



# Preparador Informática

[www.preparadorinformatica.com](http://www.preparadorinformatica.com)

MANUAL 3

REDES

IPv6

## Contenido

<b>1. Introducción</b>	2
<b>2. Notación IPv6</b>	3
2.1 Direcciones especiales	5
<b>3. Partes de una dirección IPv6</b>	5
<b>4. Formas de configuración de la interfaz</b>	6
4.1 Autoconfiguración mediante EUI-64	7
<b>5. Tipos de direcciones IPv6</b>	8
5.1 Reservas de espacio de direccionamiento en IPv6	9
5.2 Direcciones unicast locales	10
5.3 Direcciones unicast globales agregables	10
5.4 Direcciones multicast	12
5.5 Direcciones anycast	12
<b>6. Paso de IPv4 a IPv6</b>	13
6.1 Pila doble	14
6.2 Tunneling	14
6.3 Translación de cabecera	15

Preparador Informática



## 1. Introducción

El principal motivo por el que se desarrolló el nuevo protocolo, inicialmente denominado IPng (Internet Protocol Next Generation) fue el evidente agotamiento de las direcciones IP.

IPv4 tiene un espacio de direcciones de 32 bits, es decir,  $2^{32}$  (4.294.967.296 posibles direcciones).

Por otro lado, IPv6 proporciona un espacio de direcciones de 128 bits, alcanzando  $2^{128}$  (340.282.366.920.938.463.374.607.431.768.211.456) direcciones.

IPv6 ha sido desarrollado para mejorar IPv4. Los inconvenientes de IPv4 son los siguientes:

- La división por clases A, B, C, D y E ha provocado un gran desperdicio de direcciones.
- Internet debe suministrar audio y vídeo en tiempo real. IPv4 no cuenta con estrategias de retardo mínimo ni reserva de recursos.
- Se necesita autenticación y cifrado de datos en algunas aplicaciones.

Algunas de las ventajas de IPv6 frente a IPv4 son:

- Soluciona el problema del agotamiento de direcciones IP en IPv4 con un espacio de direcciones mayor (128 bits).
- Mejora la seguridad, incorporando extensiones para aportar autenticación, integridad y confidencialidad de los datos (IPSec nativo).
- Mejora los mecanismos multicast.
- Introduce las direcciones anycast.
- Soporte para la reserva de recursos. Se elimina el ToS (Type of Service, campo de la cabecera IPv4) y se añade un mecanismo de etiquetado de flujo.
- Mejor formato de cabecera: Las opciones se separan de la cabecera y se insertan entre la cabecera y los datos sólo cuando se necesitan y son de tamaño fijo. Esto acelera el encaminamiento ya que muchas de las cabeceras no necesitan ser comprobadas por los routers.
- Etc.

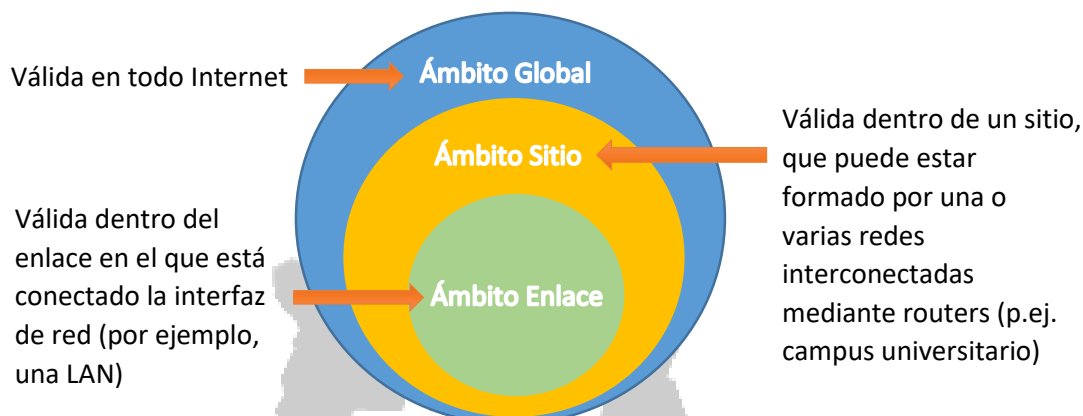
Los RFC's<sup>1</sup> más importantes que desarrollan el protocolo IPv6 son el RFC 2460 (especificaciones del protocolo: formato de cabecera fija y formatos de extensión, etc) y el RFC 2373 (sobre direccionamiento).

---

<sup>1</sup> Un RFC (Request for Comments) es una serie de publicaciones del Internet Engineering Task Force (IETF) que describen diferentes aspectos del funcionamiento de Internet y las redes de comunicación, como por ejemplo, protocolos, procedimientos, ideas sobre estos, etc.

Además, existen ciertos aspectos claves en IPv6 a tener en cuenta a la hora de entender cómo se estructura y aplica:

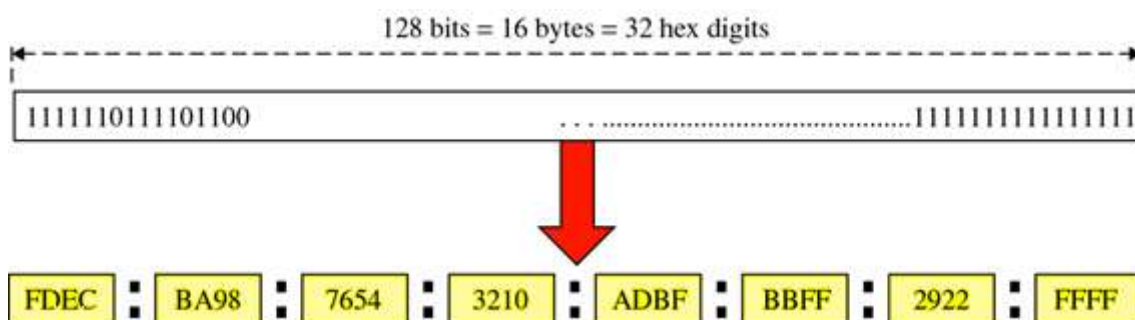
- La asignación de direcciones es realizada por el proveedor, pero cuando hay cambio del mismo, sólo se modifica la primera parte de la dirección IP (el prefijo) y la red se reenumera automáticamente (routers, sitios y nodos finales – servidores –).
- Las direcciones tienen ámbito (zonas donde son válidas). Se distinguen tres ámbitos: Ámbito de Enlace, de Sitio (a nivel de organización) y Global (público).



- Las interfaces pueden tener varias direcciones.
- Las direcciones, compuestas por un prefijo y un identificador de interfaz, permiten separar "qué equipo es" de "dónde está conectado".

## 2. Notación IPv6

Las direcciones IPv6 emplean 128 bits. Se representan en 8 grupos de 2 bytes (16 bits) expresados en hexadecimal y separados por dos puntos (":"), tal como muestra la figura:



Si tuviéramos que convertir los dígitos hexadecimales a binario, cada uno se representaría con 4 dígitos binarios (por ej. F = 1111, 2 = 0010, B = 1011).

Ejemplos:

FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210

FE80:0000:0000:0000:0202:8329:0000:0000

Con frecuencia hay bastantes dígitos que suelen ser cero. Se pueden eliminar los ceros por la izquierda en cada bloque, por lo que la última dirección del ejemplo anterior quedaría como:

FE80:0:0:0:202:8329:0:0

Para simplificar aún más, se pueden eliminar bloques consecutivos de ceros utilizando el carácter "::", pero este carácter solo puede aparecer una vez en la dirección:

FE80:0:0:0:202:8329:0:0 → FE80::202:8329:0:0

1040:0:0:0:8:600:200B:742A (una dirección unicast) → 1040::8:600:200B:742A

F01:0:0:0:0:0:0:101 (una dirección de multicast) → FF01::101

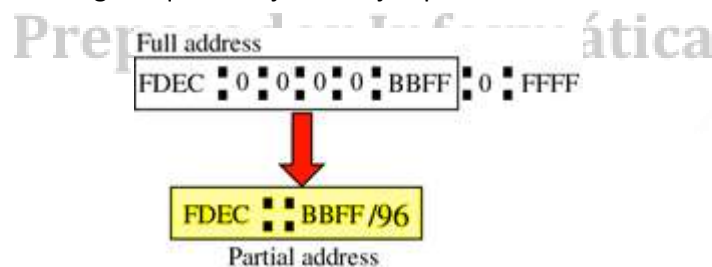
0:0:0:0:0:0:0:1 (la dirección de loopback) → ::1

0:0:0:0:0:0:0:0 (una dirección no especificada) → ::

Otra posible simplificación en el caso anterior es quitar el último bloque cuando es todo ceros.

FE80::202:8329:0:

En ocasiones, se necesita referenciar sólo una parte de la dirección. Se puede poner una "/" seguida del número de dígitos que se dejan. Un ejemplo:



Los prefijos en IPv6 indican grupos de direcciones que comparten un mismo valor en los primeros bits. Los prefijos nos permiten conocer donde está conectada una determinada dirección, es decir, su ruta de encaminamiento.

La representación de los prefijos es:

**dirección\_IPv6/longitud del prefijo (número\_de\_bits\_comunes)**

Ejemplos:

5A00::/8

4000::/3

5A01:0203:0400::/40

## 2.1 Direcciones especiales

Se han definido direcciones para usos especiales en IPV6 como:

- **Dirección de Loopback o auto-retorno (::1).** No puede ser asignada a una interfaz física. Se trata de una interfaz “virtual”, ya que se trata de paquetes que no salen de la máquina que los emite; nos permite hacer un bucle para verificar la correcta inicialización del protocolo dentro de una determinada máquina.
- **Dirección no especificada (::).** No debe asignarse a ningún nodo, pues se emplea para indicar la ausencia de dirección. Por ejemplo, cuando se halla en el campo de dirección fuente, indica que se trata de un equipo que está iniciándose, antes de que haya aprendido su dirección.
- **Túneles dinámicos/automáticos de IPv6 sobre IPv4 (::<dirección\_IPv4>).** Denominadas direcciones IPv6 compatibles con IPv4 y permiten la retransmisión de tráfico IPv6 sobre infraestructuras IPv4 de forma transparente.

80 bits	16 bits	32 bits
0000 ... 0000	0000	Dirección IPv4

Por ejemplo:

0:0:0:0:0:0:13.1.68.5 → ::13.1.68.5

- **Representación automática de direcciones IPv4 sobre IPv6 (::FFFF:<dirección IPv4>).** Permite que los nodos que sólo soportan IPv4 puedan seguir trabajando en redes IPv6. Se denominan dirección IPv6 mapeadas desde IPv4.

80 bits	16 bits	32 bits
0000 ... 0000	FFFF	Dirección IPv4

Por ejemplo:

0:0:0:0:0:0:FFFF:129.144.52.32 → ::FFFF:129.144.52.32

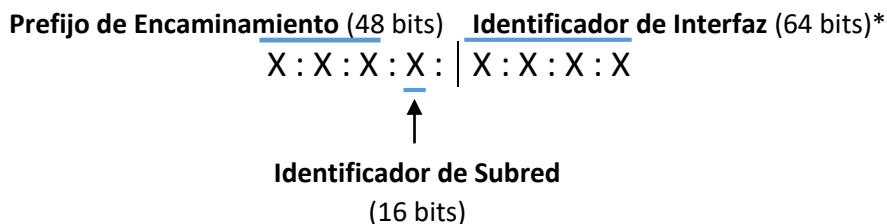
## 3. Partes de una dirección IPv6

Una dirección IPv6 está formada por tres partes:

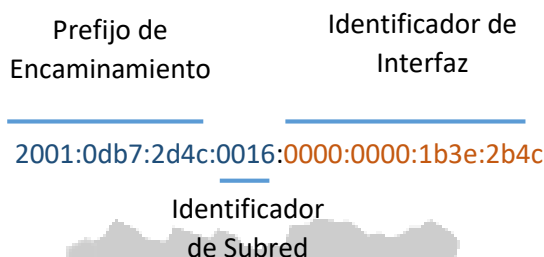
- **Prefijo de encaminamiento global (n bits):** Identifica una dirección especial (por ej.: multicast) o un rango de direcciones asignado a un sitio.
- **Identificador de subred (m bits):** Identifica un enlace (subred) dentro de un sitio (u organización). Cada enlace tendrá su identificador de subred y un enlace puede disponer de múltiples identificadores.
- **Identificador de interfaz (128 – n – m):** Identifica una interfaz dentro del enlace (subred). Debe ser único. Lo habitual es que tenga un tamaño de 64 bits. En ocasiones esta parte tiene un tamaño de 48 bits y corresponde a la dirección MAC de una interfaz. También puede utilizarse como identificador de interfaz el tamaño de 64 bits (EUI-64, *Extended Unique Identifier-64*), calculándose su valor a partir de la dirección MAC donde se ha insertado en el medio los caracteres hexadecimales FF:FE y complementado el bit U/L. El método EUI-64 se explica con más detalle en el apartado “4.1 Autoconfiguración mediante EUI-64”.



El formato de las direcciones IPv6 unicast es el siguiente (donde cada X representa 4 dígitos hexadecimales, es decir, un bloque de 16 bits):



Por ejemplo:



El **prefijo de encaminamiento** representa los primeros 48 bits que se usan para el routing y describe la **topología pública** que el ISP (Proveedor de Servicios de Internet) o el RIR (Regional Internet Registry, Registro Regional de Internet) suelen asignar al sitio.

El campo siguiente lo ocupa el **Identificador de subred** de 16 bits que el administrador de red u organización asigna al sitio. El ID de subred describe la **topología privada**, porque es interna del sitio.

Los cuatro campos situados más a la derecha (64 bits) contienen el **Identificar de interfaz**. El ID de interfaz se configura automáticamente desde la dirección MAC de interfaz o manualmente en formato EUI-64.

## 4. Formas de configuración de la interfaz

El Identificador de Interfaz (64 bits) identifica una interfaz en una subred y debe ser único dentro de esa subred. Este identificador de Interfaz se puede configurar de varias maneras:

- Configuración estática o manual
- Autoconfiguración basado en EUI-64
- Configuración dinámica (DHCPv6, SLAAC<sup>2</sup>)
- Identificador de Interfaz Pseudo-Aleatorio
- Identificador generado criptográficamente

<sup>2</sup> **SLAAC** (Configuración automática de dirección independiente del estado) es un método en el cual un dispositivo puede obtener una dirección IPv6 de unidifusión global sin los servicios de un servidor de DHCPv6

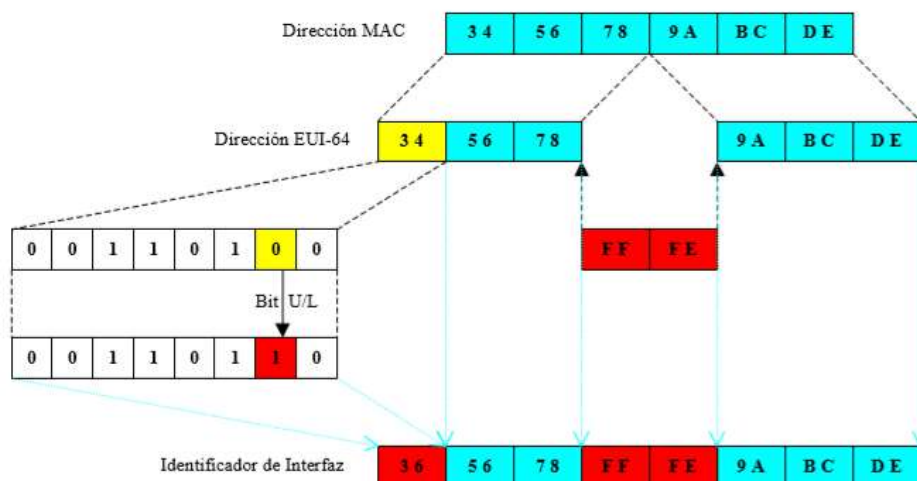
## 4.1 Autoconfiguración mediante EUI-64

El identificador de interfaz identifica un host de la red. Se forma a partir de la dirección MAC\* de 48 bits de la interfaz y se convierte en una dirección de 64 bits. Se trata del formato EUI-64 modificado (EUI = Extended Unique Identifier). Por lo tanto, la interfaz se puede identificar fácilmente independientemente del prefijo de enrutamiento.

El proceso para conseguir el identificador por EUI-64 es sencillo. Se parte de la dirección MAC\* que tiene 48 bits y hay que agregarle 16 bits para alcanzar los 64 bits del identificador de interfaz. Esto se hace dividiendo la MAC por la mitad e insertando los dígitos hexadecimales **ff-fe**.

A continuación, el identificador de interfaz se obtiene, partiendo de la dirección MAC + los dígitos ff fe en el centro y complementando el **bit U/L (Universal/Local)**. El bit U/L es el siguiente al de menor valor del primer byte del EUI-64 (el 2º bit por la derecha o 2º bit de menor peso dentro del primer byte empezando por la izquierda). Al complementar este bit, habitualmente cambiará su valor de 0 a 1, dado que se espera que la dirección MAC sea universalmente única, U/L tendrá un valor 0, y por tanto se convertirá en 1 en el identificador de la interfaz IPv6.

Mostraremos **un ejemplo** para ver el proceso más claramente. Supongamos la dirección MAC 34-56-78-9A-BC-DE, a partir de la cual generaremos el identificador de interfaz:



Dada una dirección IPv6 para obtener la dirección MAC tendremos que realizar el proceso inverso al explicado (eliminar los dígitos hexadecimales ff-fe y descomplementar el bit U/L).

(\*) ¿Cómo se obtiene la dirección MAC?

La **dirección MAC** es un bloque de dígitos hexadecimales de 48 bits que identifica unívocamente a una interfaz. Se construye uniendo el Identificador Único Organizacional (**OUI**) del fabricante (los tres primeros bytes empezando por la izquierda, 24 bits) al número de serie de la interfaz proporcionado por el fabricante (24 bits). Veamos un ejemplo:



Fabricante	OUI (24 bits)	Nº Serie asignado a la interfaz por el fabricante (24 bits)	Dirección MAC (48 bits)
D-Link Corporation	00-50-BA	00-2D-05	00-50-BA-00-2D-05

## 5. Tipos de direcciones IPv6

IPv6 define tres tipos de direcciones:

- **Unicast:** Identificador para una única interfaz. Un paquete enviado a una dirección unicast es entregado sólo a la interfaz identificada con dicha dirección. Es el equivalente a las direcciones IPv4 actuales. Los posibles ámbitos de una dirección unicast son (explicados en los siguientes apartados):
  - Local de enlace (Link local)
  - Local de Sitio (Site local)
  - Globales
- **Anycast:** Identificador para un conjunto de interfaces (habitualmente pertenecen a distintos nodos). Un paquete enviado a una dirección anycast es entregado en una (cualquiera) de las interfaces identificadas con dicha dirección (por ej.: la del router más próximo desde el punto de vista de latencia). Este tipo de direcciones permiten servicios en alta disponibilidad, donde el routing de red conoce las interfaces asociadas a la direcciones anycast, así como la distancia a cada una de ellas. En los paquetes IPv6 las direcciones anycast sólo aparecerán como direcciones IP destino, nunca como dirección IP origen.
- **Multicast:** Identifica un grupo de interfaces IPv6. Un paquete dirigido a una dirección multicast es entregado a todas las interfaces identificadas por dicha dirección. En IPv6 no existen direcciones broadcast, su función es sustituida por direcciones multicast. Por ese motivo, en IPv6 todos los nodos soportan el mecanismo multicast.

### 5.1 Reservas de espacio de direccionamiento en IPv6

A diferencia de las asignaciones de espacio de direccionamiento que se hicieron en IPv4, en IPv6, se ha reservado, que no asignado, algo más del 15%, tanto para permitir una fácil transición (caso del protocolo IPX), como para mecanismos requeridos por el propio protocolo.

Estado	Prefijo (en binario)	Fracción del Espacio
Reservado	0000 0000	1/256
No Asignado	0000 0001	1/256
Reservado para NSAP	0000 001	1/128
Reservado para IPX	0000 010	1/128
No Asignado	0000 011	1/128
No Asignado	0000 1	1/32
No Asignado	0001	1/16
Direcciones Unicast Globales Agregables	001	1/8
No Asignado	010	1/8
No Asignado	011	1/8
No Asignado	100	1/8
No Asignado	101	1/8
No Asignado	110	1/8
No Asignado	1110	1/16
No Asignado	1111 0	1/32
No Asignado	1111 10	1/64
No Asignado	1111 110	1/128
No Asignado	1111 1110 0	1/512
Direcciones Unicast Locales de Enlace	1111 1110 10	1/1.024
Direcciones Unicast Locales de Sitio	1111 1110 11	1/1.024
Direcciones Multicast	1111 1111	1/256

De esta manera se permite la asignación directa de direcciones de agregación, direcciones locales y direcciones multicast, con reservas para OSI NSAP e IPX. El 85% restantes queda reservado para uso futuro.

Se pueden distinguir las direcciones multicast de las unicast por el valor del octeto de mayor orden de la dirección (FF ó 11111111 en binario, indica multicast). En cambio, en el caso de las anycast, no hay ninguna diferencia, sintácticamente hablando, y por tanto, son tomadas del espacio de direcciones unicast.

## 5.2 Direcciones unicast locales

Como anteriormente se ha mencionado, las direcciones locales de enlace o link local han sido diseñadas para direccionar un único enlace para propósitos de auto-configuración (mediantes identificadores de interfaz), descubrimiento del vecindario (Neighbour Discovery –ND), o situaciones en las que no hay routers.

Los tipos de direcciones unicast locales son:

- **Local de enlace (Link local):** Las direcciones locales de enlace o link local han sido diseñadas para direccionar un único enlace para propósitos de auto-configuración (mediantes identificadores de interfaz), descubrimiento del vecindario (Neighbour Discovery –ND<sup>3</sup>), o situaciones en las que no hay routers. Los paquetes con direcciones origen o destino de tipo “link local” no son encaminados ya que su ámbito está limitado a la red local.

Tienen el siguiente formato:

10 bits	54 bits	64 bits
1111111010	0	Identificador de interfaz

Se trata de direcciones FE80::<ID de interfaz>/10.

- **Local de Sitio (Site local):** Las direcciones locales de sitio permiten direccionar dentro de un sitio local u organización, sin la necesidad de un prefijo global. Se configuran mediante un identificador de subred, de 16 bits. Los routers no deben retransmitir fuera del sitio ningún paquete cuya dirección fuente o destino sea “local de sitio” (su ámbito está limitado a la red local o de la organización).

10 bits	38 bits	16 bits	64 bits
1111111011	0	ID de subred	Identificador de interfaz

Se trata de direcciones FEC0::<ID de subred>:<ID de interfaz>/10

Preparador Informática

## 5.3 Direcciones unicast globales agregables

Las direcciones unicast globales necesitan prefijo global, son direcciones públicas. Se permite una arquitectura jerárquica de direcciones basada en la agregación (similar al mecanismo CIDR de IPv4).

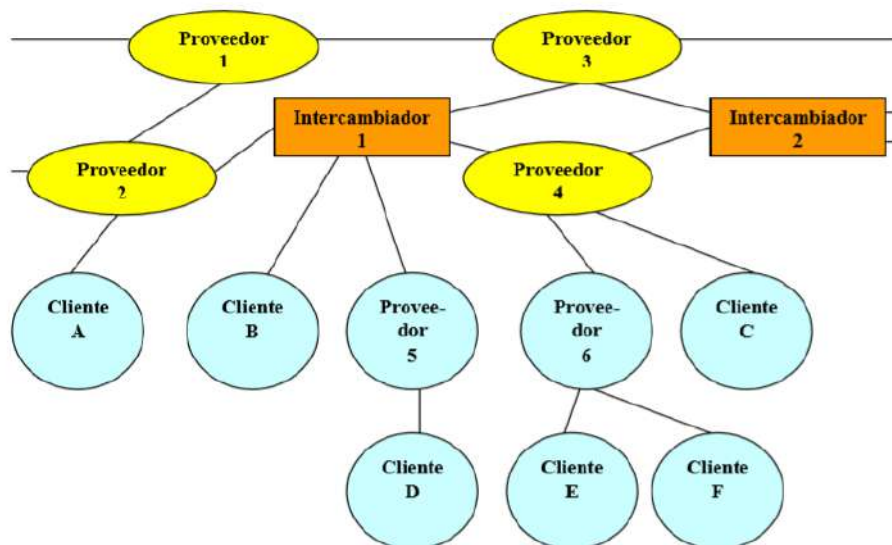
IPv6 realiza una mejor organización jerárquica del encaminamiento en las redes públicas (globales), algo imprescindible en el concepto de direccionamiento “agregable”.

Actualmente se emplean las direcciones unicast globales agregables, basadas en la agregación por parte de los proveedores del troncal Internet, y también se incorpora un mecanismo de agregación basado en “intercambios”. Esto proporciona un encaminamiento más eficiente. Se trata de una organización basada en tres niveles:

- **Topología Pública:** conjunto de proveedores e “intercambiadores” que proporcionan servicios públicos de tránsito Internet.
- **Topología de Sitio:** redes de organizaciones que no proporcionan servicios públicos de tránsito a nodos fuera de su propio “sitio”.
- **Identificador de Interfaz:** identifican interfaces de enlaces.

<sup>3</sup> **Neighbour Discovery:** Protocolo equivalente al ARP de IPv4, se denomina “descubrimiento de vecindario”. Incorporando funcionalidades de otros protocolos como “ICMP Router Discovery” e “ICMP Redirect”.

Gráficamente podríamos representar la jerarquía descrita como sigue (Proveedores 1 y 2 de larga distancia:



El formato de las direcciones agregables ha sido diseñado para soportar proveedores de larga distancia (Proveedores 1-4), intercambiadores (Intercambiador 1 y 2), proveedores de niveles inferiores (podrían ser IPS's, indicados como Proveedores 5 y 6) y Clientes (Cliente A-F).

El formato de las direcciones unicast agregables es el siguiente:

3	13	8	24	16	64 bits
FP	TLA ID	Res.	NLA ID	SLA ID	Interfaz ID
← Topología Pública →			← Topología de Sitio →		← Identificador de Interfaz →

Donde:

<b>FP</b>	Prefijo de Formato (001) - Format Prefix
<b>TLA ID</b>	Identificador de Agregación de Nivel Superior - Top-Level Aggregation Identifier
<b>Res.</b>	Reservado para uso futuro
<b>NLA ID</b>	Identificador de Agregación de Siguiente Nivel - Next-Level Aggregation Identifier
<b>SLA ID</b>	Identificador de Agregación de Nivel de Sitio - Site-Level Aggregation Identifier
<b>Interfaz ID</b>	Identificador de Interfaz

Destacamos el bloque de **Topología Pública** (ámbito global) formado por los campos **FP** (Format Prefix) con el valor 001, el campo **ID TLA** (Top Level Aggregation) y el campo **Reservado** para uso futuro.

EL campo **SLA ID** (16 bits) es utilizado por las organizaciones "finales" para crear su propia estructura jerárquica de direcciones e identificar sus **subredes**. Es equivalente al concepto de subred en IPv4, con la importante diferencia de que cada organización cuenta con un mayor nº de subredes ( $2^{16}$ ).

## 5.4 Direcciones multicast

Una dirección multicast en IPv6 representa a un grupo de nodos. Un nodo puede pertenecer a uno o varios grupos multicast.

El formato de las direcciones multicast es el siguiente:

8	4	4	112 bits
11111111	000T	ámbito	Identificador de Grupo

El bit “T” indica si una dirección multicast es permanente (T=0), es decir, asignada únicamente por la autoridad de numeración global de Internet, o se trata de direcciones multicast temporales (T=1). Los bits de “ámbito” están reservados para futuras actualizaciones.

Las direcciones multicast no deben ser utilizadas como dirección fuente en un paquete IPv6, ni aparecer en una cabecera de encaminamiento.

Las principales direcciones multicast reservadas son las incluidas en el rango FF0x:0:0:0:0:0:0:0. Algunos ejemplos de direcciones multicast, según su ámbito, serían:

- FF01:0:0:0:0:0:0:1 - todos los nodos (ámbito local)
- FF02:0:0:0:0:0:0:1 - todos los nodos (ámbito de enlace)
- FF01:0:0:0:0:0:0:2 - todos los routers (ámbito local)
- FF02:0:0:0:0:0:0:2 - todos los routers (ámbito de enlace)
- FF05:0:0:0:0:0:0:2 - todos los routers (ámbito de sitio)

Es muy fácil detectar una dirección de multicast en IPv6 porque siempre comienzan con FF.

La dirección FF02:0:0:0:0:1:FFxx:xxxx, conocida como dirección de nodo solicitada, permite calcular la dirección multicast a partir de la unicast o anycast de un determinado nodo. Para ello, se sustituyen los 24 bits de menor peso (“x”) por los mismos bits de la dirección original. Por ejemplo, la dirección 4028::02:760:100D:3B6A se convertiría en FF02::1:FF0D:3B6A.

## 5.5 Direcciones anycast

Las direcciones anycast identifican a un grupo de hosts, por lo que estas direcciones pueden asociarse a más de una interfaz, los nodos con dicha interfaz deben haber sido explícitamente configurados para que reconozcan que se trata de una interfaz anycast. Un paquete dirigido a una dirección anycast se entrega a uno solo de los hosts identificados con esa dirección, normalmente al más cercano, en función de la métrica usada por el protocolo de routing.

La “dirección anycast del router de la subred” es una dirección anycast requerida para cada subred y todos los routers han de soportar esta dirección para las subredes a las que están conectados. Los paquetes enviados a esta dirección anycast serán enviados a un router de la subred. El formato de dirección anycast del router de la subred es:

n bits	128-n bits
Prefijo de subred	000000000000000000000000

Una aplicación de las direcciones anycast es la tolerancia a fallos y la movilidad. Supongamos nodos que necesitan comunicarse con un router entre los disponibles en su subred.

La construcción de una dirección reservada de anycast de subred depende del tipo de direcciones IPv6 utilizadas dentro de la subred.

Las direcciones cuyos tres primeros bits (prefijo de formato, FP) tienen valores entre 001 y 111 (excepto las multicast, 1111 1111), indican con el bit U/L (Universal(Local) igual a cero, que el identificador de interfaz tiene 64 bits, y por tanto no es globalmente único (es local). En este caso, las direcciones reservadas anycast de subred se construyen del siguiente modo:

64 bits	57 bits	7 bits
Prefijo de subred	1111110111 ... 111	ID anycast
Identificador de interfaz		

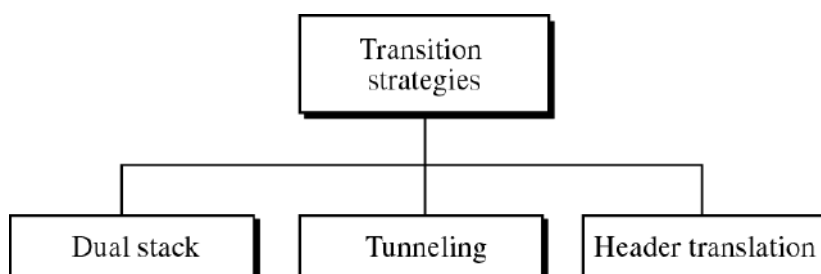
En los demás casos, el identificador de interfaz puede tener una longitud diferente de 64 bits, por lo que la construcción se realiza según el siguiente formato:

n bits	121-n bits	7 bits
Prefijo de subred	1111111 ... 1111111	ID anycast
Identificador de interfaz		

El espacio de dirección que tienen las direcciones anycast está englobado dentro de las direcciones unicast, por lo que sintácticamente son indistinguibles de las direcciones unicast.

## 6. Paso de IPv4 a IPv6

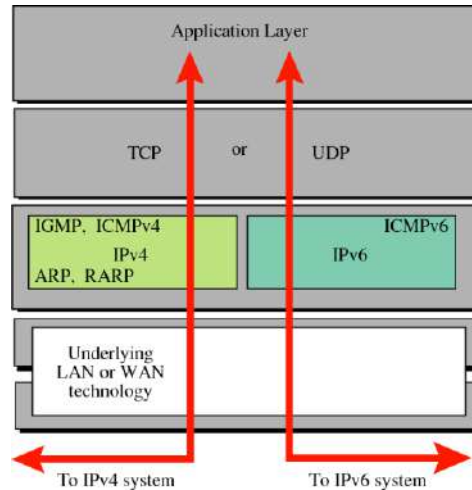
Debido al uso masivo de sistemas en Internet, el paso de IPv4 a IPv6 no es un proceso rápido. Por ello, el IETF (Internet Engineering Task Force) ha establecido tres estrategias para facilitar el periodo de transición:



## 6.1 Pila doble

Se recomienda que todos los hosts, antes de migrar a IPv6 tengan dos pilas de protocolos, es decir, ejecuten IPv4 e IPv6 la vez.

Dependiendo de las direcciones devueltas por el DNS se usará una pila u otra.



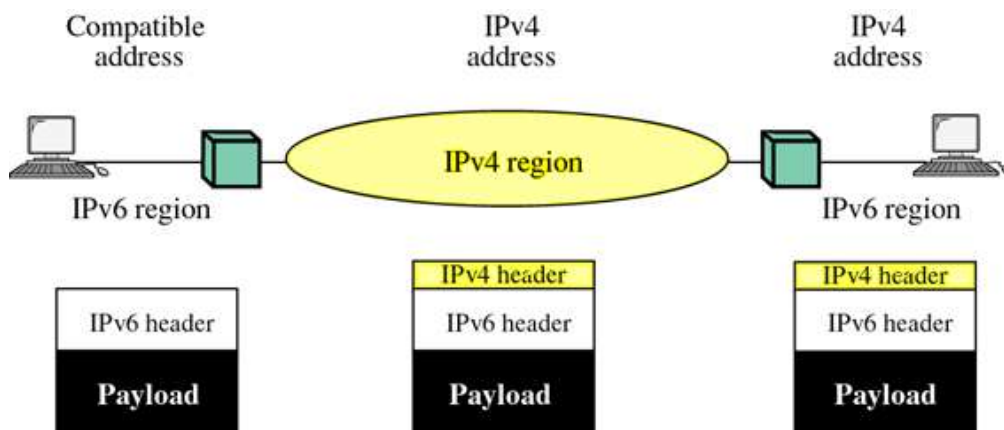
## 6.2 Tunneling

Utilizado por dos equipos que usan IPv6 y quieren comunicarse mediante una red con IPv4. Los paquetes IPv6 se encapsulan en paquetes IPv4 hasta llegar al destino.

Existen distintos tipos de tunneling:

### Tunneling automático

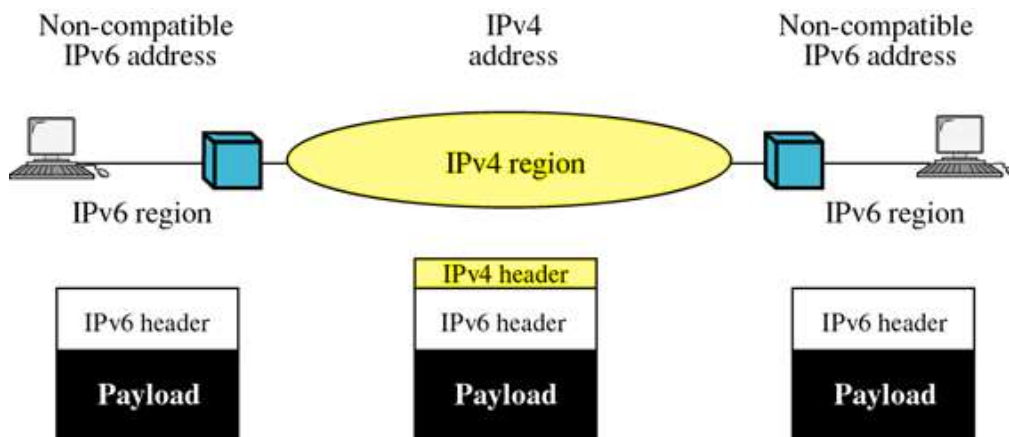
- La situación puede ser la siguiente:
  - Emisor manda un paquete IPv6 usando una dirección compatible IPv4.
  - Al llegar al router en el borde de la red IPv4, encapsula el datagrama en un datagrama IPv4.
  - El receptor tiene las dos pilas de protocolos. Coge el datagrama IPv4 y al ver los datos, estos son de IPv6, por lo que se pasan a la otra pila de protocolos.
  - La siguiente figura muestra un ejemplo:





### Tunneling configurado

- Emisor y receptor usan IPv6 pero el paquete debe pasar por una red IPv4.
- Como hay que pasar una zona IPv4 los routers frontera de esa zona deben encapsular el paquete IPv6 en uno IPv4 al entrar y desencapsularlo al salir.

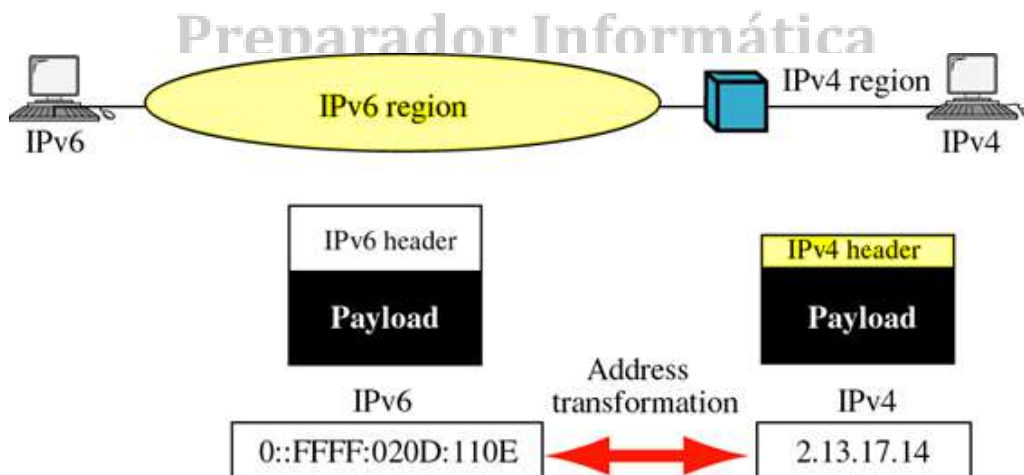


### 6.3 Translación de cabecera

Se usa cuando la mayoría de los computadores usan IPv6 y sólo unos pocos mantienen IPv4.

El emisor quiere usar IPv6 pero el receptor no lo entiende. Ahora no funciona el tunneling ya que el datagrama debe llegar al receptor en IPv4.

En este caso la cabecera IPv6 se transforma completamente en IPv4, a partir de la dirección IPv6 proyectada.



#### Procedimiento de cambio de cabecera:

- La dirección IPv6 proyectada en IPv4 se cambia a IPv4 extrayendo los 32 bits más a la derecha.
- Se descarta el valor de prioridad IPv6.



- Se establece el tipo de servicio de IPv4 a cero.
- Se calcula el checksum para IPv4 y se pone en el correspondiente campo.
- Se ignora la etiqueta de flujo de IPv6.
- Aquellas cabeceras de extensión compatibles se convierten y se insertan en la cabecera IPv4
- Se calcula la longitud de la cabecera IPv4 y la longitud total del datagrama, introduciendo estos valores en los campos correspondientes.



Preparador Informática

