

Introducción a IPv6

(Versión 1.4)

Puedes descargar la última versión de este documento de:

http://blog.unlugarenelmundo.es/?page_id=127

José María Morales Vázquez

josemaria@morales-vazquez.com



Este documento se encuentra bajo una Licencia [Creative Commons Atribución-CompartirIgual 3.0 Unported](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/).

CONTENIDO

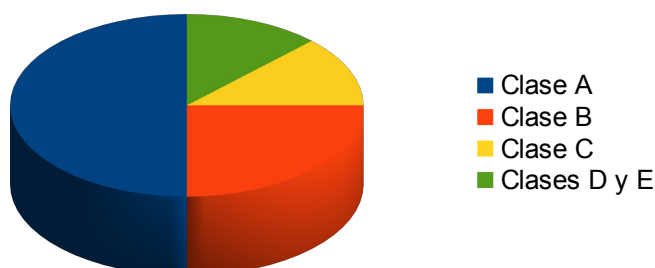
1. INTRODUCCIÓN.....	3
La falta de direcciones en IPv4.....	3
Algunas de las ventajas de IPv6.....	3
2. EL NUEVO ESPACIO DE DIRECCIONES DE IPV6.....	4
Máscaras de subred.....	5
Tipos de direcciones según su ámbito.....	6
Direcciones compatibles, mapeadas y 6to4.....	7
Direcciones multicast y anycast.....	8
Personalización de direcciones.....	9
3. ACTIVACIÓN Y PRUEBAS DE IPV6 EN DIFERENTES SISTEMAS OPERATIVOS.....	9
Activación y configuración en Windows.....	9
Activación y configuración en GNU/Linux.....	12
4. TÚNELES IPV6.....	14
Creando un tunel IPv6 en Linux sobre una red IPv4.....	14
5. ESTADO DE IPV6 EN ESPAÑA (A ABRIL DE 2013).....	18
Condiciones generales ¿cómo se nos dará conectividad IPv6?.....	18
Las empresas de comunicaciones de nuestro país e IPv6.....	18
Organismos públicos y empresas.....	19

1. INTRODUCCIÓN

La versión 4 del protocolo IP, la que utilizamos ahora de forma mayoritaria, fue aprobada en el año 1981 y está descrita en el documento RFC791 (<http://tools.ietf.org/html/rfc791>). Treinta años de vida en un mundo tan dinámico como este parece una barbaridad. Durante los últimos años ha habido muchos falsos avisos de que IPv4 estaba llegando a su fin pero ahora, finalmente, parece que esto ya es así. El 3 de febrero de 2011 se asignó a los diferentes comités regionales los últimos bloques de direcciones que le quedaban. Ya no hay más. En este documento veremos algunas de las principales novedades que aporta el nuevo protocolo, alguna forma de empezar a trabajar con él y una idea del estado de implantación en nuestro país a mediados de 2011.

La falta de direcciones en IPv4

La versión 4 del protocolo IP usa 32 bits para expresar la dirección. Esto da como resultado 4.300 millones de direcciones posibles. En la práctica, esta cifra se reduce bastante debido a la existencia de direcciones privadas, reservadas, malos asignamientos, direcciones no utilizables, etc. Además, se reparten en clases de una forma práctica pero tremendamente ineficiente de forma que, si lo analizamos en detalle, lo realmente sorprendente es que hayan durado tanto. Posiblemente esto no habría ocurrido si no fuese por el uso y explotación intensiva de técnicas y recursos como NAT (Network Address Translation), CIDR (Classless Interdomain Routing) o DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).



En cualquier caso aún queda IPv4 para rato. y tendremos un largo periodo de convivencia de ambas versiones del protocolo. El pasado 8 de junio de 2011 se celebró el World IPv6 durante el cual algunos de los grandes de Internet (Google, Microsoft Bing, Facebook, Yahoo, etc.) ofrecieron todos sus servicios en IPv6 para realizar una prueba real y ayudar a los proveedores de Internet a detectar posibles problemas. Fue el banderazo definitivo de salida. El 6 de Junio de 2012 se etiquetó como el World IPv6 Launch en el que esas empresas y alguna más activaban para siempre sus servicios de IPv6. Ahora hay que empezar desde ya a conocer un poco más de esta nueva versión del protocolo.

Algunas de las ventajas de IPv6

La nueva versión del protocolo ha mejorado mucho en muchos y variados aspectos, pero si tuviera que destacar sólo seis de ellos, posiblemente me quedaría con estos:

- Un espacio de direcciones casi inagotable que hará mucho más fácil la

asignación de estas y permitirá la conectividad de una gran diversidad y variedad de equipos.

- Mejor seguridad integrada “de serie” en la capa de red mediante IPSec (cosa que ya podía usarse como una extensión adicional en IPv4 pero que se usaba en muy pocos servicios hasta el momento).
- Se permiten mensajes de mayor tamaño con un límite máximo de 4 Gigas (en lugar de los 64 Kbytes actuales).
- Desaparece el tráfico broadcast, se mejora el multicast y aparece un nuevo tipo que promete ser muy útil: el tráfico anycast.
- Autoconfiguración de la conexión en los equipos de forma inmediata y sin necesidad de DHCP
- Permite itinerancia (Mobile IP) para soportar mejor las funcionalidades de los dispositivos móviles, de forma que un dispositivo podría cambiar de punto de acceso sin necesidad de cambiar su dirección IP.

2. EL NUEVO ESPACIO DE DIRECCIONES DE IPV6

Si, como hemos dicho, la versión 4 de IP usaba 32 bits para expresar las direcciones (4.294.967.296 de posibilidades), la versión 6 usa 128 bits:

¡340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 direcciones posibles!

Para que nos hagamos una idea de la magnitud de la cifra, disponemos de alrededor de **4.8×10^{28}** direcciones por cada uno de los **7.000 millones de habitantes** del planeta (existentes a finales del año 2011) o **6.5×10^{23}** direcciones por cada metro cuadrado de superficie terrestre. Está claro que esta vez no quieren quedarse cortos...

Si expresáramos las direcciones de IPv6 de la misma forma que lo hacemos con las de la versión 4 (usando notación decimal y separando cada byte) tendríamos direcciones como esta:

32.1.13.184.21.163.0.0.0.0.138.46.0.16.115.52

Pero no, no es así. Expresamos las direcciones usando notación hexadecimal y separando en ocho grupos de dos bytes cada uno:

2001:0db8:15a3:0000:0000:8a2e:0010:7334

Tenemos, además, un cómodo sistema de simplificaciones para hacernos la vida más fácil. En primer lugar podemos (y esto es lógico) suprimir todos los ceros a la izquierda de cualquier de los grupos. En segundo lugar podemos suprimir todos los grupos consecutivos de ceros indicándolo mediante dos signos de dos puntos seguidos. La dirección anterior, una vez simplificada, quedaría así:

2001:db8:15a3::8a2e:10:7334

Si tuviéramos más de dos grupos separados de ceros consecutivos sólo podríamos simplificar uno de ellos. Esto también es lógico. Pensemos, por ejemplo, en la siguiente dirección:

2001:0000:0000:0000:c089:0000:0000:57ab

Si simplificásemos los dos grupos nulos que existen quedaría así:

¡MAL! ~~2001::c089::57ab~~ ¡MAL!

Lo cual es incorrecto y nos visualiza claramente el problema que existe: a la hora de recuperar la dirección real nos resulta imposible saber cuantos grupos de ceros hemos simplificado en cada uno de ambos grupos. Por tanto la forma lógica de hacerlo es simplificar solamente uno de ambos eligiendo, por regla general, el que nos acorta más la dirección. En el caso anterior la dirección simplificada correcta sería esta:

2001::c089:0:0:57ab

Aunque esta sería también perfectamente válida:

2001:0:0:0:c089::57ab

Cuando el grupo contiguo de ceros está al final o al principio de la dirección la simplificación funciona de igual forma. Las siguientes direcciones, por ejemplo, son correctas:

**::afe:0:117:ab
2000:ac2::**

Máscaras de subred

El concepto de máscara de subred sigue siendo válido en IPv6 y la notación que se utiliza es similar a la de IPv4

2001:db8::1428:57ab/64

La dirección anterior usa una máscara de subred de 64 bits dejando por tanto 64 bits para identificar la red y otros 64 para el identificador de interfaz, término que en IPv6 se prefiere frente al de identificador de host.

De la misma forma, también es habitual especificar un rango o bloque de direcciones contiguas escribiendo el prefijo común a todas ellas y la máscara de red adecuada que las engloba a todas. Veremos varios ejemplos de esto en el siguiente punto.

Tipos de direcciones según su ámbito

Mientras que en IPv4 lo normal es tener una única dirección IP por interfaz, todo en IPv6 está pensado para que existan varias direcciones diferentes coexistiendo con distintas funciones en cada uno de ellos.

Originalmente el ámbito de las direcciones se dividió en tres grupos: globales (o públicas), de enlace local (site-local) y de enlace de sitio (link-local). Las de enlace local fueron desaconsejadas hace años (en el RFC 3879) y sustituidas por otras llamadas simplemente locales (o Local IPv6 Unicast) y definidas en el RFC 4193. Los prefijos que las distinguen son los siguientes:

- Las direcciones globales están definidas por el prefijo **2000::/3** (desde la dirección 2000:: hasta la dirección 3fff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff)
- Las direcciones locales están definidas por el prefijo **fc00::/7** (desde la fc00:: hasta la fdff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff)
- Las direcciones de enlace local están definidas por el prefijo **fe80::/10** (desde la fe80:: hasta la febf:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff)
- Las direcciones de enlace de sitio estaban definidas por el prefijo **fec0::/10** (desde la fec0:: hasta la feff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff). Su uso, como ya hemos dicho, está desaconsejado y no deberían de utilizarse.

No debería de haber ninguna duda entre direcciones locales (privadas anteriormente) y globales (o públicas) pues la finalidad de su uso es exactamente igual que en la versión 4. Las nuevas direcciones de enlace local se generan mediante autoconfiguración a partir de la dirección MAC del interfaz de red y a través del protocolo NDP (Neighbor Discovery Protocol) y son válidas sólo en el segmento de red donde se encuentra el equipo no debiendo de ser rutadas fuera de este.

La diferencia entre direcciones locales y de enlace local también debería de estar clara: las de enlace local, como ya hemos dicho, sólo tienen existencia en el segmento de red donde están definidas mientras que las direcciones locales tienen un ámbito mayor pero, al igual que las antiguas direcciones privadas, no pueden rutarse fuera de la organización donde se han definido.

El método más común de obtención de la dirección de enlace local a partir de la MAC es bastante fácil y puesto que la MAC se supone única la dirección resultante también debe de serlo. Supongamos que partimos de un equipo cuya MAC es la siguiente:

1C:4B:D6:A3:52:2A

La dirección de enlace local se obtiene en tres pasos:

- Separamos la MAC en dos grupos iguales de tres bytes consecutivos cada uno (1C:4B:D6 y A3:52:2A en el ejemplo). Recuerda que los tres primeros son el identificador del fabricante. Intercalamos entre ellos los dos bytes

representados por **FFFE** y separamos en grupos de 2 bytes el resultado:

1C4B:D6FF:FEA3:522A

NOTA: Esto de aquí arriba es lo que se llama IEEE EUI-64 (o simplemente EUI-64), una nueva definición para tener direcciones físicas (o MAC, o hardware) más grandes de 64 bits en lugar de los 48 actuales.

- Cambiamos el valor del segundo bit menos significativo del primer byte del resultado. En este caso el primer byte es 1C (00011100) y al hacer el cambio se transforma en 1E (00011110). Ojo, recuerda que están en hexadecimal. En este caso el valor en decimal coincide, pero no siempre va a ser así.

1E4B:D6FF:FEA3:522A

- Por último, añadimos el prefijo fe80 y completamos a continuación con tres grupos de ceros (que podemos simplificar) para completar los 16 bytes de la dirección:

FE80::1E4B:D6FF:FEA3:522A

Este es el método más comunmente usado y lo veremos en todos los Linux y en windows hasta su versión XP o Sever 2003. En Vista introdujeron una doble asignación (una por el método anterior y otra que se genera de forma aleatoria) y a partir de Windows 7 el método de autoconfiguración consiste ya sólo en generar una dirección de forma aleatoria. En el punto 3 de este documento veremos la forma de revertir esto para volver a obtener direcciones generadas de forma automática a través de la MAC.

Direcciones compatibles, mapeadas y 6to4

Las direcciones compatibles (también llamadas empotradas) y las mapeadas son dos de los recursos proporcionados por IPv6 para facilitar la convivencia con su antecesor, IPv4.

Las direcciones compatibles son aquellas cuyos primeros 96 bits son ceros y los últimos 32 una dirección de IPv4. Por ejemplo, la dirección IPv6 compatible con la dirección 192.168.89.9 sería la ::192.168.89.9 y es correcto representarla así, de forma híbrida y con sus últimos cuatro bits en formato decimal.

El uso de direcciones compatibles está ahora ya desaconsejado y ha sido sustituido por el uso de IP's mapeadas. El espacio de direcciones usado por las direcciones IP compatibles es el ::/96 aunque en dicho espacio existen algunas direcciones especiales que tienen un significado diferente:

- La dirección :: (ó 0:0:0:0:0:0:0) se usa para representar la ausencia de

dirección. Es la dirección que toma un equipo en su arranque cuando aún no tiene ninguna asignación ni automática ni manual.

- La dirección `::1` (ó `0:0:0:0:0:0:0:1`) es la dirección de loopback en IPv6 (equivalente a `127.0.0.1` en IPv4)

Las direcciones mapeadas tiene sus primeros 80 bits a cero, los siguientes 16 a 1 y los últimos 32 corresponden con una dirección IP de la versión 4. Volviendo a la misma dirección del ejemplo anterior, su correspondiente mapeada sería la `::ffff:192.168.89.9`. El espacio de direcciones usado para este tipo de direcciones es el `0:0:0:0:0:ffff::/96` y también es correcta la representación híbrida que acabamos de poner aquí.

Las direcciones 6to4 son usadas con túneles que nos permiten comunicar con direcciones IPv6 a través de internet cuando parte de la infraestructura que utilizamos no es compatible o no nos permite el uso de este protocolo (ver punto 4 de este documento). Las direcciones 6to4 se forman concatenando el prefijo `2002:` a la dirección IPv4. Por ejemplo, la dirección 6to4 para la IP `192.168.89.9` sería la `2002:C0A8:5909::`. El espacio usado por este tipo de direcciones es el `2002::/48` y se trata en realidad, como puede verse, de un subconjunto acotado de direcciones globales.

Direcciones multicast y anycast.

Como ya hemos dicho antes, el tráfico broadcast como tal desaparece en la especificación de IPv6 aunque es trivial simularlo mediante las mejoras introducidas en el tráfico multicast. A su vez, aparece un nuevo tipo de tráfico llamado anycast. No existen diferencias sustanciales en cuanto al tratamiento del tráfico unicast.

El tráfico multicast en IPv6 utiliza el espacio de direcciones **`ff00::/8`** Los siguientes 8 bits al prefijo `ff` indican el ámbito del tráfico multicast. El resto de la dirección determina el grupo de multicast. Por ejemplo, las direcciones multicast con prefijo `ff02::/16` están referidas al ámbito de enlace local mientras que las que tienen el `ff05::/16` van referidas al ámbito de enlace de sitio (desaconsejado ya, como hemos dicho antes).

El grupo 1 simboliza a todos los hosts, el 2 a todos los routers y el 3 a todos los servidores DHCP. Así, los mensajes enviados a la dirección `ff02::1` llegarían a todos los hosts del segmento de red. O sea, el antiguo broadcast.

Las reglas para asignar direcciones multicast están en el RFC 3307 y las principales pueden consultarse de forma cómoda en la siguiente dirección:

<http://www.iana.org/assignments/ipv6-multicast-addresses/ipv6-multicast-addresses.xml>

Las direcciones anycast identifican a un grupo de equipos al igual que las

multicast, pero la diferencia con estas es que el mensaje sólo se entrega al equipo más próximo. Las direcciones anycast no disponen de ningún prefijo especial, es decir, usan el mismo espacio de direcciones de las unicast.

Personalización de direcciones

Pronto se ha descubierto que las direcciones de IPv6 lejos de ser más difíciles de recordar que las de IPv4 (por su mayor tamaño) pueden “personalizarse” con un poco de ingenio, al igual que se hace con las matrículas de los coches en EE.UU. A continuación aparecen algunos ejemplos reales y otros hipotéticos de lo que se puede hacer con estas direcciones:

- 2620:0:1cfe:face:b00c::3 (www.v6.facebook.com)
- 2001:4b10:bbc::2 (www.bbc.com.uk)
- 2804:14:30:beba::c0ca
- 2a00:1d70:faba:da:: (www.irc-hispano.es)
- 2a00:7b00:cafe::1
- 2001:420:80:1:c:15c0:d06:f00d
- 2001:800::caca:de1a: Baca

3. ACTIVACIÓN Y PRUEBAS DE IPv6 EN DIFERENTES SISTEMAS OPERATIVOS

Todos los sistemas operativos actuales deberían de tener soporte para IPv6. La llamada doble pila (mantener simultáneamente funcionando IPv4 e IPv6 en el sistema operativo) es uno de los mecanismos de transición más importante entre ambas versiones del protocolo. En Linux está disponible desde la versión 2.4 del kernel (enero de 2001). En MAC OSX está activado desde su versión 10.2 llamada Jaguar (agosto de 2002). En windows el soporte para IPv6 fue incluido con el SP1 de windows XP (septiembre de 2002) aunque, con algún trabajo extra de configuración, es posible usarlo también en la mayoría de las versiones anteriores (windows NT, windows 2000, windows 95, etc.).

Activación y configuración en Windows

Para activar IPv6 en Windows 2003 o en Windows XP (con el SP1 o posterior instalado) basta con ejecutar el siguiente comando en un terminal de DOS:

ipv6 install

Una vez activado se nos asigna automáticamente una dirección de enlace local por cada interfaz (mediante el procedimiento de autoconfiguración) que podemos ver ejecutando el comando **ipconfig** como hacemos de forma habitual.

En Windows Vista, Windows 7 o Windows 2008 viene activado por defecto y no hay que hacer nada en absoluto.

```
C:\Documents and Settings\josemaria>ipconfig /all
Configuración IP de Windows
Nombre del host . . . . . : XP001
Sufijo DNS principal . . . . . :
Tipo de nodo . . . . . : desconocido
Enrutamiento habilitado. . . . . : No
Proxy WINS habilitado. . . . . : No

Adaptador Ethernet Conexión de área local :
Sufijo de conexión específica DNS :
Descripción. . . . . : VMware Accelerated AMD PCNet Adapter #2
Dirección física. . . . . : 00-0C-29-81-0D-02
DHCP habilitado. . . . . : No
Autoconfiguración habilitada. . . . . : Sí
Dirección IP. . . . . : 192.168.1.231
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Dirección IP . . . . . : fe80::20c:29ff:fe81:d02%5
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.1.2
Servidor DHCP . . . . . : 192.168.1.2
Servidores DNS . . . . . : 80.58.61.250
                        80.58.61.254
                        fec0:0:0:ffff::1%1
                        fec0:0:0:ffff::2%1
                        fec0:0:0:ffff::3%1
Concesión obtenida . . . . . : miércoles, 30 de marzo de 2011 16:28:51
Concesión expira . . . . . : sábado, 02 de abril de 2011 16:28:51
```

Otro comando útil en windows que nos muestra los diferentes interfaces y las direcciones IPv6 asignadas a cada uno y sus características es este:

netsh interface ipv6 show address

```
C:\Documents and Settings\Administrador>netsh interface ipv6 show address
Consultando el estado activo...

Interfaz 5: Conexión de área local
Tipo dir. Estado DAD Vida válida Vida pref. Dirección
-----
Vínculo Preferida infinite infinite fe80::20c:29ff:fe49:e877

Interfaz 4: Teredo Tunneling Pseudo-Interface
Tipo dir. Estado DAD Vida válida Vida pref. Dirección
-----
Vínculo Preferida infinite infinite fe80::ffff:ffff:ffffd

Interfaz 2: Automatic Tunneling Pseudo-Interface
Tipo dir. Estado DAD Vida válida Vida pref. Dirección
-----
Vínculo Preferida infinite infinite fe80::5efe:192.168.1.147

Interfaz 1: Loopback Pseudo-Interface
Tipo dir. Estado DAD Vida válida Vida pref. Dirección
-----
Bucle inv. Preferida infinite infinite ::1
Vínculo Preferida infinite infinite fe80::1
```

En windows XP disponemos también de comandos llamado **ping6** y **tracert6** pero parecen hacer lo mismo que los comandos **ping** y **tracert** normales que, además, pueden usarse perfectamente con direcciones IPv6. En windows7 ya sólo existen **ping** y **tracert**.

Windows añade un % y un número entero a continuación de las direcciones de enlace local y denomina a ese número indicador de zona:

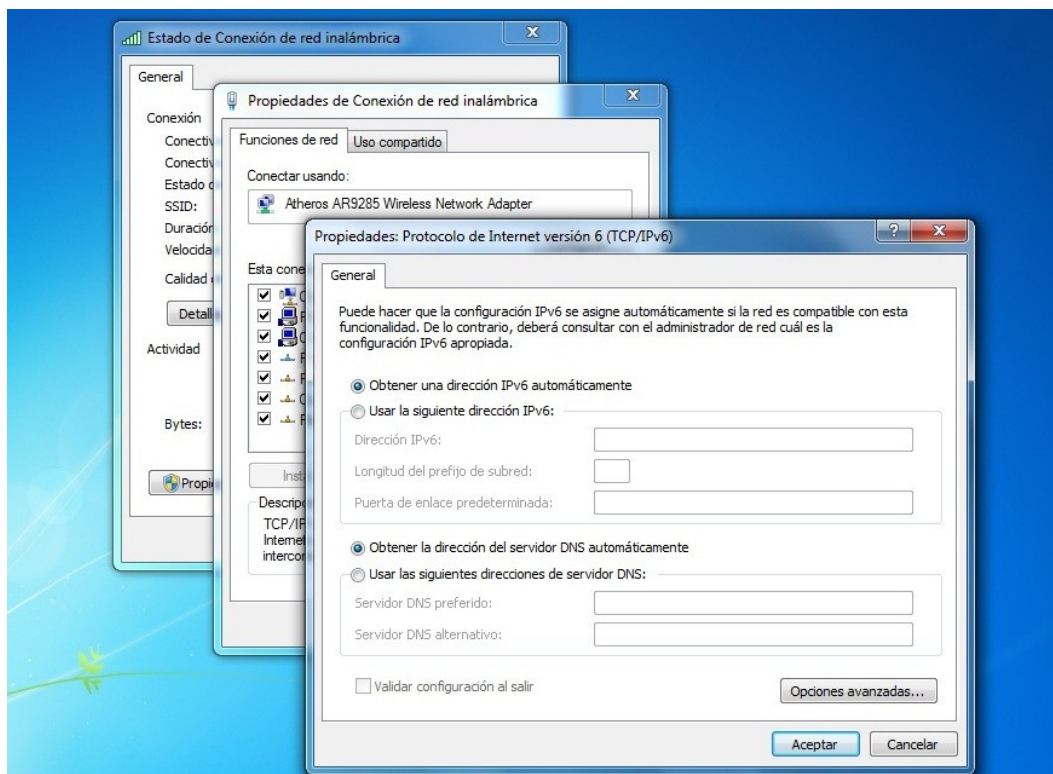
```
C:\Documents and Settings\josemaria>ping6 fe80::1e4b:d6ff:fea3:522a%5
Haciendo ping fe80::1e4b:d6ff:fea3:522a%5
de fe80::20c:29ff:fe81:d02%5 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde fe80::1e4b:d6ff:fea3:522a%5: bytes=32 tiempo<1m
Respuesta desde fe80::1e4b:d6ff:fea3:522a%5: bytes=32 tiempo<1m
Respuesta desde fe80::1e4b:d6ff:fea3:522a%5: bytes=32 tiempo<1m
Respuesta desde fe80::1e4b:d6ff:fea3:522a%5: bytes=32 tiempo<1m

Estadísticas de ping para fe80::1e4b:d6ff:fea3:522a%5:
Paquetes enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

La justificación que da Microsoft a ese indicador es que nos permite usar la misma dirección IPv6 de enlace local en interfaces distintas de la misma máquina.

Para configurar una dirección IP y asociarla a un interfaz en windows XP no tenemos más remedio que usar la línea de comandos. En Windows 7 podemos hacerlo ya usando la interfaz gráfica del sistema:



Por ejemplo, para asociar una IP al interfaz 4 el comando es el siguiente:

```
netsh interface ipv6 add address 4 fec0::2 type=unicast store=persistent
```

type puede ser **unicast** o **anycast** y **store** puede ser **persistent** o **active** (estas últimas desaparecen tras reiniciar).

El comando para eliminar la misma IP sería el siguiente:

```
netsh interface ipv6 delete address 4 fec0::2
```

El comando **ipv6 if n** (donde n es el número de interfaz, no confundirlo con el identificador de zona mencionado antes aunque en algunos casos puedan coincidir) nos da en Windows XP información más técnica sobre el soporte de IPv6 en ese interfaz.

Por último, para obtener direcciones IPv6 de enlace generadas de forma automática a través de la MAC debemos de ejecutar lo siguiente:

```
netsh interface ipv6 set privacy state=disabled store=active  
netsh interface ipv6 set privacy state=disabled store=persistent  
netsh interface ipv6 set global randomizeidentifiers=disabled store=active  
netsh interface ipv6 set global randomizeidentifiers=disabled store=persistent
```

Cada uno de estos comandos debe de responder con un Aceptar (OK si tenemos el sistema en inglés). Tras un reinicio, la nueva dirección IPv6 de autoconfiguración debería de cumplir ya la generación a partir de la MAC.

Activación y configuración en GNU/Linux

Desde hace muchos años todas las distribuciones Linux vienen preparadas para funcionar con IPv6. El comando **ifconfig**, por ejemplo, nos muestra la asignación automática que se hace de direcciones de enlace local:

```
[josemaria@valeria ~]$ ifconfig eth0  
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:16:E6:50:45:E2  
          inet addr:192.168.1.133  Bcast:192.168.1.255  Mask:255.255.255.0  
          inet6 addr: fe80::216:e6ff:fe50:45e2/64 Scope:Link  
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1  
          RX packets:130734 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0  
          TX packets:82703 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0  
          collisions:0 txqueuelen:1000  
          RX bytes:170476837 (162.5 MiB)  TX bytes:13047146 (12.4 MiB)  
          Interrupt:17
```

El identificador de zona que hemos visto antes en windows no existe en Linux, pero cuando hacemos un ping a una dirección de enlace local debemos de

especificar desde que interfaz lo hacemos. Date cuenta de que todos los interfaces de la máquina tendrán una dirección de este tipo y la máquina no es capaz de identificar desde donde queremos hacer el ping sin esta ayuda. También tenemos un comando específico llamado **ping6**:

```
[josemaria@pepa ~]$ ping6 fe80::20c:29ff:fe81:d02 -I wlan0
PING fe80::20c:29ff:fe81:d02(fe80::20c:29ff:fe81:d02) from fe80::1e4b:d6ff:fea3:522a wlan0: 5
6 data bytes
64 bytes from fe80::20c:29ff:fe81:d02: icmp_seq=1 ttl=128 time=1.35 ms
64 bytes from fe80::20c:29ff:fe81:d02: icmp_seq=2 ttl=128 time=0.463 ms
64 bytes from fe80::20c:29ff:fe81:d02: icmp_seq=3 ttl=128 time=0.400 ms
64 bytes from fe80::20c:29ff:fe81:d02: icmp_seq=4 ttl=128 time=24.8 ms
^C
--- fe80::20c:29ff:fe81:d02 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3001ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.400/6.760/24.823/10.435 ms
```

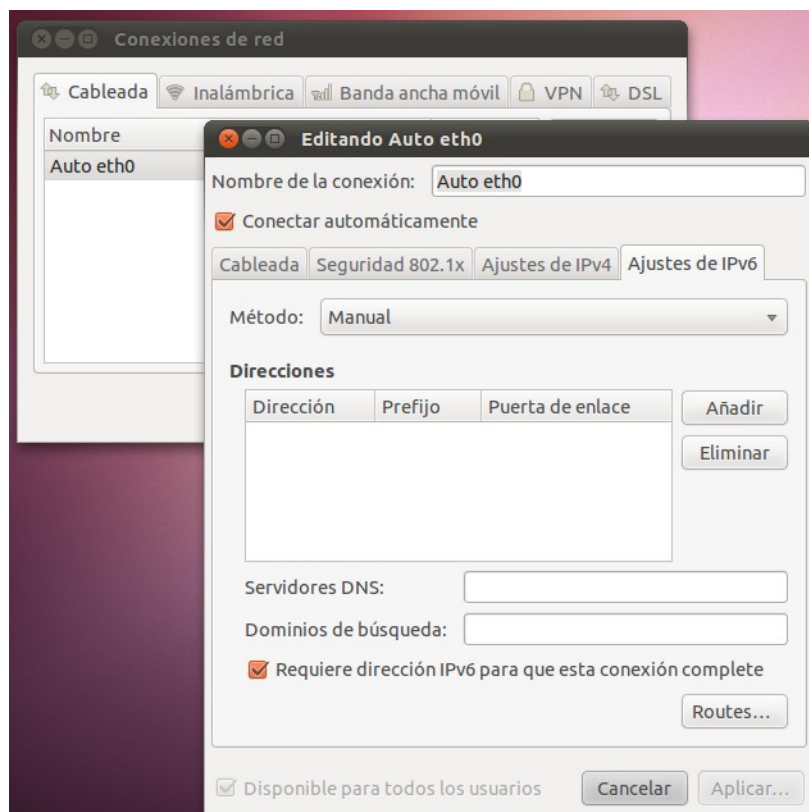
Para añadir manualmente una dirección IPv6 a un interfaz podemos usar, por ejemplo, el comando `ifconfig` de forma muy similar a como hacemos para hacer lo propio con una dirección de IPv4. Un ejemplo puede ser como sigue:

```
sudo ifconfig eth0 inet6 add 2001:1234::2/64
```

Y para eliminar esa misma dirección:

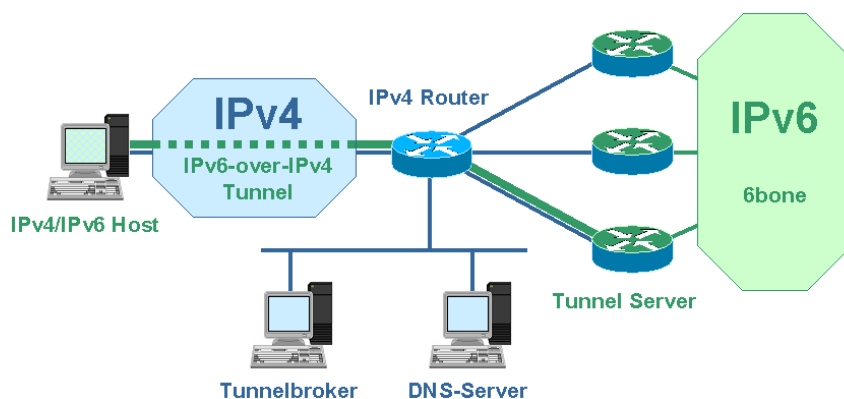
```
sudo ifconfig eth0 inet6 del 2001:1234::2/64
```

Desde los entornos de ventana también tenemos la posibilidad de realizar estas tareas. El siguiente ejemplo corresponde con una instalación de Ubuntu usando Gnome como entorno. La ventana de diálogo que aparece se muestra dentro del menú de Sistema, eligiendo la opción de Preferencias y luego Conexiones de red:



4. TÚNELES IPV6

En la actualidad existen ya muchos servicios que operan en Internet con IPv6 de forma nativa y nuestros sistemas operativos ya están también preparados para usar esta nueva versión ¿Qué es lo que nos impide, entonces, usarla? Principalmente los operadores que nos ofrecen Internet que, o bien no están preparados para ello, o no nos lo permiten por el momento. Uno de los mecanismos más populares para subsanar esto y empezar a “jugar” con IPv6 es crear un tunel que nos permita usar servicios IPv6 sobre una conexión que sólo entiende de IPv4. Existen muchos servicios gratuitos que nos proporcionan esta funcionalidad (6to4, Terendo tunnel) En este capítulo vamos a ver como crear uno con el servicio de tunnelbroker (<http://www.tunnelbroker.net/>) de hurricane electric.



Creando un tunel IPv6 en Linux sobre una red IPv4

Lo primero que debemos de hacer es entrar en la página de tunnelbroker, registrarnos y pulsar en la opción de **“Create Regular Tunnel”**. El servicio debería de detectar nuestra IP pública de forma automática pero podemos ponerla de forma manual en caso contrario. El único otro dato que debemos de elegir es el nodo de salida del tunel. De entre los que aparecen deberíamos de elegir aquel con el que tengamos mejor conectividad (o el más próximo a nosotros caso de desconocer este dato).

Create New Tunnel

You currently have 1 of 5 tunnels configured.

- If you are trying to reclaim a tunnel simply use your last IPv4 address here. If you have any issues please email ipv6@he.net.
- If you have a public ASN and wish to setup a full BGP feed, please use [this form](#) instead.

IPv4 Endpoint (Your side):

You are viewing from: 87.217.175.5

We recommend you use: London, UK [216.66.80.26]

Available Tunnel Servers:

Asia

<input type="radio"/> Hong Kong, HK	216.218.221.6
<input type="radio"/> Singapore, SG	216.218.221.42
<input type="radio"/> Tokyo, JP	74.82.46.6

Europe

<input type="radio"/> Amsterdam, NL	216.66.84.46
<input type="radio"/> Frankfurt, DE	216.66.80.30
<input checked="" type="radio"/> London, UK	216.66.80.26
<input type="radio"/> Paris, FR	216.66.84.42
<input type="radio"/> Stockholm, SE	216.66.80.90
<input type="radio"/> Zurich, CH	216.66.80.98

Luego Pulsamos sobre el enlace del tunel que hemos creado:

Tunnel [1 / 5]	Routed /64	Routed /48	Description
josemariamv-1.tunnel.tserv10.par1.ipv6.he.net	2001:470:1f13:1::/64	None	Tunel para conexion Jazztel casa

A continuación, pinchamos en la solapa de **“Example configurations”** y elegimos **“linux-net-tools”**:

IPv6 Tunnel
Example Configurations

Linux-net-tools

Copy and paste the following commands into a command window:

```

ifconfig sit0 up
ifconfig sit0 inet6 tunnel ::216.66.84.42
ifconfig sit1 up
ifconfig sit1 inet6 add 2001:470:1f12:1::2/64
route -A inet6 add ::/0 dev sit1
            
```

En una terminal y con privilegios de root, pegamos el código que nos aparece en el navegador para ejecutarlo que, en el ejemplo anterior, es este:

```

ifconfig sit0 up
ifconfig sit0 inet6 tunnel ::216.66.84.42
ifconfig sit1 up
ifconfig sit1 inet6 add 2001:470:1f12:1::2/64
route -A inet6 add ::/0 dev sit1
    
```

NOTA IMPORTANTE: El anterior es un código de ejemplo personalizado y no vale para cualquier equipo o túnel. Tú debes de crear tu propio túnel y usar el código que te aparece asociado al mismo.

Si ahora ejecutamos **ifconfig** en nuestro terminal veremos los interfaces creados para el manejo del tunel:

```

eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:16:E6:50:45:E2
          inet addr:192.168.1.133  Bcast:192.168.1.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::216:e6ff:fe50:45e2/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:239802 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:132908 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:326245172 (311.1 MiB)  TX bytes:11602377 (11.0 MiB)
          Interrupt:17

sit0      Link encap:IPv6-in-IPv4
          inet6 addr:  ::192.168.1.133/96 Scope:Compat
          inet6 addr:  ::127.0.0.1/96 Scope:Unknown
          UP RUNNING NOARP  MTU:1480  Metric:1
          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:0 (0.0 b)  TX bytes:0 (0.0 b)

sit1      Link encap:IPv6-in-IPv4
    
```








```
inet6 addr: fe80::c0a8:185/64 Scope:Link
inet6 addr: 2001:470:1f12:1::2/64 Scope:Global
UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MTU:1480 Metric:1
RX packets:3237 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
TX packets:3317 errors:2 dropped:0 overruns:0 carrier:0
collisions:0 txqueuelen:0
RX bytes:2917728 (2.7 MiB) TX bytes:564652 (551.4 KiB)
```

Para probar que todo ha funcionado correctamente podemos probar el test de conectividad ip de www.test-ipv6.com que nos debería de mostrar resultados positivos como estos:

Test your IPv6 connectivity.

Summary Tests Run Technical Info Share Results / Contact

-  Your IPv4 address on the public internet appears to be 87.217.175.5
-  Your IPv6 address on the public internet appears to be 2001:470:1f12:1::2
Your IPv6 service appears to be: he.net or tunnelbroker.net
-  [World IPv6 day](#) is June 8th, 2011. **No problems are anticipated for you** with this browser.
-  Congratulations! You appear to have both IPv4 and IPv6 internet working. If a publisher public browser prefers IPv6 over IPv4 when given the choice (this is the expected outcome).
-  Your DNS server (possibly run by your ISP) appears to have no access to the IPv6 internet, your ability to reach IPv6-only sites. [\[more info\]](#)

Your readiness scores

10/10 for your IPv4 stability and readiness, when publishers offer both IPv4 and IPv6

9/10 for your IPv6 stability and readiness, when publishers are forced to go IPv6 only

Click to see [test data](#)

(Updated server side IPv6 readiness stats)

Tenemos otro test aquí <http://ipv6-test.com/> que, además, recoge datos estadísticos de la procedencia de quienes pasan favorablemente el test aquí: <http://ipv6-test.com/stats/country/ES>

Google tiene también su propio test de conectividad IPv6: <http://ipv6test.google.com/>

En <http://lg.version6.net/> podemos hacer un tracerp para ver por los servidores que pasa nuestra conexión y en <http://whatismyv6.com/> podemos ver la IP de la versión 6 con la que se nos ve al navegar (o en <http://www.my-ipv6.com/> con algún dato adicional)

También podemos hacer una prueba haciendo un ping6, traceroute o, directamente, entrando con el navegador a un servidor que sepamos que está sirviendo de forma nativa con ipv6 como este: <http://ipv6.google.com/>

```
[root@valeria josemaria]# ping6 ipv6.google.com
PING ipv6.google.com(2a00:1450:8002::69) 56 data bytes
64 bytes from 2a00:1450:8002::69: icmp_seq=1 ttl=56 time=67.5 ms
64 bytes from 2a00:1450:8002::69: icmp_seq=2 ttl=56 time=67.8 ms
^C
--- ipv6.google.com ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 2003ms
rtt min/avg/max/mdev = 65.986/67.142/67.852/0.877 ms
```

NOTA FINAL: La configuración aquí descrita es temporal y desaparecerá después de hacer un reinicio de la máquina. Podríamos meter los comandos a ejecutar en un script que se lanzará en el arranque para solventarlo de manera fácil pero tenemos un problema adicional: los comandos (y el túnel) son dependientes de nuestra IP pública y esta en nuestras conexiones ADSL no es fija, así que cada vez que cambiara tendríamos que entrar de nuevo en tunnelbroker.net, volver a crear el túnel y modificar los comandos a ejecutar en nuestro script.

5. ESTADO DE IPV6 EN ESPAÑA (A ABRIL DE 2013)

A pesar de los esfuerzos que desde hace años se realizan desde muchos organismos internacionales, la adopción de IPv6 está resultando especialmente lenta en todo el mundo. En nuestro país no iba a ser menos. En este apartado final trataremos de tomar el pulso de forma muy rápidamente al estado de implantación de IPv6 en nuestro país.

Casi toda la información de este punto, si no toda, está recogida de las páginas de IPv6ES (<http://www.ipv6es.es/>) donde, si te interesa, puede que haya alguna otra información actualizada sobre este tema.

Condiciones generales ¿cómo se nos dará conectividad IPv6?

La norma general será que a cada gran empresa con conexión directa a Internet o proveedor de servicios de se le concederá un bloque /32 o /27 de direcciones IPv6. Para hacernos una idea y sin descontar las direcciones reservadas, tenemos 134 millones de bloques /27 y más de 4000 millones de bloques /32.

Cada proveedor de servicio asignará a sus clientes un bloque de direcciones /64 (hay unos 137.500 millones de estos en un bloque /27 y aproximadamente 4.200 millones en un bloque /32). Cada cliente, por tanto, tendrá disponibles 2^{64} direcciones públicas para su uso exclusivo.

Las empresas de comunicaciones de nuestro país e IPv6

Telefónica dispone de dos rangos asignados de direcciones IPv6: el **2001:800::/32** y el **2a02:9000::/23** y desde el mes de agosto de 2011 se están haciendo pruebas piloto.

El rango de direcciones adquirido por Jazztel es el **2a02:2e00::/27**. Los router ADSL2+ **Huawei HG532c** y **Comtrend VR-3025un** soportan IPv6 pero el firmware

que traen de serie no, así que tendrían que actualizarlo.

Los nuevos router de ONO **DOCSIS 3** soportan también IPv6 pero este operador aún no tiene asignadas direcciones.

Vodafone dispone del rango **2001:4d28::/32**

Orange dispone del rango **2001:4c60::/32**

Euskatel ha obtenido el rango **2a00:7b00::/32**

Adamo (operadora asturiana) tiene el rango **2a00:1af0::/32**

Existe ya un pequeño ISP que ofrece conexión a IPv6 de forma nativa para quien lo precise, pero sólo a clientes empresariales: Interoute (rango 2001:1478::/32)

<http://www.interoute.es/empresas/internet>

Podemos ver una lista de los proveedores por países en esta página:

<http://www.sixxs.net/faq/connectivity/?faq=native>

Existe mucha otra información útil sobre este protocolo navegando por las páginas de la web anterior.

Organismos públicos y empresas

RedIRIS (la red de universidades y centros de investigación) tiene el rango **2001:720::/32**. La universidad de Valencia, dependiente de ella, está usando ya el rango **2001:720:1014::/48**. Esta entidad mantiene un "observatorio" de la implantación de IPv6 en nuestro país pero las últimas actualizaciones datan de hace dos años, así que no parece demasiado fiable:

http://wiki.rediris.es/observatorio_ipv6/Portada

Arsys usa el rango **2001:ba0::/32**

La empresa de hosting Convive tiene el rango **2a00:1d70::/32**

Interdominios usa el rango **2a00:1380::/32**