciones.

Sin embargo, cuando se realizaba un análisis de las direcciones de IP dentro de las organizaciones, las autoridades de Internet se dieron cuenta de que la mayoría de las organizaciones actuales necesitan muy pocas direcciones públicas. Los únicos hosts que requieren direcciones de IP públicas son los que se comunican directamente con los sistemas de Internet. Ejemplos de ellos son los servidores Web, los servidores de FTP, los servidores de correo, los servidores proxy y los servidores de seguridad. La mayoría de los hosts de la intranet de una organización acceden a los recursos de Internet a través de pasarelas del Nivel de Aplicación como servidores proxy y servidores de correo.

Para los hosts de la intranet de la organización que no requieren acceso directo a Internet no es necesario usar un espacio de direcciones de IP legal. Para este propósito las autoridades de Internet crearon el espacio privado de direcciones, un subconjunto del espacio de direcciones de IP de Internet que se puede usar sin conflicto con otra organización, para los hosts que no requieren una conexión directa a Internet.

Los espacios de direcciones público y privado están separados y no se superponen. InterNIC nunca asigna direcciones privadas -las direcciones dentro del espacio privado de direcciones- a ninguna organización ni ISP. Esto significa que las direcciones de IP privadas no son alcanzables en Internet.

Como las direcciones privadas no son alcanzables, los hosts de una intranet con direccionamiento privado no pueden conectarse directamente a Internet. En lugar de ello, los hosts de una intranet con direccionamiento privado deben conectarse indirectamente a Internet usando un traductor de direcciones de red o una pasarela del Nivel de Aplicación como un servidor proxy.

Un traductor de direcciones de red es un enrutador que traduce entre direcciones privadas y direcciones públicas para el tráfico de Internet. El servidor proxy recibe una petición de un host en la intranet de recursos en Internet. El servidor proxy envía entonces una petición del recurso en Internet y el tráfico de respuesta se reenvía al host solicitante. Cuando el servidor proxy envía la petición por el recurso de Internet, usa su dirección pública. Tanto los servidores proxy como los traductores de direcciones de red tienen direcciones privadas en su interfaz con la intranet y

direcciones públicas en su interfaz con Internet.

El espacio de direcciones privadas se define en los siguientes bloques de direcciones:

- **10.0.0.0/8.** La red privada 10.0.0.0/8 es un espacio de direcciones de 24 bits que se puede usar para cualquier esquema de creación de subredes dentro de una organización privada.
- **172.16.0.0/12.** La red privada 172.16.0.0/12 es un espacio de direcciones con 20 bits para el host que se puede usar para cualquier esquema de creación de subredes dentro de una organización privada. Desde la perspectiva de clases, la red privada 172.16.0.0/12 es un ID de red de un rango de 16 ID de red de clase B desde la 172.16.0.0/16 hasta la 172.31.0.0/16.
- **192.168.0.0/16.** La red privada 192.168.0.0/16 es un espacio de direcciones con 16 bits para el host que se puede usar para cualquier esquema de creación de subredes dentro de una organización privada. Desde la perspectiva de clases, la red privada 192.168.0.0/16 es el rango de 256 ID de red de clase C desde la 192.168.0.0/24 hasta la 192.168.255.0/24.

### **Direccionamiento de IP automático y privado en Microsoft Windows 2000**

Cuando se configura un equipo con Windows 2000 para utilizar el Protocolo de configuración dinámica de host (DHCP) para obtener su dirección de IP automáticamente y el servidor de DHCP no responde a los mensajes DHCPREQUEST y DHCPDISCOVER, TCP/IP para Windows 2000 se configura usando la función de Dirección de IP automática y privada, APIPA (Automatic Private IP Address). Con la función APIPA, TCP/IP para Windows 2000 elige aleatoriamente una dirección de IP en el espacio de direcciones 169.254.0.0/16. Este espacio de direcciones se ha reservado para la Autoridad de asignación de números de Internet, IANA (Internet Assigned Numbers Authority), y no es alcanzable desde Internet.

Tras elegir una dirección de IP, TCP/IP para Windows 2000 envía un ARP gratuito para comprobar si la dirección de IP es única. Tras no recibir respuesta al mensaje ARP gratuito, TCP/IP para Windows 2000 se configura con la dirección de IP elegida aleatoriamente y la máscara de subred 255.255.0.0. Si se recibe una respuesta al mensaje de ARP gratuito, TCP/IP para Windows 2000 elige aleatoriamente una nueva dirección en el espacio de direcciones 169.254.0.0/16. Tras la configuración con APIPA, TCP/IP para Windows 2000 continúa enviando mensajes DHCPDISCOVER cada cinco minutos. Si responde un servidor de DHCP, TCP/IP para Windows 2000 abandona la configuración con APIPA y se configura con la dirección asignada por DHCP.

APIPA se diseñó para simplificar la configuración de una red simple de una pequeña oficina o una oficina en el hogar, SOHO (Small Office/Home Office), sin conexión a Internet ni otro conjunto de redes de IP. Con APIPA, todas las computadoras de una única red SOHO se configuran ellas solas automáticamente y son capaces de comunicarse sin ninguna configuración manual de TCP/IP o la configuración de un servidor de DHCP.

APIPA no proporciona configuración automática de una pasarela por defecto, la dirección de IP de un Servidor de nombres de dominio (DNS), un nombre de dominio de DNS, la dirección de IP de un servidor de Servicios de nombre de Internet (WINS) ni un tipo de nodo de NetBIOS. Una única red SOHO no necesita pasarela predeterminada, y la difusión de solicitud de nombres de NetBIOS resuelve los nombres para la comunicación entre los equipos.

### **Direcciones de difusión de IP**

Las direcciones de difusión de IP se usan para el envío de paquetes de uno a todos. Un host emisor envía el paquete de IP usando una dirección de difusión y todos los nodos en el segmento de red reciben y procesan el paquete. Las direcciones de IP de difusión sólo se pueden usar como direcciones de IP de destino.

Existen cuatro tipos distintos de direcciones de IP de destino. Para cada tipo, el paquete de IP de

difusión se dirige al Nivel de interfaz de red usando la dirección de difusión de la tecnología de la red encontrada. Por ejemplo, en redes Ethernet y Token Ring, todas las difusiones de IP se envían usando la dirección de difusión de Ethernet y Token Ring OxFF-FF-FF-FF-FF-FF.

### **Difusión de red**

La dirección de difusión de red de IP es la dirección que se forma poniendo a 1 todos los bits de host de una dirección con clase. Ejemplos de dirección de difusión de red para el ID de red con clase 131.107.0.0/16 es 131.107.255.255. Las difusiones de red se usan para enviar paquetes a todos los hosts de una red con clase. Todos los hosts de una red con clase escuchan y procesan los paquetes dirigidos a la dirección de difusión de red. Los enrutadores de IP no reenvían los paquetes de difusión de red.

### **Difusión de subred**

La dirección de IP de difusión de subred es la dirección que se forma con todos los bits de host a 1 en una dirección sin clase. Ejemplo de una dirección de difusión de subred para un ID de red sin clase 131.107.26.0/24 es 131.107.26.255. Las difusiones de subred se usan para enviar paquetes a todos los hosts de una subred, una superred a otra red sin clases. Todos los hosts de una red sin clase escuchan y procesan los paquetes enviados a la dirección de difusión de subred. Los enrutadores de IP no reenvían los paquetes de difusión de subred.

Para una red con clase no existe dirección de difusión de subred, sólo una dirección de difusión de red. Para una red sin clase no existe difusión de red, sólo dirección de difusión de subred.

### **Difusión directa a todas las subredes**

La dirección de IP de difusión directa a todas las subredes se forma estableciendo todos los bits de host a 1 en el ID de red con clase original para una red sin clase. Un paquete dirigido a la difusión a todas las subredes se pretende que llegue a todos los hosts de todas las subredes de una red subdividida en subredes a partir de un ID de red con clase. Ejemplo de dirección de difusión a todas las subredes para el ID de red con subredes 131.107.26.0/24 es 131.107.255.255. La difusión directa a todas las subredes es la dirección de difusión de red del ID de red con clase original.

Todos los hosts de una red sin clase escuchan y procesan los paquetes dirigidos a la dirección de difusión directa a todas las subredes. La RFC 922 requiere que los enrutadores de IP reenvíen los paquetes de difusión directa a todas las subredes del ID de red original con clase implicadas en la dirección. Sin embargo, este reenvío no se ha implantado extensamente.

Con la llegada de los ID de red sin clase, la dirección de difusión directa a todas las subredes ya no es relevante. De acuerdo con la RFC 1812, el uso de la difusión directa a todas las subredes está desaconsejada.

Tenga en cuenta cómo la dirección directa a todas las subredes es la misma que la de difusión de subred para la subred todos unos. Por ejemplo, las subredes de 8 bits del ID de red de clase B 157.54.0.0 genera las subredes { 157.54.0.0/24, 157.54.1.0/24 ... 157.54.254.0/24, 157.54.255.0/24}. Para la última subred, 157.54.255.0/24, la difusión de subred es 157.54.255.255, que es la misma que la dirección de difusión directa a todas las subredes de 157.54.255.255. Este conflicto de direcciones no es problema para los enrutadores que no reenvían el tráfico de difusión dirigido a todas las subredes.

### **Difusión limitada**

La difusión limitada es la dirección que se forma estableciendo los 32 bits de la dirección de IP a 1 (255.255.255.255). La dirección de difusión limitada se usa cuando un nodo de IP debe realizar un envío de uno a todos en la red local pero desconoce el ID de red.

La dirección de difusión limitada sólo se usa, normalmente, por los nodos durante un proceso de configuración automática como BOOTP o DHCP. Por ejemplo, con DHCP un cliente de DHCP debe usar la dirección de difusión limitada para todo el tráfico enviado hasta que el servidor de DHCP le concede una dirección de IP.

Todos los hosts, con clase o sin clase, escuchan y procesan los paquetes dirigidos a la dirección de difusión limitada. Aunque parezca que la dirección de difusión limitada se dirige a todos los nodos de todas las redes, sólo aparece en la red local y los enrutadores nunca la reenvían. El paquete de difusión limitada se limita al segmento de la red local.

## **Dirección de IP de multidifusión**

La dirección de IP de multidifusión se usa para enviar un único paquete de uno a muchos. Un host emisor envía un paquete de IP usando una dirección de IP de multidifusión; todos los nodos en el conjunto de redes del nodo emisor que estén escuchando tráfico de multidifusión reciben y procesan el paquete. Al contrario que los paquetes de difusión, los enrutadores reenvían los paquetes de IP de multidifusión y sólo los hosts que escuchan el tráfico de IP de multidifusión lo recogen. Las direcciones de IP multidifusión sólo se pueden usar como direcciones de IP de destino.

Como se describe en la RFC 1112, el conjunto de hosts que escuchan el tráfico de una dirección de IP de multidifusión se llama un grupo de hosts. Los miembros de un grupo de hosts se pueden ubicar en cualquier parte del conjunto de redes de IP. También pueden apuntarse y abandonar el grupo en cualquier momento. Para que los enrutadores puedan reenviar el tráfico de IP de multidifusión a los miembros de un grupo de hosts, los enrutadores deben conocer dónde se encuentran los miembros de un grupo de multidifusión.

Las direcciones de IP de multidifusión pertenecen al rango de direcciones de clase D. Las direcciones de IP de multidifusión están en el rango 224.0.0.0 a 239.255.255.255. Las direcciones de IP de multidifusión en el rango 224.0.0.0 a 224.0.0.255 se reservan para el tráfico de la subred local.

Las direcciones de IP multidifusión reservadas a la subred local son:

- **224.0.0.1** Dirección de multidifusión a todos los hosts. Se usa para llegar a todos los hosts de una subred.
- **224.0.0.2** Dirección de multidifusión a todos los enrutadores. Se usa para llegar a todos los enrutadores de una subred.
- **224.0.0.5** Dirección ALLOSPFRouters. Se usa para llegar a todos los enrutadores con OSPF de una subred.
- **224.0.0.6** Dirección DRROSPFRouters. Se usa para llegar a todos los enrutadores designados de OSPF de una subred.
- **224.0.0.9** Dirección de multidifusión RIPv2. Se usa para llegar a todos los enrutadores con RIPv2 de una subred.