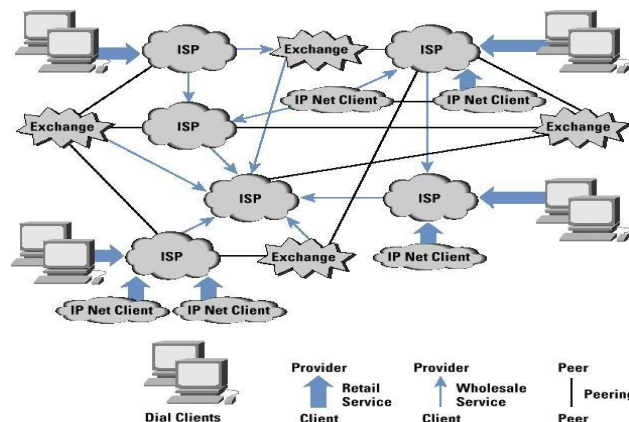


TOPIC 1: Internet architecture & addressing

Pregunta 1. A partir de la figura siguiente, explica la arquitectura de Internet y los distintos elementos que participan en dicha arquitectura, así como, el modelo general de negocio de dicha arquitectura.



La arquitectura actual de internet se basa en la interconexión de distintas redes independientes generando una gran red.

Dentro de estas redes podemos encontrar distintos elementos, como son las ISP, las Redes Corporativas (RC), sensores basados en IoT y clientes finales.

Las ISP son las encargadas de dar conexión al resto de los elementos de la red. Para ello disponen de una interconexión propia que puede ser distinta al del resto de ISPs. Para poder dar conexión a clientes o servidores no pertenecientes a la propia ISP, estas hacen relaciones de peering mediante las cuales se conectan a otras ISP para garantizar mayor conectividad. También existe la posibilidad de conectarse a un punto de Exchange, que tiene la función de unir distintas ISP para una mayor conexión. Hay que destacar que las ISP también pueden dar otros servicios ya que disponen de CPDs como cualquier otra RC.

Pregunta 2. Explica para qué sirve una CDN (Content Distribution Network) y explica su funcionamiento.

Mejora la latencia de acceso para el usuario, dicha latencia se debe a una gran cantidad de ISPs entre el usuario y el servidor al que quiere acceder.

Para solucionarlo se clona el contenido del servidor en ISPs que están más cercanas a los usuarios. Así entonces, se geolocaliza la dirección IP mediante el uso del DNS y se redirige al servidor más cercano. También ofrece servicios de valor añadido.

Pregunta 3. Un cliente quiere acceder a un servicio (e.g. una página Web estática) que reside en un servidor de una red corporativa en Internet. **a)** Explica qué mecanismos/soluciones puede utilizar el propietario de la página Web para mejorar el acceso a dicho servicio.

Puede crear una granja de servidores para asegurar el buen funcionamiento en caso de grandes picos de conexión al servidor.

b) Explica qué técnicas puede implementar un ISP para mejorar el servicio que puede dar a sus clientes cuando quieren acceder a dicho servicio.

La utilización de caches donde se guarde dicha información haciendo que no sea necesario acceder al servidor original.

c) Explica qué mecanismo incorpora HTTP para mejorar el acceso a contenido Web. Comenta los parámetros que se optimizan en cada uno de los casos.

Pregunta 4. Define qué es un SLA (Service Level Agreement) y los tipos de SLA que hay. Indica aquellos parámetros que normalmente pueden formar parte de un SLA. ¿Qué ocurre si el ISP no cumple con alguno de los parámetros que aparecen en el SLA? ¿Y si es el usuario o red corporativa?

Una SLA es un contrato entre un cliente y un proveedor donde se especifican los servicios que serán recibidos, como el tiempo de disponibilidad que se ofrecerá o la calidad de conexión. Si el ISP no cumple con alguno de los parámetros recurre a su sistema de créditos mediante al cual dependiendo del incumplimiento te da unos créditos que corresponden a un determinado descuento de la factura final. Si por su parte el usuario o RC no cumple su parte del contrato se le aumentará el precio de la factura dependiendo de lo establecido en el contrato.

Los tipos de SLA son por servicios (por ejemplo solo mail), individuales (diferente para cada customer) o corporativo (mismo para toda la empresa); también existen híbridos entre estos tres.

Pregunta 5. ¿Qué es un Sistema Autónomo (AS), qué organizaciones son AS y qué requisito es necesario para ser un AS?, ¿Qué diferencia hay entre usar inter-domain e intra-domain routing en un AS? Explica los tipos de relaciones que tienen los AS's y que rutas se intercambian dependiendo del tipo de relación.

Un AS es un identificador de 16b inicialmente que se ha extendido a 32b. Un AS se puede entender como un dominio. Para ser un AS necesitas hacer multihoming. Son AS aquellos ISP o RC que tienen mínimo dos conexiones. El inter-domain te dice como llegar a redes atravesando AS's mediante el uso de BGPv4, mediante un proceso de decision. El intra-domain te dice como llegar a redes que estan dentro del dominio con algoritmos de minimo coste.

Pregunta 6. Explica el rol y misión qué tienen los RIR en la arquitectura de Internet y que recursos gestionan. Indica cuántos y que RIR's operan. Explica el rol qué tienen los LIR en la arquitectura de Internet. Indica como funciona RIPE NCC y como se gestionan las políticas que se definen. Indica qué relación hay entre un AS (Autonomous System) y un RIR y entre un AS y un LIR.

Los RIR son una gobernanza encargada de distribuir los diferentes recursos dentro de su región, como pueden ser las direcciones IP o los números de AS. Los LIR son AS pertenecientes a una RIR que mediante el pago de una cuota tienen derecho a voto y a la toma de decisión dentro su propio RIR. Ripe NCC funciona gracias a una comunidad llamada Ripe donde hay muchos grupos de trabajo desarrollando distintos proyectos. Las distintas políticas propuestas por los grupos de trabajo se presentan a Ripe NCC y los Lir's las votan.

ARIN, RIPE, AFRINIC, LACNIC, APNIC

Pregunta 7. Explica qué rol tienen en Internet cada una de las siguientes organizaciones: UPC, CAIDA, RIPE, Euro-IX, IANA, Jazztel.

UPC: Es una RC que tiene contratada a una ISP para poder acceder a Internet, por ende éste le tiene asignado una parte de sus números IP gracias a los cuales puede tener conexión.

CAIDA: Es una RC que estudia como funciona la estructura de Internet.

RIPE: Es el RIR que contiene las regiones de Europa y Rusia.

EURO-IX: Es una RC.

IANA: Coordina la reserva global de direcciones de protocolo de Internet y números del sistema autónomo, y se encarga de proveerlas a los RIR. Nombre de dominio. Es la encargada de ejecutar las reformas propuestas por PTI.

Jazztel: Es una ISP que provee de conexión a Internet a sus usuarios. De la misma forma es un AS que pertenece al grupo de LIRs de RIPE NCC.

Pregunta 8. En una relación BGP, ¿Qué rutas anuncia un ISP cliente a su proveedor?, ¿Y el proveedor a su cliente? ¿Y de par a par de transito? ¿Y de par a par de no-transito?

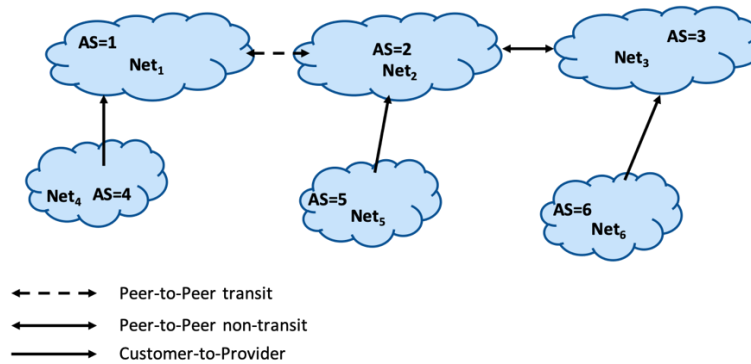
-Anuncia su ruta y la de todas sus clientes de forma recursiva.

-El proveedor le anuncia a su cliente todas esas rutas a las que es capaz de acceder exceptuando la propia del cliente.

-De par a par de transito ambos AS se comparten todas las rutas a las que pueden acceder.

-De par a par de no transito se comparten la ruta propia y la de sus clientes.

Pregunta 9. Explica de forma justificada qué redes recibe cada uno de los 6 sistemas autónomos de la figura. ¿Podría enviarse un paquete desde un host cliente de la red Net₄ a un host servidor de la red Net₆? ¿y desde un host cliente de la red Net₆ a un host servidor de la red Net₄?



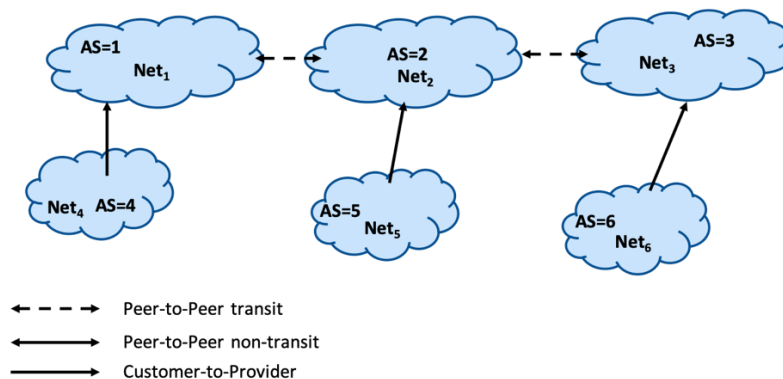
a)

- N4 recibe N1,N2,N5,N3,N6
- N1 recibe N4,N2,N5,N3,N6
- N2 recibe N4,N1,N5,N3,N6
- N5 recibe N4,N1,N2,N3,N6
- N3 recibe N6,N2,N5
- N6 recibe N3,N2,N5

b) Si se podría, ya que AS4 es cliente de AS1 que mantiene una relación de peering par a par de tránsito con AS2, lo que significa que AS2 permite a AS1 acceder a todas las redes con las que tiene conexión.

c) No se podría, ya que AS6 es cliente de AS3 que tiene una relación de peering de par a par de no tránsito con AS2, por lo que AS2 solo le provee de conexión con sus propias Net y las de sus clientes.

Pregunta 10. Explica de forma justificada qué redes recibe cada uno de los 6 sistemas autónomos de la figura. ¿Podría enviarse un paquete desde un host cliente de la red Net₄ a un host servidor de la red Net₆? ¿y desde un host cliente de la red Net₆ a un host servidor de la red Net₄?



a)

- N4 recibe N1,N2,N5,N3,N6
- N1 recibe N4,N2,N5,N3,N6
- N2 recibe N4,N1,N5,N3,N6
- N5 recibe N4,N1,N2,N3,N6
- N3 recibe N6,N2,N5,N4,N1
- N6 recibe N3,N2,N5,N4,N1

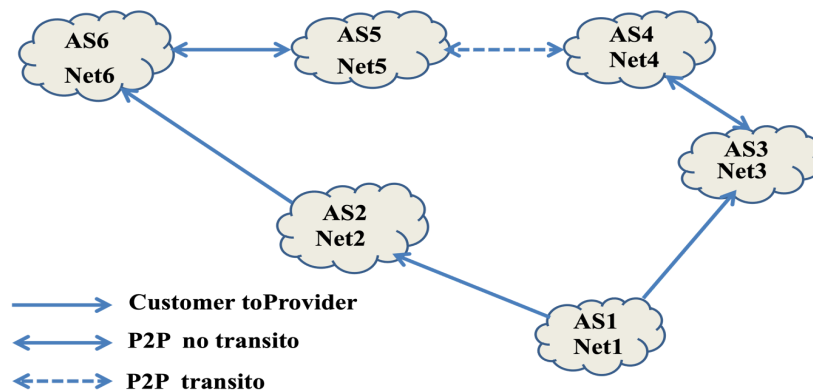
b) Si se podría, ya que AS4 es cliente de AS1 que mantiene una relación de peering par a par de tránsito con AS2, lo que significa que AS2 permite a AS1 acceder a todas las redes con las que tiene conexión.

c) Si se podría, ya que AS6 es cliente de AS3 que mantiene una relación de peering par a par de tránsito con AS2, lo que significa que AS2 permite a AS3 acceder a todas las redes con las que tiene conexión.

Pregunta 11. Rellena las tablas de encaminamiento BGP de los Sistemas Autónomos AS4, AS5 y AS6 correspondiente a la siguiente figura, de acuerdo a las relaciones de peering que tienen. Cada tabla tiene que tener el formato:

Tabla de ASj

	Red	AS path vector
Ejemplo de una entrada	Net a	ASw ASx ASy ASz donde ASw tiene que ser un vecino de ASj y ASz el propietario de la red Net a.
	Net b,	
	



-AS4:

N3-AS3
N5-AS5
N1-AS3,AS1
N2-AS5,AS6,AS2
N6-AS5,AS6

-AS5:

N4-AS4
N6-AS6
N2-AS6,AS2
N1-AS6,AS2,AS1
N3-AS4,AS3

-AS6:

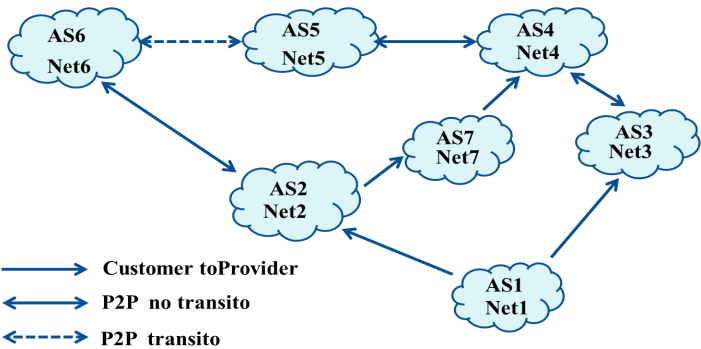
N5-AS5
N2-AS2
N1-AS2,AS1
N4-Not available
N3-Not available

Pregunta 12. (i) En una relación BGP de peer-to-peer de no transito, ¿Qué rutas anuncia un ISP a su par?, ¿Y si la relación es de transito (sibling)?

(ii) Rellena las tablas de encaminamiento BGP de los Sistemas Autónomos AS4, AS5 y AS6 correspondiente a la siguiente figura, de acuerdo a las relaciones de peering que tienen. Cada tabla tiene que tener el formato.

Tabla de AS_j

	Red	AS path vector
Ejemplo de una entrada	Net a	ASw ASx ASy ASz donde ASw tiene que ser un vecino de ASj y ASz el propietario de la red Net a.
	Net b,	



a) La ruta para llegar a él mismo y a todos sus clientes de forma recursiva. Si es de tránsito le da las rutas a todas sus conexiones.

b)

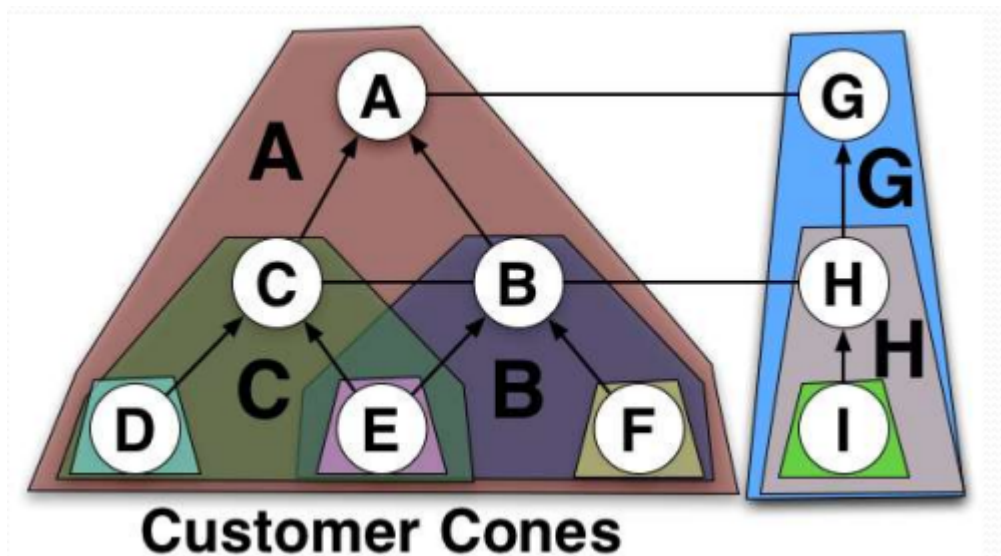
-AS4:
N3-AS3
N5-AS5
N1-AS3,AS1
N2-AS7,AS2
N6-Not available

-AS5:
N4-AS4
N6-AS6
N2-AS6,AS2
N1-AS6,AS2,AS1
N3-Not available

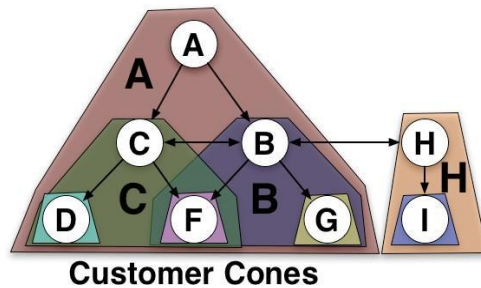
-AS6:
N5-AS5
N2-AS2
N1-AS2,AS1
N4-AS5,AS4
N3-Not available

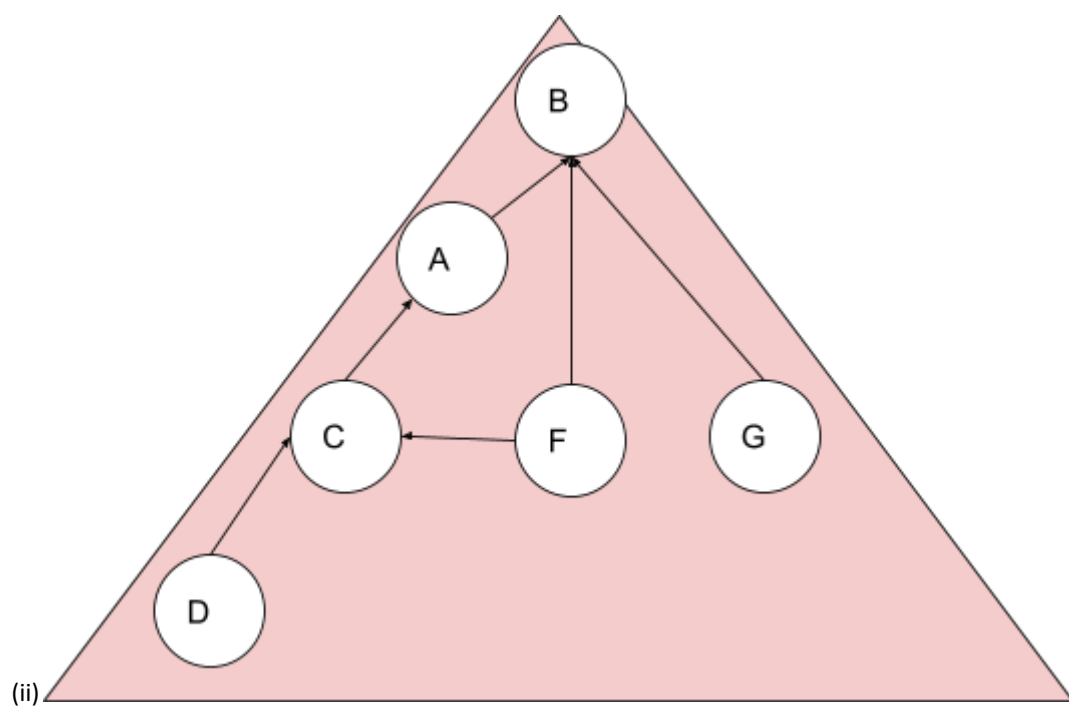
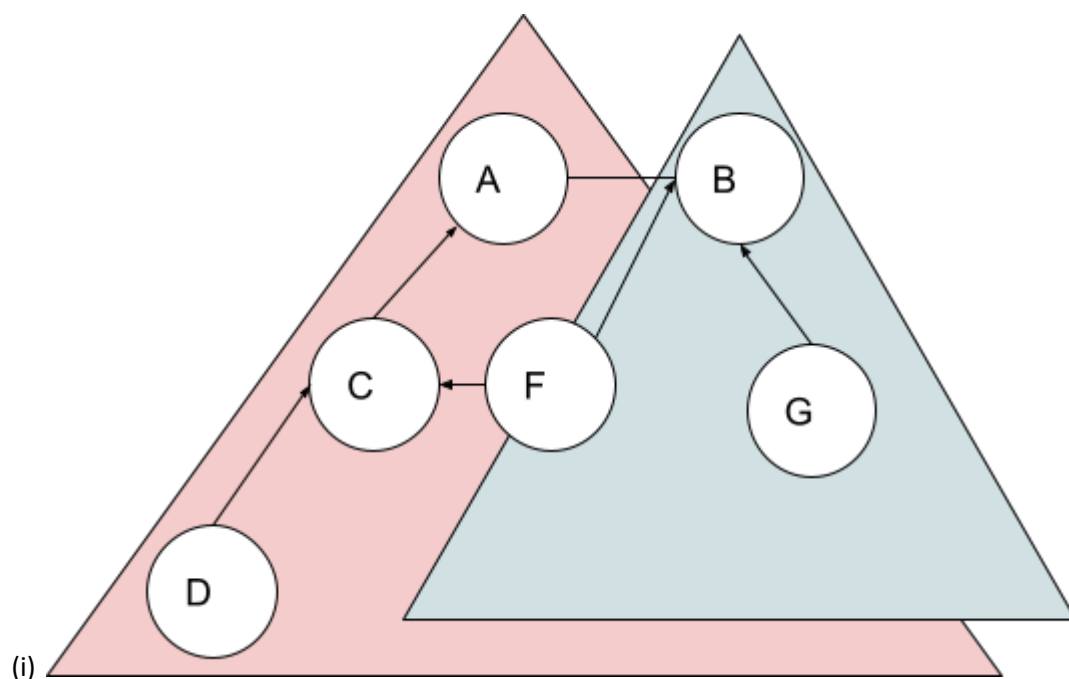
Pregunta 13. Explica qué representa el Cono de Clientes (“Customer Cone”) respecto a las direcciones IPv4 y los AS y para que se utiliza. Ilústralo con un ejemplo. ¿Qué diferencia hay entre el cono de clientes de un AS y su grado en la representación mediante un grafo donde los vértices son los AS’s y las aristas son las relaciones entre AS’s?

Es el porcentaje de AS’s o bloques IP que están bajo la influencia de un AS. La diferencia es que el customer’s cone te dice cuantas AS dependen de una, mientras que el grado solo te define el número de AS con las que tiene conectividad. Es mucho más útil el cono, ya que el grado de conectividad podría ser con AS de menor influencia y una AS con un grado menor a otra podría tener más conectividad que esta. Des esta forma el cono nos muestra la cantidad de IPs o AS’s que es capaz de abarcar una AS.



Pregunta 14. Define e indica qué representa el cono de clientes (“Customer Cone”) respecto a las direcciones IPv4 y los AS#. Dibuja una nueva figura respecto a la figura de abajo, con el nuevo cono de clientes si (i) A y B (A es proveedor de B) cambian su relación a “A y B tienen una relación de peer to peer”, (ii) A y B (A es proveedor de B) cambian su relación a “B es proveedor de A”. Indica cual es el “peering cone size ratio” para el AS B en el caso de la figura y en los casos (i) y (ii).





Pregunta 15. a) Explica cómo funciona el mecanismo de opciones de IPv6, b) Da ejemplos de las opciones IPv6 y de cómo se organizan, c) Explica justificadamente si es más eficiente usar IPv6 en un router que usar IPv4 y si influye y cómo el usar opciones en los rendimientos.

- a) *En la cabecera de IPv6 hay 8 bits reservados para un campo llamado NH(Next Header). Estos bits son un apuntador a otra cabecera donde se guardan las posibles opciones que se pueden implementar. Éstas tienen que ir en un orden ya estipulado.*
- b) *Ejemplos de estas opciones son Hop-by-hop options, destination options, routing, fragment, authentication header, etc. Cada una tiene un número correspondiente que las identifica, ya que siguen un orden reglado.*
- c) *En general IPv6 debería ser más rápido ya que hay procesos como NAT que el router ya no debe hacer, aún así debido a que en ciertas ocasiones el tamaño de paquete es mayor puede llegar a tardar más.*

Pregunta 16. Explica qué es un punto neutro y quién lo compone. Explica qué es la matriz de peering de un punto neutro. ¿Qué condiciones hay que cumplir para ser miembro de un punto neutro?

Un punto neutro es una infraestructura física (pública o privada) que interconecta diversos AS para hacer relaciones de peering usando BGP. Como ya se ha dicho, un punto neutro está formado por diferentes AS's. En el caso de un punto neutro privado los AS's que son miembros pagan una cuota para el mantenimiento de éste y su utilización. La matriz de peering de un punto neutro es una matriz que nos da información acerca de los AS's que son accesibles desde ese punto neutro para otro AS. Las condiciones necesarias para formar parte del punto neutro las rigen los miembros del propio punto neutro.

Pregunta 17. Explica las diferencias entre las direcciones PA (Provider Aggregatable) y PI (Provider Independent). ¿Qué ventaja desde el punto de vista de encaminamiento proporciona el uso de direcciones PA a los ISP's?. ¿Puede un RIR asignar redes IPv4 /22 del tipo PI?. Justifica tu respuesta.

Las direcciones PA son direcciones que son propias del ISP a quien se han otorgado. De esta forma si una empresa que tenía un contrato con una ISP decide cambiar de ISP, deberá devolver todas las direcciones que tiene en uso a la ISP inicial y contratar nuevas direcciones con la nueva ISP. Por otra parte las direcciones PI son direcciones que no dependen de ningún ISP, sino que son otorgadas a una institución(normalmente instituciones gubernamentales) y pasan a ser de su posesión. De esta forma una institución que posea direcciones PI si se cambia de ISP no deberá devolver las direcciones.

El uso de direcciones PA le asegura a los ISP's que siempre van a tener un número constante de direcciones y que por lo tanto no pueden perder dichas direcciones.

Pregunta 18. Explica cómo se puede crear una dirección IPv6 a partir de un prefijo de red. ¿Y si disponemos de una dirección IPv4?

Hay dos formas. En caso de ser poseedores de una dirección de layer 2 de 64 bits la dirección IPv6 de dicho dispositivo será la unión de los 64 bits de prefijo más la dirección de 64 bits de layer 2 de sufijo. En caso de no tener dicha dirección se usará la dirección MAC. Para ello le añadiremos en medio de la dirección MAC los siguientes símbolos en hexadecimal: fffe. De esta forma la dirección MAC que originalmente es de 48 bits pasará a tener los 64 bits deseados. Para acabar de completar la dirección se une al prefijo inicial la dirección MAC modificada y se invierte el bit de la dirección MAC que indica si esta dirección es local o universal.

Si se dispone de una dirección IPv4 para pasar a tener una IPv6 se hace lo siguiente: 0 (80 bits): ffff (16 bits) : IPv4 (32 bits).

Pregunta 19. Explica la diferencia entre las direcciones IP global/site/local en IPv6. Explica la diferencia entre direccionamiento "Stateful" y "Stateless" en IPv6.

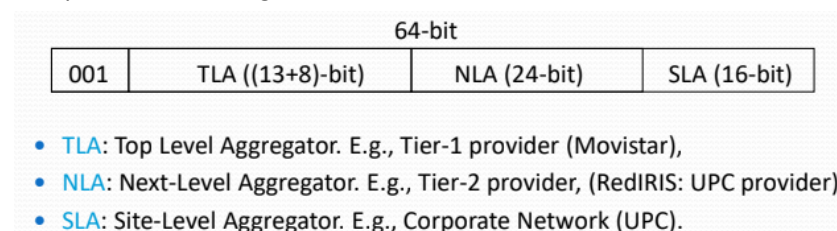
Una dirección link local no se usa para el enrutamiento entre routers, solo se usa para comunicaciones dentro de un link, como por ejemplo entre dos dispositivos linkados. Se suele usar para que el dispositivo conectado a un router pueda obtener el prefijo IPv6 que le corresponde.

Las direcciones site local son aquellas que no salen de la propia red en la que se están usando, es decir no atraviesan Internet. Por lo tanto pueden comunicarse a través de distintos dispositivos mientras sean de la propia red.

Las direcciones globales son aquellas que son utilizadas en Internet para comunicar dispositivos, con lo que deben ser únicas.

Pregunta 20. Explica cómo se organiza un prefijo IPv6 para que pueda ser utilizado por distintas organizaciones (e.g. Tier-1, Tier-2 y una red corporativa).

Los 64 bits disponibles se dividen en cuatro grupos. Primero un grupo de 3 bits (001), sin definición específica. Posteriormente vienen los bits de TLA ((13+8)- bit). Estos bits corresponden al Tier-1 i son asignados directamente a ISPs como Movistar. Después están los 24 bits de NLA o Tier-2 que se adjudican a otros proveedores como puede ser la UPC provider. Por último están los 16 bits de SLA que son los entregados a la RC.



Pregunta 21. Explica brevemente en qué consiste el “neighbor discovery” de IPv6 y explica dos mecanismos que hacen uso de dicho mecanismo.

*Es un protocolo que sirve para poder configurar redes i llevar a cabo resolución de direcciones IPv6. Un ejemplo de uso de este recursos el **router solicitation** (Type 133). Con este recurso un dispositivo manda mensajes para localizar a un router conectado a su link local. Otro ejemplo seria el **router advertisement** (type 134). Con este recurso los routers avisan de su presencia en una red link local de forma periódica o para responder a un mensaje de router solicitation.*

Pregunta 22. Explica la diferencia entre el mapeo de direcciones IP con MAC's en IPv4 e IPv6.

Por su parte IPv4 utiliza ARP para resolver este problema, pero IPv6 no. Para poder hacer el mapeo de direcciones IP con MAC IPv6 utiliza ICMP Neighbor solicitation. Se utiliza una dirección multicast FF02::1:FF00:/104 + los últimos 24 bits de la dirección IP.

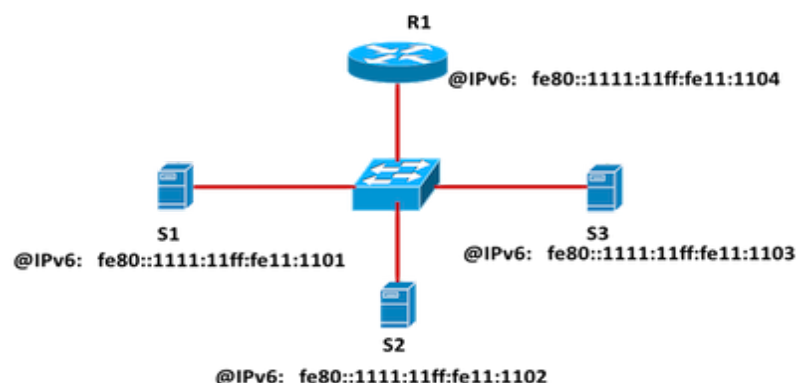
Pregunta 23. Si tenemos un terminal con dirección IPv4=12.5.5.4 y MAC 05:07:14:ab:ff:04, indica cual sería su dirección IPv6 link-local, una dirección global IPv6 con prefijo 22ab::/64, y una dirección global IPv6 a partir de la dirección IPv4.

-link local: fe80::0707:14ff:feab:ff04

-global IPv6 con prefijo 22ab::/6: 22ab::0707:14ff:feab:ff04

-global: ::ffff:0C05:0504

Pregunta 24. Tenemos una red como la figura. El servidor S1 (MAC=13:11:11:11:11:01) quiere hacer una petición al servidor S3 (MAC=13:11:11:11:11:03) y su cache de resolución de direcciones (Neighbor cache) MAC-IPv6 está vacía. El servidor S1 envía un Neighbor Discovery (ND) y el S3 responde. Indica la dirección MAC origen y destino de ambos mensajes, así como las direcciones IPv6 y el contenido de la dirección IPv6 target del mensaje ND.



Mensaje 1:

MAC origen: 13:11:11:11:11:01

MAC destino: ff:ff:ff:ff:ff:ff

Dirección IPv6 origen: fe80::1111:11ff:fe11:1101

Dirección IPv6 destino: ff02::1:ff11:1103

Mensaje 2:

MAC origen: 13:11:11:11:11:03

MAC destino: 13:11:11:11:11:01

Dirección IPv6 origen: fe80::1111:11ff:fe11:1103

Dirección IPv6 destino: fe80::1111:11ff:fe11:1101